สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายกสมาคม

ศาสตราจารย์ ดร. เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์

อุปนายก

รศ. วิชัย หฤทัยธนาสันติ์

ศ. ดร. พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

รศ. ดร. วิจารณ์ วิชชุกิจ

เลขาธิการ

รศ. ดร. กล้าณรงค์ ศรีรอต

เหรัญญิก

นางยุพา มงคลสุข

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

Agricultural Science Journal

บรรณาธิการ

รศ. ดร. นิพนธ์ ทวีชัย

กองบรรณาธิการ

ศ. ดร. อังศุมาลย์ จันทราปัตย์

ศ. ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ

ศ. ดร. สายัณห์ ทัดศรี

ศ. ดร. เอิบ เขียวรื่นรมย์

ศ. ดร. สายชล เกตุษา

ศ. ดร. จริงแท้ ศิริพานิช

รศ. ดร. อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์

รศ. ดร. วรวิทย์ สิริพลวัฒน์

รศ. ดร. ณรงค์ จึงสมานญาติ

รศ. ดร. อมรา ทองปาน

รศ. ดร. กังวาลย์ จันทรโชติ

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 5 ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 21-22 กรกฎาคม พ.ศ. 2554 ณ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพมหานคร ซึ่งดำเนินการโดย โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและสาขาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และสถาบันอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการวิทยาศาสตร์การอาหารและเกษตร และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งถือเป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ใคร่ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุมและผู้มีส่วนร่วมในการประชุมทุกท่าน โดยเฉพาะคณะกรรมการการจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 5 โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและสาขาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และสถาบันอาหาร และแหล่งทุนที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับนี้ และใคร่ขอเชิญชวน นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาผู้สนใจด้านการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน สมัครเป็นสมาชิกสมาคมฯ และเสนอบทความฉบับเต็ม เพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรของสมาคมฯ ในโอกาสต่อไป

รศ.ดร. นิพนธ์ ทวีชัย
บรรณาธิการ

คำนำ

ปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน เช่น ข้าว พืชไร่ ไม้ผล ผัก พืชสมุนไพร เครื่องเทศ ไม้ดอกและไม้ประดับ มีความสำคัญมากขึ้น อันจะเห็นได้จากการพัฒนาเทคโนโลยี ทั้งในด้านการผลิต การเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา ตั้งแต่ในระดับแปลงปลูกของเกษตรกร ระดับห้องปฏิบัติการ จนถึงในระดับอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษานั้น บางส่วนได้มีโอกาสนำมาเผยแพร่แก่นักวิจัย นักวิชาการ ตลอดจนผู้ประกอบการในภาคเอกชนที่มีความสนใจ และติดตามความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านการเกษตรของประเทศ ดังนั้นทางสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและสาขาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย จึงได้ร่วมมือกับ โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ .), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และ สถาบันอาหาร จัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 5 ขึ้น ในวันที่ 21-22 กรกฎาคม 2554 เพื่อให้ อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการวิทยาศาสตร์การอาหารและเกษตร และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งถือเป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

จากจุดเริ่มต้นของการจัดการประชุมพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนในครั้งที่ 1 ในปี พ.ศ. 2550 อันเป็นการเปิดโอกาสให้มีการเสนอผลงานวิจัยอย่างหลากหลายเป็นครั้งแรกนั้น ทำให้ทราบว่ายังคงมีงานวิจัยที่มีศักยภาพที่จะนำมาเผยแพร่อีกเป็นจำนวนมาก จึงเป็นเหตุให้เกิดการประชุมอย่างต่อเนื่องนับแต่นั้นเป็นต้นมา และยังเห็นผลได้จากการตอบรับ ของผู้เข้าร่วมการประชุมที่มีการเสนอผลงานเป็นจำนวนมากในทุกครั้ง ที่ผ่านมาจำนวน 4 ครั้ง ดังนี้ คือครั้งที่ 1 (ปี พ.ศ. 2550) ครั้งที่ 2 (ปี พ.ศ. 2551) ครั้งที่ 3 (ปี พ.ศ. 2552) ครั้งที่ 4 (ปี พ.ศ. 2553) การประชุมทั้ง 4 ครั้งข้างต้น ได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นจำนวนมากและประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี ในการประชุมครั้งที่ 5 นี้ได้จัดขึ้นที่มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยการประชุมประกอบด้วยการบรรยายจากวิทยากรรับเชิญที่มีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ นอกจากนี้ในงานประชุมยังจัดให้มีการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งแบบบรรยายและโปสเตอร์จากนักวิจัยรุ่นกลางและรุ่นใหม่ รวมถึงจากนิสิต- นักศึกษา และมีการอภิปรายระหว่างนักวิจัยอาวุโสเกี่ยวกับความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การอาหารและเกษตร ตลอดจนการมอบรางวัลการนำเสนอผลงานดีเด่น แก่นักวิจัยรุ่นเยาว์เพื่อเป็นกำลังใจให้สร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมประชุมยังจะได้มีโอกาสได้ชมนิทรรศการเครื่องมือทันสมัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การอาหารและเกษตรจากบริษัทผู้แทนจำหน่าย ตลอดจนมีโอกาสพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เป็นการใช้เวทีการประชุมในการเผยแพร่ผลงานวิจัย ตลอดจนสร้างเครือข่ายงานวิจัยวิทยาศาสตร์การอาหารและเกษตรในประเทศไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

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

คณะทำงาน

crdcutcc@gmail.com

www.crdc.kmutt.ac.th

crdc2011@kmutt.ac.th

วารสาร ISSN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร
AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 42 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2554 Vol.42 No.2 (Suppl.) May-August 2011

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 5

1 ผลของวิธีการคงสภาพต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรำข้าว
ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย และ อนุชิตา มุ่งงาม

5 ผลของแป้งเนื้อในเมล็ดมะขาม กัมอะราบิคและมอลโตเดกซ์ตรินที่มีต่อประสิทธิภาพการเอนแคปซูเลชันและความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ
ธนวรรณ วันทอง เทพกัญญา หาญศีลวัต และ พิชญอร ไหมสุทธิสกุล

9 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางฟ้าภูฏาน *Pleurotus eous* อบแห้ง
สุพัตรา เปี่ยมวารี สรวิศ แจ่มจำรูญ วันทนา สะสมทรัพย์ ธนภักษ์ อินยอด และ สุริวิภา สังขาร

13 การใช้ไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษามะนาว ภายหลังการเก็บเกี่ยวในสภาวะที่แตกต่างกัน
พรจันทร์ จงศรี ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี และ กนกวรรณ เสรีภาพ

17 ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของมะนาว
มัลลิกา บุญฤทธิ์ ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี และ กนกวรรณ เสรีภาพ

21 ผลของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเติบโตและอัตราผลผลิตของผักสลัด
วรรณธิรา รณะบุตร และ ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี

25 การทดสอบเบื้องต้นและการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับเครื่องขุดย้ายต้นไม้
ฤาชา บุญยกิจโณทัย ศุภกิตต์ สายสุนทร และ บัญญัติ เศรษฐฐิติ

29 ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ ไอซ์เบิร์ก’ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก
ธเนศ จิระพรประเสริฐ กนกวรรณ เสรีภาพ ปรีดา บุญ-หลง รัฐ พิชญางกูร และ ศุภจิตรา ชัชวาลย์

33 ผลของไคโตซาน ความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด‘เรดโอ๊ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก
ศิริรัตน์ รอดณรงค์ กนกวรรณ เสรีภาพ ปรีดา บุญ-หลง รัฐ พิชญางกูร และ ศุภจิตรา ชัชวาลย์

37 ผลของวัสดุปลูกชีวภาพและวัสดุปลูกกึ่งชีวภาพต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดพันธุ์ ‘เรดโอ๊ค’
ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ ปรีดา บุญ-หลง ศุภจิตรา ชัชวาลย์ รัฐ พิชญางกูร และ กนกวรรณ เสรีภาพ

41 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักโขมเมล็ด 5 สายพันธุ์
ชลธิชา ยวงใย จักรี เส้นทอง และ สาวิตร มีจุ้ย

45 บทบาทของซิลิกอนต่อการเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) ภายใต้ภาวะเค็ม
จักรี เหล็กกล้า และ อัญชลี ใจดี

49 ความอุดมสมบูรณ์ของดินในป่าปาล์มสาคู
กัญจนัสม์ พาพล และ นิพนธ์ ใจปลื้ม

53 ผลของการใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
จารุณี เชิดชัยสถาพร และ สายัณห์ ทัดศรี

57 การทดสอบเบื้องต้นสำหรับอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้
ขจรรัฐ ทองโย และ ศุภกิตต์ สายสุนทร

61 การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะกากที่ปรากฏของถั่วเหลืองและงาดำกับปริมาณน้ำมันที่รับจากเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด
ศุภกิตต์ สายสุนทร และ สุดสายสิน แก้วเรือง

65 ผลของเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่สร้างสารคล้ายไอเอเอต่อการเจริญเติบโตของข้าวอินทรีย์
จักรพล นามกลั่น และ อรรจนา ด้วงแพง

69 ข้าวป่า *Oryza. punctata* แหล่งพันธุกรรมความต้านทานแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อการปรับปรุงพันธุ์
กาญจนา กล้าแข็ง กนกพร บุญศิริชัย สุนิยม ตาปราบ อภิชาติ ลาวัณย์ประเสริฐ และ สมหมาย ศรีวิสุทธิ์

73 ผลกระทบของสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวแนะนำที่มีต่อศัตรูธรรมชาติในระบบนิเวศข้าวนาชลประทาน
จินตนา ไชยวงค์ วันทนา ศรีรัตนศักดิ์ และ สุกัญญา อรัญมิตร

77 เอนไซม์ทนร้อนย่อยผนังเซลล์พืชจากแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนทนร้อนสูง *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* EPPO5
จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ สาวิตรี บัวขาว สมพิศ สอนโยธา ภัทรา ผาสอน คิน เลย์ คู อะคิฮิโกะ โคสุกิ ยูทากะ โมริ และ กนก รัตนะกนกชัย

81 การผลิตน้ำตาลจากฟางข้าวอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เอนไซม์เชิงซ้อนเซลลูโลโซมร่วมกับเอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดส
รัตติยา แวววนกูล จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน คิน เลย์ คู โคสุกิ อะคิฮิโกะ ยูทากะ โมริ และ กนก รัตนะกนกชัย

85 การศึกษาหน้าที่ของตัวควบคุมการถอดรหัสพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทนต่อสภาวะเครียดจากสิ่งแวดล้อมผ่านทางลักษณะฟีโนไทป์ในยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*
ชาลินี ตั้งสมบัติวิจิตร นิษก์นิภา สุนทรกุล และ กนก รัตนะกนกชัย

89 การตอบสนองของ transcription factor ต่อสภาวะ oxidative stress ใน *Saccharmyces cerevisiae*
ปิยสุดา เทพนอก กนก รัตนะกนกชัย และ นิษก์นิภา สุนทรกุล

93 วิธีการคัดเลือกเอนไซม์ แอลฟา อะไมเลสแอกติวิตีจาก ผลไม้ไทยบางชนิดโดยการใช้ซับสเตรต AZCL-amylose
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ ภัชรี สิทธิกิจโยธิน รัชนี ไสยประจง และ สุรพงษ์ พินิจกลาง

97 การศึกษาคุณลักษณะของเอนโดไซลาเนสหน่วยย่อยของเอนไซม์เชิงซ้อนจากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6
ภัทรา ผาสอน จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ สมพิศ สอนโยธา รัตติยา แววนุกูล คิน เลย์ คู อาคิฮิโกะ โคสุกิ ยูทากะ โมริ และ กนก รัตนะกนกชัย

101 การศึกษาบริเวณเร่งปฏิกิริยาตำแหน่ง S_1subsite เอนไซม์ปาเปนทำปฏิกิริยากับซับสเตรตสังเคราะห์อนุพันธ์พารา-ไนโตรอะนิไลด์
สุรพงษ์ พินิจกลาง ศิริพร จิรเจริญผล คิน เลย์ คู รัชนี ไสยประจง และ กนก รัตนกนกชัย

105 Antibacterial Activity of the Essential Oil from *Persicaria odorata* Leaves
Pramono Sasongko, Natta Laohankunjit and Orapin Kerdchoechuen

109 การเปลี่ยนแปลงสารหอมระเหยและคุณภาพทางเคมี กายภาพของส้มโอตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ ณัฏฐา เลาหกลุจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

113 การเปลี่ยนแปลงสารพฤกษเคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของธัญพืชงอก
วรัมพร วงศ์สุดิน ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

117 อิทธิพลของการพรีเจลาติไนเซชั่นต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
กันทรี ฤทธิ์เรืองเดช อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ สุภัทร์ ไชยกุล

121 สาร resveratrol, catechin, epicatechin และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดองุ่นพันธุ์ป๊อกดำ
ธีระพงษ์ ขันทเจริญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

125 การป้องกันน้ำมันและออกซิเจนของฟิล์มบริโภคได้ผลิตจากแป้งผสมโปรตีน
กษิดิศ อิ่มประไพ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

129 ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ของผักสลัด *Lactuca sativa* L. พันธุ์ Butterhead
กานต์สินี หังสพฤกษ์ กนกวรรณ เสรีภาพ ปรีดา บุญ-หลง รัฐ พิชญางกูร และ ศุภจิตรา ชัชวาลย์

133 ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการผลิตปุ๋ยหมัก
เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ และ วิริสรา ปลื้มฤดี

137 การประเมินผลผลิตของเชื้อพันธุกรรมข้าวไร่ที่ทดสอบในจังหวัดขอนแก่น
วีรยุทธ สีหานู และ จิรวัฒน์ สนิทชน

141 การศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวปลูกและข้าววัชพืช
ศานิต สวัสดิกาญจน์ สุวิทย์ เฑียรทอง เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ และ วิริสรา ปลื้มฤดี

145 ผลของ W zero (W0) ที่มีต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวสุพรรณบุรี1
เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์ และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล

149 ผลของสารละลายอาหารเสริมพืชต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105
ศิริวรรณ ทิพรักษ์ และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล

153 การประเมินเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวด้วยวิธีการกะเทาะข้าวเปลือกสด
ทนิดา ตะเภาลอย วันชัย จันทร์ประเสริฐ กัญญา เชื้อพันธุ์ ชุลีกร ผ่องแผ้ว และ พนิดา ทับทิมเพียร

157 ประสิทธิภาพของผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคถอดฝักดาบของข้าวในแปลงนา
รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม วิชชุดา รัตนากาญจน์ และ วันพร เข็มมุกด์

161 ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ สิงหราช โค้วเจริญ

165 ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย
ศานิต สวัสดิกาญจน์ วิริสรา ปลื้มฤดี และ สิงหราช โค้วเจริญ

169 ผลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์

173 ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ กิตติ การะพิมพ์

177 ผลของการขาดน้ำต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิริสรา ปลื้มฤดี

181 ผลของการงอกต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และการปลดปล่อยกลูโคสภายใต้สภาวะจำลองการย่อยในร่างกายของสตาร์ชถั่วเขียว
นันทรัตน์ ณ นครพนม ภาธินี สุวรรณมณี และ สุทธินี สุปิยพันธ์

185 การเกิดยอดจำนวนมากจากการเพาะเลี้ยงเมล็ดของถั่วคาวาลเคด *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade
รัตนาภรณ์ บุญเรือง อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ และ จันทกานต์ อรณนันท์

189 การพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมโดยวิธีผสมสลับ S1~ Half-Sib เพื่อผลิตข้าวโพดไร่ลูกผสมทางการค้า
สิทธินันต์ จองโพธิ์ และ กฤษฎา สัมพันธารักษ์

193 การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการปรับปรุงประชากรแบบ Flexible
กรณ์วดี ตุ้มทรัพย์ เฉลิมพล ภูมิไชย์ ทวีศักดิ์ ภู่หลำ และ ธานี ศรีวงศ์ชัย

197 ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิษณุ ทรัพย์กร

201 ลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ก้าวหน้า 6 สายพันธุ์
ณัฐกานต์ ปรารถนา วันชัย จันทร์ประเสริฐ สุปราณี งามประสิทธิ์ และ ประศาสตร์ เกื้อมณี

205 ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง
ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ เบญจมาส รัตนชินกร และ ปรางค์ทอง กวานห้อง

209 ผลของการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของผงเบต้าไซยานินจากแก้วมังกรแดง
ชลิดา เนียมนุ้ย สันติชัย สิริวัชโรดม และ อุษารัตน์ แววตระการ

213 ผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอม
ณาฐวรา จิรันดร มนู จิตรสิงห์ และ อดิศักดิ์ จิตรภูษา

217 ผลของชุดปุ๋ย 5 กรรมวิธีต่อการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของเสาวรส
สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และ ดวงพร ตันติโช

221 การเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของผลเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธี
สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และ ดวงพร ตันติโช

225 การเจริญของผลฝรั่งพันธุ์เซินจู
กวิศร์ วานิชกุล และ ปาริฉัตร แพ่งผล

229 ผลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Chardonnay ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน
สุรศักดิ์ นิลนนท์ รัฐพล ฉัตรบรรยงค์ และจิระนิล แจ่มเกิด

233 ผลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน
สุรศักดิ์ นิลนนท์ รัฐพล ฉัตรบรรยงค์ และ จิระนิล แจ่มเกิด

237 ผลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน
สุรศักดิ์ นิลนนท์ รัฐพล ฉัตรบรรยงค์ และ จิระนิล แจ่มเกิด

241 คุณลักษณะของสารให้กลิ่นรสทุเรียน
กฤษณา หงษ์คู ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

245 องค์ประกอบทางเคมีของผงมะม่วงหิมพานต์โดยเทคนิค freeze และ oven dry
ชลกร อมรพิรมล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

249 อิทธิพลของแอมโมเนียมไนเตรตต่อการเจริญเติบโตและปริมาณฟีนอลิคใน cell suspension ขององุ่น
นภาภรณ์ แซ่ลี้ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

253 การตรวจสอบความเป็นพิษต่อยีนและฤทธิ์ยับยั้งการกลายพันธุ์ของสารสกัดจากลองกองโดยใช้แบคทีเรีย *Salmonella*
จันทร์เพ็ญ แสงประกาย อภิญญา จุฑางกูร และ ช่อลัดดา เที่ยงพุก

257 ผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรดและแปลงปลูกสับปะรด
เริงนภรณ์ โม้พวง สมชาติ หาญวงษา ยรรยง เฉลิมแสน คชรัตน์ ทองฟัก และ นันทยา เก่งเขตร์กิจ

261 การเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) ในวุ้นอาหารเพื่อการขยายพันธุ์
ปกขวัญ หุตางกูร ทรงพล จิตวิริยะ สุธาทิพย์ ศรีศักดา ไพรินทร์ กปิลานนท์ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ และ อุทร ชิขุนทด

265 การศึกษาการเติบโตของมะเขือเทศเมื่อได้รับน้ำทางใต้ผิวดินด้วยเซรามิกรูพรุน
สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และ สุริยา อินอร

269 จลนพลศาสตร์การอบแห้งขมิ้นชันแบบไมโครเวฟสุญญากาศ
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ และ พิชญอร ไหมสุทธิสกุล

273 ผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศก่อนการออสโมซิสต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของฟักทองกึ่งแห้ง
ชวินโรจน์ พจน์ประบุญ พัชราภรณ์ ประดับมุข และ สิริมา ชินสาร

277 ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อเวลาการทำแห้ง และคุณภาพของข่าแห้ง
ยาตรา ยมสูงเนิน เยาวภา ไหวพริบ และ อนันต์ ทองทา

281 การพัฒนาการผลิตสลัดผักปรุงรส
โสรยา เกิดพิบูลย์

285 ผลของ Soil Mate ต่อการเจริญเติบโตและการดูดซึมธาตุอาหารของพริก
เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์ ลักขณา เบ็ญจวรรณ์ และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล

289 ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของคะน้า
เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ และ วริสรา ปลื้มฤดี

293 ผลของตำรับชีวภัณฑ์ที่ผสมเชื้อ *Bacillus subtilis* BCB3-19 ต่อการเจริญระยะแรกของกวางตุ้งฮ่องเต้
ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล และ สุภาพร ไตรลักษณ์

297 การเหนี่ยวนำภาวะต้านทานต่อ *Botrytis cinerea* ในมะเขือเทศ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BCB3-19
ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล

301 ผลของอินทรีย์สารและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อพัฒนาการของโปรโตคอร์มกล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์
พจมาลย์ สุรนิลพงศ์ และ วันวิสาข์ ชัยหาญ

305 การเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกหวานและมะเขือเทศที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในโรงเรือนระบบปิด
ยุทธนา บรรจง ณัฏฐ์สิริ ลักษณะอารีย์ มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์ เทพา ผุดผ่อง และ เกษม หฤทัยธนาสันติ์

309 การสกัดไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายผมนางด้วยน้ำกลั่น กรดไฮโดรคลอริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์
อัครเดช นครเสด็จ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

313 คุณภาพทางกายภาพและสารหอมระเหยของน้ำมันหอมระเหย *Listea petiolata*
นลินี พูลพิพัฒน์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ อาภาพรรณ ชัฎไพศาล

317 การปรับปรุงธัญพืชหมักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ
วรัมพร วงศ์สุดิน ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

321 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระของถั่วแดงงอกหลังผ่านกระบวนการหมัก
ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

325 อิทธิพลของวิธีการสกัดต่อคุณสมบัติทางกายภาพและสารเคมีของพอลิแซคคาไรด์จาก *Ulva intestinalis*
นภัสสร เพียสุระ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

329 ความสามารถในการต้านจุลินทรีย์และต้านสารอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรไทยสกัดแยกส่วนในวงศ์ Combretaceae และ Caesalpiniaceae
รัชนี ไสยประจง และ ธีรวุฒิ หวังอำนวยพร

333 Evaluation of Physicochemical Properties of Plant Extracts from *Persicaria odorata*
Pramono Sasongko, Natta Laohankunjit and Orapin Kerdchoechuen

337 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดสารประกอบฟีนอลิคจากองุ่นพันธุ์ Muscat Hamburg
ธีระพงษ์ ขันทเจริญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

341 ผลของการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวไทย 5 สายพันธุ์
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล

345 สารหอมระเหยและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด
วิริศรา ชื่นอารมย์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

349 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระดาษผสมน้ำมันหอมระเหยอบเชยเพื่อป้องกันเชื้อรา
วิริศรา ชื่นอารมย์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

353 สารหอมระเหยและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพราและวงศ์ขิง
ดวงฤดี หวั้นหนู อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

357 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรจีนบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. เชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว
ศานิต สวัสดิกาญจน์ วิมลพรรณ รุ่งพรหม ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล และ สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์

361 การคัดกรองฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราและองค์ประกอบออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชวงศ์ผักชี 6 ชนิด
ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล ปราณี ถาวรลักษณ์ และ วิมลพรรณ รุ่งพรหม

365 ผลของไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของใบชาอัสสัมหลังการเก็บเกี่ยว
นภาภรณ์ แซ่ลี้ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

369 ผลของวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวต่อองค์ประกอบกรดไขมันและคุณภาพผลิตภัณฑ์
นันทิดา บรรณสาร อุมาพร ทาไธสง วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ สิริมา ชินสาร

373 ประสิทธิภาพของกรดไขมันสกัดจากน้ำมันมะพร้าวที่มีต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคทางอาหาร
นันทิดา บรรณสาร อุมาพร ทาไธสง วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ สิริมา ชินสาร

377 การวิเคราะห์กรดฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นของสารสกัดจากฟางข้าว
สุภัทรา ลิลิตชาญ สุดารัตน์ สุพานิช ธัญญลักษณ์ ทอนราช ปฐมาภรณ์ พิทักษ์ภากร และ นิตยา เทพปฐม

381 อิทธพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง
ชลิดา เนียมนุ้ย จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และ สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา

385 เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้
ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย ทิพวรรณ ผาสกุล และ ราตรี มงคลไทย

389 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมในพืชสกุลขิงบางชนิดในประเทศไทย
วิภาดา กันทยศ และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา

393 การศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้เปลือกไม้ต้นอินทรี (*Peltophorum dasyrachis*) และ เกลือในการดองแมงกะพรุนถ้วย (*Acromitus flagellatus*)
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ จุรีพร เสือเดช และ ดุษยา เบญจพงษ์วิมล

397 ความเสถียรทางความร้อนของสารสกัดฟีนอลิกและเอนแคปซูเลชันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง
ลดาวัลย์ ช่างชุบ และ พิชญอร ไหมสุทธิสกุล

401 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวถั่วดำหุงสุกเร็ว
พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ พรนภา ดำรงแท้ และ รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ

405 ผลของการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบ
ผาณิต รุจิรพิสิฐ และ วิชชุดา สังข์แก้ว

409 ผลของรีซิสแทนต์สตาร์ช ซูโครสเอสเทอร์ และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของโดและขนมปัง
จริยา สุขสวัสดิ์ จุติมา คล้ายจันทร์ ยุวรินทร์ สุทธิพงศ์พาณิช อรวรรณ ทองเรือง และ อาภัสรา แสงนาค

413 สารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme®
อรพรรณ เสลามาศสกุล ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

417 ศักยภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด
รัชฎาภรณ์ คะประสบ ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

421 สารหอมระเหยและสารอาหารของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาย่อยสลายด้วย Flavourzyme®
รัชฎาภรณ์ คะประสบ ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

425 อิทธิพลของการพรีเจลาติไนเซชั่นต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 1
กันทรี ฤทธิ์เรืองเดช อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ สุภัทร์ ไชยกุล

429 คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรด
รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

433 การเปลี่ยนแปลงสารพฤกษเคมีของข้าวกล้องหมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum*
จิราภา มาอินทร์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

437 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลลำแพนและการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเพื่อสุขภาพ
สิริมา ชินสาร

441 ผลของสภาวะในการทอดและการทำแห้งก่อนการทอดต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและคุณภาพของเผือกแท่งขึ้นรูปทอดแบบน้ำมันท่วม
ภัทรวดี วงศ์ชนะภัย และ สิริมา ชินสาร

445 ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสมบัติเชิงกายภาพและลักษณะการไหลของโจ๊กผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูป
โสรยา เกิดพิบูลย์ ธงชัย พุฒทองศิริ และ สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา

449 ผลของการใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพเค้กเนย
ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล กฤษณา หงษ์คู และ พิณริยา มุขกระโทก

453 ผลของชนิดน้ำมันพืชต่อการดูดซับน้ำมันในอาหารทอด
ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล และ ภายิน ทัศนเสถียร

457 การทำให้สเต็กหมูนุ่มด้วยเอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรดประเมินโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสและเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ พัชณี ธีระสำราญ ชลทิศ โชคปิตินันท์ และ สุรพงษ์ พินิจกลาง

461 ผลของระยะเวลาในการทำให้เมล็ดบัวสุก อุณหภูมิและเวลาการออสโมซิสต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล วรวีร์ หอมหวาน และ กนกวรรณ มั่นศีล

465 การกลั่นกรองส่วนผสมที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมเสริมโอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากแก้วมังกร
อัจฉราพรรณ เนลสัน วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ สันทัด วิเชียรโชติ

469 ผลของความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุต่อด้วงถั่วเขียวและคุณภาพของถั่วเขียวผิวมัน
ภราดร ณ พิจิตร เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และ สุชาดา เวียรศิลป์

473 ผลของสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของลำไยผง
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล

477 ผลของการเติมผักโขมผงต่อคุณภาพของบะหมี่แห้ง
นฤมล พงษ์รามัญ สิรินันท์ พ้นภัย และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

481 การใช้ประโยชน์จากเปลือกเมล็ดทานตะวันในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง
อัญชลี คะสุรินทร์ และ อรสา สุริยาพันธ์

485 คุณลักษณะกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลนใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด
อรพรรณ เสลามาศสกุล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

489 ผลของการเติมแป้งกล้วยต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป
นนท์พิพัฒน์ วุฒิกานนท์ เปมิกา จรเด็จ และ ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย

493 องค์ประกอบทางเคมี โปรไฟล์แร่ธาตุและกรดอะมิโนของสาหร่าย *Ulva intestinalis* จากบ่อเลี้ยงกุ้ง
อมมี เบญจมะ และ พายัพ มาศนิยม

497 ผลของเอนไซม์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของบะหมี่เสริมใบมะรุมผง
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ และ อโนชา สุขสมบูรณ์

501 ผลของมอลโตเด็กซทรินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของน้ำส้มผสมคอลลาเจน
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ และ นภัสภรณ์ หินทอง

505 การปรับปรุงปริมาณสารอาหารของถั่วแดงงอกหลังผ่านกระบวนการหมัก
ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

509 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก
สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ ณัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา ผาณิต ไทยยันโต และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์

513 ผลของการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทอดต่อการดูดซับน้ำมันของเห็ดนางฟ้าชุบทอด
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ นิพร เดชสุข พรทิพย์ ยศยิ่ง ภณิดา เอี่ยมรัชนี และ ภัทร ไตรปัญญาศาสตร์

517 ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรอง
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล ฉัตรภา หัตถโกศล สุวรรณี ศรีสุวรรณ คงกฤษ น้อยเผ่า และ ปัณณพร ตันธีระพงศ์

521 การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม 'Seaspray' ด้วยวิธี Seed priming
นงลักษณ์ เพียเทพ พิจิตรา แก้วสอน ปริยานุช จุลกะ และ ปาริชาติ พรมโชติ

525 ลักษณะปรากฏและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขิงสดที่ฉายรังสีแกมมา
ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย ชณิตรา โพธิคเวษฐ์ เทอดธวัช โสภณดิลก สุปราณี แก้ววิหาร สิรินันทน์ สุขทวี และ วาริช ศรีละออง

529 การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ด้วยสาร ascorbic acid และอนุพันธ์
ชลิดา ชลไมตรี ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

533 ผลของกรดซาลิไซลิคต่ออาการสะท้านหนาวของผลพุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ล
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย ศุภลักษณ์ พิริยะพันธุ์สกุล และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์

537 ประสิทธิภาพของฟิล์มบริโภคได้ในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลของผลไม้ตัดแต่งสด
ขนิดา ญานถวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

541 ประสิทธิภาพของโอโซนต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

545 ผลของรังสีแกมมาและบรรจุภัณฑ์ต่อโรคผลเน่าและคุณภาพของผลเงาะ
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และ วาริช ศรีละออง

549 การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกด้วยวิธี Osmopriming
นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์ พิจิตรา แก้วสอน และ ปริยานุช จุลกะ

553 ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษามะพร้าวน้ำหอมเพื่อการส่งออก
วาริช ศรีละออง และ สิรินันท์ สุขทวี

557 คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่บรรจุในขวดแก้วและขวดพลาสติกระหว่างการเก็บรักษา
สิริมา ชินสาร นิสานารถ กระแสร์ชล และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล

561 ผลของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้
ฐิติพัฒน์ ตั้งใหม่วงศธร ศิริชัย กัลยาณรัตน์ เฉลิมชัย วงษ์อารี วาริช ศรีละออง และ ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร

565 ผลของอุณหภูมิและการหั่นชิ้นต่ออัตราการหายใจของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 พร้อมบริโภค
ปรางค์ทอง กวานห้อง คมจันทร์ สรงจันทร์ และ เบญจมาส รัตนชินกร

569 สารเคลือบผิวไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย

573 วิธีการอย่างรวดเร็วเพื่อการคัดเลือกเอนไซม์โปรติเนสจากผักและผลไม้บางชนิดโดยใช้ agar plate diffusion
รัชนี ไสยประจง สุรพงษ์ พินิจกลาง และ กนก รัตนะกนกชัย

577 การศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์สำหรับการจำลองการขนส่งมังคุดฉายรังสีแกมมาทางเรือ
ปริยวรรณ ทรัพยสาร อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ วาริช ศรีละออง และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

581 คุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดทานตะวัน
พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

585 การศึกษาเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากเชื้อ *Bacillus* sp. และการแสดงออกในเซลล์ *Escherichia coli* เพื่อการผลิตเอทานอล
ภรณี สว่างศรี อัจฉราพรรณ ใจเจริญ รุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล สุภาวดี ง้อเหรียญ บุญเรือนรัตน์ เรืองวิเศษ พยุงศักดิ์ รวยอารี และ หทัยรัตน์ อุไรรงค์

589 การผลิตสารมูลค่าสูงจากแกนสับปะรด
สมพิศ สอนโยธา จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน สุภาวดี ฉิมทอง คิน เลย์ คู และ กนก รัตนะกนกชัย

593 การศึกษาการแยกและการทำให้บริสุทธิ์เอนไซม์ปาเปนโดยวิธีโควาเลนท์ โครมาโตกราฟีและไฮโดรไลซิสโปรตีนถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์
สุรพงษ์ พินิจกลาง บุศรา อินทวิรัช สุดธิดา จิรัฐิติพันธ์ และ รัชนี ไสยประจง

597 ผลของเอนไซม์โปรติเอสต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม
จาตุรงค์ จงจีน และ สุพรรนี อะโอกิ

601 การเปรียบเทียบกระบวนการผลิต ต้นทุน และรายได้ของการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกและตลาดภายในประเทศ ใน จ.ฉะเชิงเทรา
กวิศร์ วานิชกุล และ อัญชลี เป้าสิงห์

605 อิทธิพลของโปรตีนต่อคุณสมบัติทางกลและการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลัง
ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

609 การผสมพันธุ์กันได้และการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออกสายพันธุ์หลังขาวและสายพันธุ์ธรรมชาติ
สุชาดา เสกสรรวิริยะ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ สุรศักดิ์ สัจจบุตร ทศพล แทนรินทร์ และ วณิช ลิ่มโอภาสมณี

613 การลดกลิ่นหืนของปลาเกล็ดขาวอบกรอบด้วยการใช้บรรจุภัณฑ์บริโภคได้
กษิดิศ อิ่มประไพ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

617 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับของผู้บริโภคในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง15 จังหวัดนครนายก
สุภาภรณ์ เลิศศิริ และ พิชัย ทองดีเลิศ

621 การปรับปรุงการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังโดยการเติมสารเติมแต่ง
ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

625 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารเคอร์คิวมินอยด์รวมของพืชสกุลขมิ้นบางชนิดในประเทศไทย
จุฑามาศ ส่องแสง และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา

629 ความหลากหลายและการประเมินลักษณะประจำพันธุ์สับปะรดเพื่อการคุ้มครองพันธุ์พืช
วินัย สมประสงค์ ป่าน ปานขาว มัลลิกา นวลแก้ว และ ชัยนาท ชุ่มเงิน

633 เทคโนโลยีชีวภาพที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายพืชเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานชีวภาพ: บทความปริทัศน์
ปริปก พิศสุวรรณ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น คิน เลย์ คู และ กนก รัตนะกนกชัย

637 การวิพากษ์วิธีการผลิตสมุนไพรไทยบนกรอบแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน
ณัฐกฤช อัสนี และ นามชัย กิตตินาคบัญชา

642 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดมะละกอต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช
ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย ณกัญญา พลเสน ธนภรณ์ ทองแพง และ เกศินี สังข์คำ

645 การพัฒนาชุดตรวจสอบไวรัสใบหงิกของข้าวด้วย Immunochromatographic Assay
วิชชุดา รัตนากาญจน์ รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ และ วันพร เข็มมุกด์

650 สาร β-glucan ในเห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนู
ธนภักษ์ อินยอด สุพัตรา เปี่ยมวารี สรวิศ แจ่มจำรูญ วันทนา สะสมทรัพย์ สาวิตรี วีระเสถียร และ สุริวิภา สังขาร

653 การศึกษาผลของเอนไซม์เซลลูเลสต่อคุณสมบัติทางกายภาพของฝ้าย
สุพรรนี อะโอกิ และ จาตุรงค์ จงจีน

656 ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์พืชสกุลห้อมช้าง (*Phlogacanthus* Nees)ในประเทศไทย
วินัย สมประสงค์ ปราโมทย์ ไตรบุญ ยุพดี เผ่าพันธุ์ นพรัตน์ ทูลมาลย์ และ ภัทธรวีร์ พรหมนัส

659 การผลิตและพัฒนาตำรับแชมพูที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก

662 คุณสมบัติและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหยโหระพา กระวาน และขมิ้นชัน
ดวงฤดี หวั้นหนู อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

665 การควบคุมการแสดงออกของยีนขนส่งน้ำตาลเฮกโซสในยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*
สิริลักษณ์ บารมี และ นิษก์นิภา สุนทรกุล

669 ดัชนีชื่อผู้แต่ง

674 ดัชนีคำสำคัญ

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน
(ฉบับปกติ)

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

เรื่องที่ผู้เขียนจะส่งมาลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรครอบคลุม :

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

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

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

การเตรียมต้นฉบับ

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

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

3. **ชื่อผู้เขียน** เป็นชื่อเต็ม ใช้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมทั้งสถานที่ทำงาน ระบุจังหวัดและรหัสไปรษณีย์ด้วย

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

5. **เนื้อหา** (Text) สำหรับเรื่องประเภทงานวิจัยควรประกอบด้วยหัวข้อ ดังต่อไปนี้

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

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

- คำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ
- คำอธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง แต่ไม่จำเป็นต้องอธิบายวิธีการที่ถือว่าเป็นแบบฉบับ ซึ่งเป็นที่เข้าใจอันดีโดยทั่วไปอยู่แล้ว การเขียนอุปกรณ์และวิธีการให้เขียนเป็นส่วนเดียวกันไม่ต้องแยกหัวข้อ

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

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

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

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

ในตอนรายการเอกสารอ้างอิง ซึ่งปรากฏอยู่ท้ายเรื่องให้เรียงอักษรตามชื่อตัว ชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรกถ้าเป็นคนไทย แต่ถ้าเป็นชาวต่างประเทศให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นต้นและชื่อตัวโดยไม่ต้องใส่เลขที่ แสดงเฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อเรื่องเท่านั้น ไม่ควรอ้างเอกสารใดๆ ที่ยังมิได้มีการจัดพิมพ์

สำหรับวารสาร (Periodicals) ควรเรียงลำดับ ดังนี้

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

ตัวอย่าง :

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

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

สำหรับตำรา (Text books) ควรเรียงลำดับดังนี้

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

ตัวอย่าง :

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

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

สำหรับเอกสารประกอบรายงาน (Reports and Proceedings)

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

ตัวอย่าง :

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

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

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

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

6. ภาพประกอบ (Illustration)

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

ข. ภาพเขียน เขียนด้วยหมึกสีดำ จัดบนกระดาษอาร์ตหนาพอควร ควรเขียนตัวหนังสือด้วย Lettering guide หรือ Letter press

7. การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษอักษรโรมัน ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน
(ฉบับพิเศษ)

รายละเอียดและรูปแบบข้อกำหนดต่างๆ สำหรับเตรียมต้นฉบับต้องเป็นดังนี้

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

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

โดยมีลำดับดังนี้

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

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

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

บทคัดย่อ (Abstract) : มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยขึ้นด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษก่อนแล้วจึงตามด้วยบทคัดย่อภาษาไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

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

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

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

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

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

เนื้อหาส่วนต่างๆ ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

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

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

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

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

(1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล

(2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน

(3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น

(4) ชี้ให้เห็นประเด็นที่เด่นหรือสำคัญของผลการวิจัย

ควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและลู่ทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

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

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

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

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

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

9. **การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษหรืออักษรโรมัน** : ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

ผลของวิธีการคงสภาพต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรำข้าว

Effect of Various Stabilization Methods on Antioxidant Activity in Rice Bran

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย[1] และ อนุชิตา มุ่งงาม[2]
Loypimai, P.[1] and Moong-ngarm, A.[2]

Abstract

The study aimed to investigate the effect of different stabilization methods on antioxidant activity in rice bran. The rice bran (RB) sample was stabilized by three different stabilization methods: ohmic heating (OHM), microwave heating (MV) and steaming (ST) methods. Stabilized RB samples were evaluated by several antioxidant activity systems aspect including 1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, lipid peroxidation, and total antioxidant capacity (TCA). The results revealed that stabilized RB by OHM obtained the highest amounts of antioxidant activity ($p \le 0.05$), with the lowest values of IC_{50} (DPPH radical and lipid peroxidation) was 65.3 and 81.6 mg/ml, respectively. Similarly, the antioxidant activity by TCA (2.68 mg gallic equivalent/g rice bran) and yield of the extracted oil (17.4%) were also significantly higher than those stabilized by MV, ST, and raw rice bran (non stabilizing), respectively.
Keywords: ohmic heating, stabilization, antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการคงสภาพต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรำข้าว โดยนำตัวอย่างรำข้าวมาคงสภาพด้วย 3 วิธีได้แก่ การให้ความร้อนแบบโอห์มมิค คลื่นไมโครเวฟ และการนึ่งด้วยไอน้ำเปรียบเทียบกับรำข้าวที่ไม่ผ่านการคงสภาพ รำข้าวที่ผ่านการคงสภาพ นำมาวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธีคือ 2,-2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, lipid peroxidation และ total antioxidant capacity พบว่ารำข้าวที่ผ่านการคงสภาพด้วยการให้ความร้อนแบบโอห์มมิค มีปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ($p \le 0.05$) โดยมีค่า IC_{50} (DPPH radical และ lipid peroxidation มีค่าเท่ากับ 65.3 และ 81.6 mg/ml ตามลำดับ) ต่ำสุด ในทำนองเดียวกันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี total antioxidant capacity (2.68 mg gallic equivalent/ กรัมรำข้าว) และปริมาณน้ำมันที่สกัดได้สูงสุด (17.4%) รองลงมาเป็นการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ นึ่งด้วยไอน้ำ และรำข้าวที่ไม่ผ่านการคงสภาพ ตามลำดับ
คำสำคัญ: การให้ความร้อนแบบโอห์มมิค การคงสภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

รำข้าว เป็นส่วนของเยื่อหุ้มผิวข้าวที่ถูกขัดออกระหว่างกระบวนการขัดสีข้าวกล้อง เนื้อเยื่อที่ขัดออกมานั้นรวมไปถึงชั้นเอพิคาร์พ (epicarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) นิวเซลลัส (nucellus) เยื่ออลูโรน (aleurone layer) คัพภะ (germ) และส่วนที่เป็นแป้งหรือเอ็นโดสเปิร์ม (starchy endosperm) ซึ่งมีประมาณ 10% ของเมล็ด ก่อนที่จะนำข้าวไปแปรรูปหรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องผ่านกระบวนการขัดสีเอาชั้นรำออก รำข้าวจึงเป็นผลพลอยได้ที่มีปริมาณมาก แต่การนำรำข้าวไปใช้ประโยชน์ยังไม่เต็มศักยภาพ ส่วนมากถูกนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ และบางส่วนนำไปผลิตน้ำมันรำข้าว (Balachandran และคณะ, 2007) ในปัจจุบันแนวโน้มการผลิตน้ำมันรำข้าวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากน้ำมันรำข้าวมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อนเหมาะสม สอดคล้องกับองค์กรอนามัยโลกแนะนำการบริโภคน้ำมัน และยังมีองค์ประกอบที่เป็นสารออกฤทธิ์ชีวภาพสำคัญหลายชนิด เช่น แกมม่าออริซานอล (γ-oryzanol) โทโคฟีรอล (tocopherols) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienols) (Reshma และคณะ, 2007) อย่างไรก็ตามในรำข้าวมีปริมาณ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600, เบอร์โทร 080-1981693, อีเมลล์: Patiwit_loy@hotmail.com,

[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

น้ำมันสูง ทำให้เอนไซม์ไลเปส และไลปอกซี่จีเนสที่มีอยู่ในรำข้าวสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) อย่างรวดเร็ว เมื่อรำข้าวถูกขัดสี ส่งผลทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Zullaikah และคณะ, 2005) กิจกรรมเอนไซม์ที่เกิดขึ้นนี้หากไม่มีการคงสภาพหรือยับยั้งก่อนไขมันจะถูกไฮโดรไลซ์ ทำให้น้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณลดลง และมีคุณภาพต่ำ ปัจจุบันมีงานวิจัยรายงานว่าวิธีการคงสภาพที่ง่ายและมีประสิทธิภาพในการยับยั้งหรือทำลายเอนไซม์มีหลายวิธี เช่น การนึ่งด้วยไอน้ำ (steaming) การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ (microwave heating) และการให้ความร้อนด้วยโฮห์มมิก (ohmic heating) (Poovarodom, 1982; Ramezanzadeh และคณะ, 2000; Lakkakula, และคณะ, 2004; Loypimai และคณะ, 2010) เป็นต้น นอกจากวิธีการดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพยับยั้งหรือทำลายเอนไซม์ จำเป็นต้องรักษาคุณภาพและคงปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในรำข้าว ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาผลของวิธีการคงสภาพต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรำข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างรำข้าว

นำข้าวพันธุ์ กข 6 (*Oryza sativa* L. cv. RD-6) มาขัดสีด้วยเครื่องสีข้าวขนาดกลาง ที่มีระดับการขัดสี 8.0±1.0% รำข้าวที่ได้จากการขัดสีนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช (750 ไมโครเมตร) ทันที เพื่อกำจัดแกลบ เมล็ดข้าวหัก และสิ่งปลอมปนให้เหลือแต่ชั้นรำ (Loypimai และคณะ, 2010; Ramezanzadeh และคณะ, 2000)

2. การคงสภาพรำข้าวด้วยวิธีการที่ต่างกัน 3 วิธีได้แก่

(1) การให้ความร้อนแบบโอห์มมิค (ohmic heating): ทำตามวิธีของ Loypimai และคณะ (2010) โดยชั่งรำข้าวมา 180 กรัม ปรับความชื้นรำเป็น 30% (wet basis) ด้วยน้ำที่ผ่านกระบวนการกำจัดไอออน นำไปคงสภาพด้วยเครื่องโอห์มมิค ที่ระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 150 Vcm^{-1} (ความถี่ 50 Hz) ติดตามการเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยเครื่อง Data logger (Center®, K type probe) หลังจากให้ความร้อนเสร็จ นำตัวอย่างออกมาทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำรำที่ผ่านการคงสภาพอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C จนความชื้นสุดท้าย 8.0±1.0% แล้วเก็บใส่ถุงซิบโพลีเอทิลลีน แช่เยือกแข็งที่ -25°C สำหรับใช้วิเคราะห์ต่อไป *(2) คลื่นไมโครเวฟ (microwave heating)*: ชั่งรำข้าวมา180 กรัม ปรับความชื้นรำเป็น 21% (wet basis) ใส่ถุงซิบโพลีเอทิลลีน แล้วนำมาคงสภาพด้วยตู้ไมโครเวฟ (Electrolux EW30MO55HS) ที่ความถี่ 2450 MHz และ 900 W นาน 3 นาที (รายละเอียดตามวิธีของ Ramezanzadeh และคณะ, 2000) และ *(3) วิธีการนึ่งด้วยไอน้ำ (steaming method)*: ดัดแปลงจากวิธีของ Poovarodom (1982) ชั่งรำข้าว 180 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปนึ่งโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 105°C นาน 15 นาที เก็บที่อุณหภูมิ -25°C สำหรับวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับรำข้าวที่ไม่ผ่านการคงสภาพ

3. วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรำข้าว

การเตรียมสารสกัดรำข้าวทำตามวิธีของ Loypimai และคณะ (2010) แล้วนำมาวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ มีรายละเอียดตามวิธีของ Dasgupta และ De (2004) ได้แก่ *(1) วิธี DPPH radical scavenging activity* โดยเตรียมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.004 % ระวังอย่าให้ถูกแสงเนื่องจากเป็นสารที่ไวต่อแสงมาก นำตัวอย่างสารสกัดรำข้าวที่ได้ 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วไปตั้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectronic Gcnesys 5) รายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ 50% (IC_{50}) *(2) วิธี lipid peroxidation assay* โดยเตรียมสารละลายไข่แดงเข้มข้น 10% v/v ใส่ในหลอดทดลอง 0.5 มิลลิลิตร เติมสารสกัดรำ 0.1 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1.0 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 0.07 M $FeSO_4$ ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นเติม 1.1 % sodium dodecylsulphate (ประกอบด้วย 0.8% (w/v) thiobarbituric acid) 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและต้มให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95°C นาน 60 นาที แล้วตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม buthanol 5.0 มิลลิลิตร แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ที่ 25°C แล้ว ดูดเฉพาะส่วนใสส่วนบน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร รายงานผลเป็นค่า IC_{50} และ*(3)วิธี total antioxidant capacity* นำสารสกัดรำ 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย (0.6 M sulfuric acid, 28 mM sodium phosphate และ 4.0 mM ammonium molybdate) 3.0 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 95°C นาน 90 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 695 นาโนเมตร โดยทำการเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับกรดแกลลิกมาตรฐาน

4. ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน

นำรำข้าวที่ผ่านการคงสภาพทั้ง 3 วิธี มาสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเฮกเซนด้วยเครื่องซ็อกซ์เลท ทำตามวิธี AOAC (2002) สกัดนาน 2.0 ชั่วโมง นำส่วนที่ได้จากการสกัดมาระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator) ส่วนตัวทำละลายที่เหลืออยู่ อบทิ้งไว้ให้แห้งในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70ºC เป็นเวลานาน 30 นาที

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำรำข้าวที่ผ่านการคงสภาพด้วยการให้ความร้อนแบบโฮห์มมิก คลื่นไมโครเวฟ และนึ่งด้วยไอน้ำ มาวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาต่างกัน 3 วิธี (Table 1) พบว่ารำข้าวที่ผ่านการคงสภาพด้วยการให้ความร้อนแบบโอห์มมิค มีปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (p≤0.05) โดยมีค่า IC_{50} DPPH radical และ lipid peroxidation ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 65.3 และ 81.6 mg/ml ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี total antioxidant capacity สูงสุด (p≤0.05) มีค่าเท่ากับ 2.68 mg gallic equivalent/ g rice bran รองลงมาเป็นการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ การนึ่งด้วยไอน้ำ และรำข้าวที่ไม่ผ่านการคงสภาพ (non stabilizing) ตามลำดับ เนื่องจากการให้ความร้อนแบบโอห์มมิคอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเพิ่มขึ้นรวดเร็ว (105ºC) ส่งผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสและเอนไซม์ไลปอกซีจีเนส สาเหตุหลักการเกิดออกซิเดชัน ช่วยคงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของรำข้าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lakkakula และคณะ (2004) ที่กล่าวไว้ว่ารำข้าวที่เพิ่มความชื้นระหว่างให้ความร้อนแบบโอห์มมิค อุณหภูมิรำจะเพิ่มขึ้น และความร้อนจากไฟฟ้ามีผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในรำข้าว และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่สกัดได้พบว่าวิธีการคงสภาพด้วยการให้ความร้อนแบบโฮห์มมิก สกัดได้ปริมาณน้ำมันสูงสุด (p≤0.05) รองลงมาเป็นการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ และการนึ่งด้วยไอน้ำ เท่ากับ 17.4%, 16.1% และ 15.8% ตามลำดับ อาจจะเนื่องมาจากไฟฟ้ากระแสสลับจากการให้ความร้อนแบบโฮห์มมิกมีประสิทธิภาพแทรกผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ตัวทำละลายซึมผ่านไปละลายเม็ดไขมันในเนื้อเยื่อได้ง่าย ส่งผลทำให้สกัดน้ำมันได้ปริมาณเพิ่มขึ้น และไฟฟ้ากระแสสลับจากการให้ความร้อนแบบโอห์มมิคจะทำลายผนังเซลล์ส่งผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ถูกเปิดออก (electroporation) ทำให้เกิดรูพรุนในเซลล์ช่วยให้น้ำมันหลุดออกมาจากเซลล์ได้ง่ายกว่ารำข้าวที่ผ่านการคงสภาพ (Lakkakula และคณะ, 2004)

สรุปผล

การคงสภาพรำข้าวด้วยการให้ความร้อนแบบโอห์มมิคที่เพิ่มความชื้นรำให้ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวสูงกว่า การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ นึ่งด้วยไอน้ำ และรำข้าวไม่คงสภาพ เนื่องจากการให้ความร้อนแบบโอห์มมิคอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเพิ่มขึ้นรวดเร็ว (105ºC) ส่งผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสและเอนไซม์ไลปอกซีจีเนสสาเหตุหลักการไฮโดรไลส์กรดไขมันเป็นกรดไขมันอิสระและการเกิดออกซิเดชันในรำข้าว และไฟฟ้ากระแสสลับจากการให้ความร้อนแบบโฮห์มมิกยังช่วยให้สกัดได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้อนุเคราะห์เครื่องโฮห์มมิกในการทำวิจัยครั้งนี้

Table 1 Effect of different stabilization methods on antioxidant activity (DPPH radical scavenging activity, lipid peroxidation assay and total antioxidant capacity) and the oil recovery

Stabilization methods	DPPH (IC_{50}, mg/ml)	Lipid peroxidation (IC_{50}, mg/ml)	total antioxidant capacity (mg gallic equivalent /g rice bran)	Oil yield (%)
Raw rice bran (Non stabilizing)	160.1[d]	212.4[d]	1.50[d]	12.8[c]
Steaming	100.2[c]	138.2[c]	2.26[c]	15.8[b]
Microwave heating	79.1[b]	115.7[b]	2.47[b]	16.1[b]
Ohmic heating	65.3[a]	81.6[a]	2.68[a]	17.4[a]
%CV.	7.10	4.81	3.72	5.21

[a,b,c..]Mean within a column with different letters are different (p<0.05),

%CV: %Coefficient of variance (n=3).

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2002, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist International, 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Balachandran, C., Mayamol, N.P., Thomas, S., Sukumar, D., Sundaresan, A. and Arumughan, C., 2007, An Ecofriendly Approach to Process Rice Bran for High Quality Rice Bran Oil using Supercritical Carbon Dioxide for Nutraceutical Applications, Bioresource Technology, 99(8): 2905-2912.

Dasgupta, N. and De, B., 2004, Antioxidant Activity of *Piper betle L.* leaf extract *in vitro*, Food chemistry, 88(2): 219-224.

Lakkakula, N., Lima, M. and Walker, T., 2004, Rice Bran Stabilization and Rice Bran Oil Extraction using Ohmic Heating, Bioresource Technology, 92: 157-161.

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.

Ramezanzadeh, F.M., Rao, R.M., Prinwiwaykul, W., Marshell, W.E. and Windhauser, M., 2000, Effect of Microwave Heat Packaging and Storage Temperature on Fatty Acid and Proximate Composition in Rice Bran, Agricultural and Food chemistry, 48(2): 464-467.

Reshma, M.V., Saritha, S.S., Balachandran, C. and Arumughun, C., 2007, Lipase Catalyzed Interesterification of Palm Stearin and Rice Bran Oil Blends for Preparation of Zero Trans Shortening with Bioactive Phytochemicals, Bioresource Technology, 99(11): 5011-5019.

Zullaikah, S., Lai, C.C., Vali, S.R. and Ju, Y.H., 2005, A two-step Acid- catalyzed Process for the Production of Biodiesel from Rice Bran Oil, Bioresource Technology, 96(17): 1889-1896.

ผลของแป้งเนื้อในเมล็ดมะขาม กัมอะราบิคและมอลโตเดกซ์ตรินที่มีต่อประสิทธิภาพการเอนแคปซูเลชันและความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ

Effect of Tamarind Seed Kernel Flour, Gum Arabic and Maltodextrin on Encapsulation Efficiency and Stability of W/O/W Emulsion

ธนวรรณ วันทอง[1] เทพกัญญา หาญศีลวัต[1] และ พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[2]

Wanthong, T.[1], Harnsilawat T[1]. and Maisuthisakul, P.[2]

Abstract

The potential food applications of water-in-oil-in-water ($W_1/O/W_2$) multiple emulsions are great, including the encapsulation of phenolic ingredients. Effect of tamarind seed kernel flour (TKF, 1.5%w/w), gum arabic (GA, 10.0%w/w) and maltodextrin (Md20, 15.0%w/w) conjugates were investigated on droplet size, encapsulation efficiency (EE), stability, viscosity and ζ-potential of multiple emulsions containing methyl gallate. $W_1/O/W_2$ emulsions were prepared by using polysaccharides as outer aqueous phase. The results showed that there were interactions between polysaccharides which affected to those properties of multiple emulsions. Emulsion systems from TKF–GA conjugates gave more stable and higher EE than that of TKF–Md20 system. Whereas, the droplet size of emulsion using TKF–GA conjugates were smaller than that of TKF–Md20 system. Using TKF–GA–Md20 system showed decreasing of methyl gallate EE and stability comparing to TKF–Md20 or TKF–GA systems. These results suggest that mixtures of TKF, GA and Md20 as wall materials strongly affected to multiple emulsion stability, hence the further research should be focused on the appropriate concentration of each polysaccharide to obtain a stable emulsion system.

Keywords: tamarind seed kernel flour, gum arabic, maltodextrin, multiple emulsion

บทคัดย่อ

ระบบอิมัลชันเชิงซ้อนชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำมีศักยภาพที่ดีในการประยุกต์ใช้ในอาหารรวมถึงการเอนแคปซูเลทสาร ฟีนอลิก งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของการใช้แป้งเนื้อในเมล็ดมะขาม (TKF, 1.5%w/w) กัมอะราบิค (GA, 10.0%w/w) และมอลโตเดกซ์ตริน (Md20, 15.0%w/w) ร่วมกันในอิมัลชันเชิงซ้อนซึ่งมีเมทธิลแกลเลทอยู่ภายใน โดยพิจารณาจากขนาดของอนุภาค ประสิทธิภาพในการเอนแคปซูเลชัน ความคงตัว ความหนืด และ ζ-potential อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำเตรียมโดยใช้พอลิแซคคาไรด์ในเฟสน้ำภายนอก ผลการทดลองพบว่าเกิดอันตรกิริยาร่วมกันระหว่างพอลิแซคคาไรด์ซึ่งมีผลต่อสมบัติต่างๆ ของอิมัลชันเชิงซ้อน ระบบอิมัลชันที่ใช้ TKF ร่วมกับ GA มีความคงตัวและประสิทธิภาพในการเอนแคปซูเลชันมากกว่าระบบที่ใช้ TKF ร่วมกับ Md20 ขณะที่ขนาดของอิมัลชันในระบบที่ใช้ TKF ร่วมกับ GA มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าระบบที่ใช้ TKF ร่วมกับ Md20 ส่วนระบบที่ใช้ TKF, GA และ Md20 ร่วมกันพบว่าประสิทธิภาพในการเอนแคปซูเลทเมทธิลแกลเลทและความคงตัวของระบบลดลงเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้ TKF ร่วมกับ GA และระบบที่ใช้ TKF ร่วมกับ Md20 ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ TKF, GA และ Md20 มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชันเชิงซ้อน ดังนั้นจึงควรมีการวิจัยที่มุ่งเน้นไปที่ความเข้มข้นของพอลิแซคคาไรด์แต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อความคงตัวของระบบอิมัลชัน

คำสำคัญ: แป้งเนื้อในเมล็ดมะขาม กัมอะราบิค มอลโตเดกซ์ตริน อิมัลชันเชิงซ้อน

Introduction

Encapsulation is the technique by which one material or a mixture of materials is coated with or entrapped within another material or system. Encapsulation technology is now well developed and accepted

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Chatuchak Bangkok 10900

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400

[2] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400.

within the pharmaceutical, cosmetic and foods. In food products, aroma compounds, vitamins, and enzymes have been encapsulated (Shahidi and Han, 1993). Encapsulation technique has been many different methods such as multiple emulsion, spray drying, extrusion, freeze drying, coacervation and molecular inclusion. The choice of appropriate encapsulation technique depends upon the end use of the product and the processing conditions involved in the manufacturing product.

Water-in-oil-in-water (W/O/W) multiple emulsions are emulsion systems where small water droplets are entrapped within larger oil droplets that in turn are dispersed in a continuous water phase. A number of factors have been identified as affecting the stability of W/O/W multiple emulsions. These include the method of preparation, the composition of the emulsion, such as type of emulsifiers and the nature of entrapped materials. (Omotosho *et al*., 1986). Natural polysaccharides (e.g. gum arabic), due to their stability at the interface or their functions as stabilizer, can be used in W/O/W multiple emulsion alone or in combination with polysaccharide. Natural polysaccharides may be included in the external aqueous phase of W/O/W emulsion to improve the encapsulation efficiency (EE) and stability.

Gum arabic is a versatile ingredient used in food systems due to its molecular flexibility (Islam *et al*., 1997). Functions of gum arabic include emulsification, encapsulation, stabilization, water binding, adhesion, film forming and dietary fibre (Verbeken *et al*., 2003).

Maltodextrins are defined as starch hydrolysis products. As products of starch hydrolysis maltodextrins contain linear amylose and branched amylopectin degradation products, therefore they are considered as D-glucose polymers joined by α-(1,4) and α-(1,6) linkages. Maltodextrins can form weak gels that are results of interactions between amylose fractions characterized by helical regions and branched and linear chains of amylopectin molecules (Chronakis, 1998).

Tamarind seed kernel flour (TKF) is derived from the seeds of *Tamarindus indica* Linn. Refined tamarind seed polysaccharide is used as a thickening, stabilizing and gelling agent in the food industry, particularly in Japan where it is a permitted food additive (Gidley *et al*., 1991; Glicksman, 1986). It is an important sizing material for a rich source of protein and amino acids, a good source of gelling polysaccharides called ‘polyose’ and having good film forming properties (Glicksman, 1986).

The aim of this paper was to study the effect of type of hydrocolloid on stability of encapsulation from methyl gallate in W/O/W multiple emulsion.

Materials and Methods

Materials; Soybean oil was purchased from local supermarket. Polyglycerol polyricinoleate (PGPR 4125, Palsgaard, Denmark) was obtained from Palsgaard Industri de Mexico (St. Louis, MO). Gelatin (Type A: Bloom 100), maltodextrin (DE 20) and tamarind seed kernel flour were obtained as a gift sample from Cartino gelatin Co., Ltd. (Samutprakarn, Thailand), CornProduct (Thailand) Co., Ltd. (Bangkok, Thailand) and G.M Ichihara (Bangkok, Thailand), respectively. Gum arabic was purchased from Bronson & Jacobs International Co. (Bangkok, Thailand). Polyoxyethylene (20) sorbitan monoleate (Tween 80) was purchased from Rankem (India), analytical grade sodium chloride (NaCl) was purchased from Merck (Germany), methyl gallate was purchased from Fluka (Switzerland) and sodium azide (NaN_3) was purchased from Lab-chem (Australia). Folin–Ciocalteau’s reagent was obtained from Sigma Chemical Co., Ltd (St. Louise, USA).

Preparation of $W_1/O/W_2$ multiple emulsions; The inner aqueous phase (W_1) was prepared by hydrating gelatin (1% w/w, Bloom 100), NaCl (0.8% w/w) and methyl gallate (1% w/w) in distilled water at 40 ^{o}C for 2 min using moderate magnetic stirring. The oil phase was prepared by dispersing 8% w/w PGPR into soy bean oil (80.0% w/w) and heating to 50^{o}C for 2 min under agitation with a magnetic stirrer and then blended together using a hand homogenizer at 12,000 rpm for 2 min (IKA-Ultra-Turrax T25, Germany). The coarse emulsions were passed through high-pressure homogenizer (Armfield model FT9, UK) three times at

3000 psi. The outer aqueous phase (W_2) was prepared by hydrating Tween 80 (0.5% w/w), gum arabic (10% w/w) or maltodextrin (15% w/w) or tamarind seed kernel flour (1.5% w/w) in distilled water under moderate magnetic stirring conditions. After adding the water-in-oil (W_1/O, 10 vol%) to the outer phase (W_2, 90vol%), the emulsion was homogenized for 2 min using a hand homogenizer at 12,000 rpm. The emulsions were heated at 50 °C for 30 min and then added sodium azide (0.02% w/w) as an antimicrobial agent.

Determination of particle size; The particle size distribution and mean droplet diameter of diluted emulsions were measured by dynamic light scattering instrument (Zeta sizer nano, Malvern Instruments, Worcestershire, U.K.).

Creaming stability measurement; Creaming index of W/O/W emulsions was determined by a modification to the method of Surh *et al*. (2007).

Viscosity measurements; The viscosity of each W/O/W double emulsion was determined using a rotational rheometer (MCR 300, Physica, Stuttgart, Germany) at 25 °C and a shear rate of 30.4 s^{-1}.

Determination of encapsulation efficiency; The encapsulation efficiency (EE) of emulsion were measured by lead to the samples of emulsions were centrifuged at 15,250 g at 4°C for 30 min and diluted in distilled water approximately ~0.005 wt %. Approximately 3.5 mL of diluted samples was added into test tubes followed by 1 mL of Folin-Ciocalteu's reagent and 0.8 mL of 7.5% (w/v) sodium carbonate. Absorbance was measured sample at 750 nm using UV light spectrophotometer (UV-Vis model 1601, Shimadzu, Japan). A calibration curve of methyl gallate was plotted by plotting absorbance vs concentrations of methyl gallate (mg/L).

Determination of ζ–potential; ζ-Potential of W/O/W emulsions were measured using dynamic light scattering instrument (Zeta sizer nano, Malvern Instruments, Worcestershire, U.K.)

Statistical analysis; The results were analysed ANOVA for significance ($p<0.05$) using data analysis tool.

Results and Discussion

W/O/W emulsion microstructure, stability and rheology depends on the composition, thickness of the adsorbed stabilizing layer at the oil-water interface, and the nature of the interactions between adsorbed layers on different droplets.

Effect of TKF and GA on multiple emulsion stability; As show in table 1, TKF–GA conjugates gave the highest EE. GA have variable chemical structures formed from D-galactopyranose, L-rhamnose, L-arabinofuranose, D-galacturonic acid, hydroxyproline and serine that is substantially surface-active which has the potential for acting as both an emulsifying agent and a stabilizing agent. It has been postulated that the macromolecule adsorbs at the oil–water interface. Moreover, the pH of multiple emulsions obtained was equaled 4.62. Hence, GA which is the anionic polysaccharide exhibited negative charge at acidic range. The ζ-Potential from the result confirmed this aspect. Some proteins in TKF such as lysine and arginine, which are positive charges can combine with GA. TKF can be added to the emulsion system as a co-surfactant to manipulate the packing of the interfacial film as well as to help increase the interfacial area of the system. In agreement with this criterion, TKF-GA system gave the best EE because of good coating. The droplet size of TKF-GA systems were small because the effectiveness of the emulsifying property of GA. Typically, the smaller size of emulsion, the less amount of creaming index is obtained (Jenkins and Snowden 1996).

Effect of TKF and Md20 on multiple emulsion stability; TKF–Md20 conjugates exhibited lower EE than that of TKF–GA system. Md is not particularly surface-active, and so their main stabilizing action in oil-in-water emulsions is believed to be through viscosity modification or gelation of the aqueous continuous phase. The viscosity of the TKF-MD system was slightly higher than that of TKF-GA (Table 1). Although, at the emulsion pH (4.62), Md is anionic polysaccharide that showed negative charge which is consistent to the result of ζ-Potential. The droplet size of emulsion using TKF–Md20 conjugates was the biggest. We propose that this could be possibly due to the lower adsorption of surfactant during the droplet formation. Md does not exhibit emulsifying capacity as GA. It was not doubt that the TKF-Md20 system gave the highest creaming index.

Table 1 Effect of concentration of tamarind seed kernel flour (TKF), gum arabic (GA) and maltodextrin (Md) on w/o/w emulsion properties.

Treatment			Properties of emulsions				
TKF	GA	Md20	Encapsulated efficiency (EE, %)	Droplet size (µm)	Creaming index (%)	Viscosity (mPa.s)	ζ-Potential (mV)
1.50	10	0	93.44[a]±0.18	0.70[b]±0.23	56.87[b]±0.32	20.95[c]±0.07	-50.27[a]±4.75
1.50	0	15	92.03[b]±0.42	1.32[a]±0.22	70.48[a]±0.82	22.15[b]±0.07	-51.70[a]±3.80
1.50	10	15	90.66[c]±0.27	0.80[b]±0.10	56.71[b]±0.65	42.30[a]±0.57	-49.37[a]±1.05

TKF: Tamarind Seed Kernel Flour, GA: Gum Arabic, Md: Maltodextrin

[a,b,c] the difference superscript letters in the same columns are significantly different ($p<0.05$)

Effect of TKF GA and Md20 on multiple emulsion stability; Using TKF–GA–Md20 system showed decreasing of methyl gallate EE and stability comparing to TKF–Md20 or TKF–GA systems. This has been attributed to depletion flocculation induced by excess non-adsorbed polymers. Even though the depletion was occurred in the system, the creaming index was low because the viscosity of TKF-GA-Md20 was strongly high and thus stabilized the oil droplet from coalescence (Makri and Doxastakis, 2006). The droplet size was small because the system has protein in GA that shows high surface activity and high viscosity of the continuous phase system, giving enough time for the protein to adsorb at the surface (Makri and Doxastakis, 2006). The type of hydrocolloid did not affect on charge of droplet size which was confirmed to the result of ζ-potential.

Summary

Emulsion systems from TKF–GA conjugates gave more stable and higher EE than that of TKF–Md20 system. The droplet size of emulsion using TKF–GA conjugate was smaller than that of TKF–Md20 system. Using TKF–GA–Md20 system showed decreasing of methyl gallate EE and stability comparing to TKF–Md20 or TKF–GA systems.

Acknowledgements

This research was partially supported by University of the Thai Chamber of Commerce Fund, Kasetsart University Graduate School and the Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI).

Literature cited

Chronakis, I.S., 1998, On the Molecular Characteristics, Compositional Properties and Structural- functional Mechanisms of Maltodextrins: A Review. Critical Reviews in Food Science, 38: 599–673.

Gidley, M.J., Lillford, P.J., Rowlands, D.W., Lang, P., Dentini, M. and Crescenzi, V., 1991, Structure and Solution Properties of Tamarind-seed Polysaccharide, Carbohydrate Research, 214: 299–314.

Glicksman, M., 1986, Food hydrocolloids, CRC Press. Boca Raton. FL., 191–202 p.

Jenkins, P. and Snowden, M., 1996, Depletion Flocculation in Colloidal Dispersions, Advances in Colloid & Interface Sci, 68: 57-96.

Makri, E.A. and Doxastakis, G.I., 2006, Study of Emulsions Stabilized with Phaseolus vulgaris of Phaseolus coccineus with the Addition of Arabic gum, locust bean gum and xanthan gum, Food Hydrocolloids, 20: 1141–1152.

Omotosho, J., Whateley, T., Law, T. and Florence, A., 1986, The Nature of the Oil Phase and the Release of Solutes from Multiple (W/O/W) emulsions, Journal of Pharmacy and Pharmacology, 38: 865–870.

Shahidi, F. and Han, X.Q., 1993, Encapsulation of Food Ingredients, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 33: 501–547.

Surh, J., Decker, E.A. and McClements, D.J., 2006, Properties and Stability of oil-in-water Emulsions Stabilized by Fish Gelatin, Food Hydrocolloids, 20: 596–606.

Verbeken, D., Dierckx, S. and Dewettinck, K., 2003, Exudate gums: Occurrence, Production, and Applications, Applied Microbiology and Biotechnology, 63: 10–21.

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางฟ้าภูฏาน *Pleurotus eous* อบแห้ง

Nutritive Values of Dried Bhutan Oyster Mushroom (*Pleurotus eous*)

สุพัตรา เปี่ยมวารี[1] สรวิศ แจ่มจำรูญ วันทนา สะสมทรัพย์ ธนภักษ์ อินยอด และ สุริวิภา สังขาร

Piamvaree, S.[1], Jamjumroon, S., Sasomsaup, V., Inyod, T. and Sungkarn, S.

Abstract

The nutritive values of dried Bhutan Oyster Mushroom (*Pleurotus eous*) of cultivated from Bangkok, Chon Buri, Chiang Mai, Nakhon Pathom, Nakhon Ratchasima, Pathum Thani, Mukdahan, Maha Sarakham, and Ang Thong were evaluated base on their nutrient compositions including moisture, protein, fat, carbohydrate, fiber, ash, macro element and micro element. The results of chemical analysis revealed that Bhutan Oyster Mushroom contained moisture content about 3.57%, energy value in this mushroom was about 351.33 cal. units, crude protein, fat, carbohydrate, fiber and ash content were about 30.18, 1.59, 54.09, 3.56 and 10.58 g/100 g of dried samples, respectively. Moreover, it contains the content of the mineral contents were: macronutrients such as P, K, Ca, Mg and Na about 0.86, 4.88, 11.14, 0.37 และ 0.19 mg/kg dry wt. respectively; micronutrients such as Fe, Zn, Cu, Mn, Pb Cd and As 0.009, 0.006, 0.004, ND, ND, ND and ND mg/kg dry wt. respectively.

Keywords: nutritive values, Bhutan Oyster Mushroom, *Pleurotus eous*, nutrient

บทคัดย่อ

เห็ดนางฟ้าภูฏาน (*Pleurotus eous*) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง จากจังหวัด กรุงเทพฯ ชลบุรี เชียงใหม่ นครปฐม นครราชสีมา ปทุมธานี มุกดาหาร มหาสารคาม และอ่างทอง ได้ถูกนำมาอบแห้งและวิเคราะห์คุณค่าอาหาร ได้แก่ ความชื้น พลังงาน ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย เถ้า และแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย แร่ธาตุอาหารหลัก (macro element) และแร่ธาตุอาหารรอง (micro element) จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า เห็ดนางฟ้าภูฏาน มีความชื้นเป็นองค์ประกอบ 3.57% พลังงาน 351.33 แคลลอรี มีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า เท่ากับ 30.18, 1.59, 54.09, 3.56 และ 10.58 กรัมต่อ 100 กรัมของเห็ดแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม เท่ากับ 0.86, 4.88, 11.14, 0.37 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเห็ดแห้ง และแร่ธาตุอาหารรอง ได้แก่ เหล็ก สังกะสี และคอปเปอร์ เท่ากับ 0.009, 0.006 และ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเห็ดแห้ง ส่วนแมงกานีส ตะกั่ว แคดเมียม และสารหนูตรวจไม่พบ

คำสำคัญ: คุณค่าอาหาร เห็ดนางฟ้าภูฏาน *Pleurotus eous* สารอาหาร

[1] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[1] Thailand Institute of Scientific and Technological Research 35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang, Changwat Pathum Thani 12120 Thailand

คำนำ

เห็ดนางฟ้าภูฏาน (*Pleurotus eous*) เป็นเห็ดวงศ์เดียวกับเห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดนางรม การออกดอกเห็ดเร็ว ระยะช่วงห่างของการออกดอกสั้น (ปัญญา, 2537) เป็นเห็ดที่มีรสชาติดี มีกลิ่นหอม รสหวาน และมีความกรอบ สามารถเพาะได้ตลอดทั้งปี จากการวิเคราะห์ของกรมอนามัย (2521) พบว่า โปรตีนในเห็ดสดมีอยู่ประมาณ 3-4 % ของน้ำหนักสด แต่ถ้าคำนวณจากเห็ดแห้ง มีโปรตีนสูงถึง 20-30 % ไขมันในเห็ดมีปริมาณต่ำเพียง 1-8 % ของน้ำหนัก จากการสำรวจปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในเห็ด พบว่าแร่ธาตุที่มีปริมาณมากที่สุด คือ โพแทสเซียม ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการเต้นของหัวใจ สมดุลของน้ำในร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาทต่างๆ ลดการเกิดโรคความดันโลหิตสูง อัมพฤกษ์ และอัมพาต รองลงมาคือ ฟอสฟอรัส โซเดียม และแมกนีเซียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จัดอยู่ในกลุ่มของแร่ธาตุหลัก (macro element) และยังพบแร่ธาตุอาหารรอง (micro element) ได้แก่ ทองแดง สังกะสี เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม และแคดเมียม (Crisan และ Sands, 1978)

โดยสรุปเห็ดมีคุณค่าทางอาหารสูง มีโปรตีนสูง ไขมันต่ำ มีสารเยื่อใยช่วยในการขับถ่ายการดูดซึม ทำให้ลดปริมาณคอเลสเตอรอล ทำให้ไม่เป็นโรคอ้วน โรคเกี่ยวกับความดันโลหิต โรคหลอดเลือด โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง (ประสาน, 2549) ดังนั้นการรับประทานเห็ด ร่างกายจะได้รับสารอาหารที่มีประโยชน์มาก (สุนันท์, 2526) อย่างไรก็ดีข้อมูลที่แสดงถึงคุณค่าทางอาหารของเห็ดกินได้ชนิดต่างๆ ในประเทศไทยที่มีอยู่ยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจและมีวัตุประสงค์เบื้องต้นเพื่อศึกษาส่วนประกอบทางเคมีต่างๆ ทางอาหารในเห็ด เพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของเห็ด รวมถึงงานวิจัยทางด้านอาหารสุขภาพ หรือการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยาตามความต้องการหรือเป็นที่ยอมรับได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

นำเห็ดนางฟ้าภูฏานที่ได้จากแหล่งเพาะเห็ด ในเขตจังหวัด กรุงเทพฯ ชลบุรี เชียงใหม่ นครปฐม นครราชสีมา ปทุมธานี มุกดาหาร มหาสารคาม และอ่างทอง จำนวน 15 ตัวอย่าง มาล้างทำความสะอาด นำไปเข้าตู้อบลมร้อน (TISTR) โดยใช้อุณหภูมิ 70 ^{o}C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วปรับอุณหภูมิลงที่ 60 ^{o}C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ทางอาหารในเห็ดนางฟ้าภูฏาน

วัดความชื้นโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้นรุ่น MLB50-3, วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Kjeldahl (1883), วิเคราะห์หาปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction (AOAC, 1995), วิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีการของ Hedge และ Hofreiter (1962) บันทึกผลและหาค่าพลังงานอาหาร (แคลอรี) หาปริมาณเยื่อใย (crude fiber) ตามวิธีของ Van Soest และคณะ (1991) และเถ้า (ash) ตามวิธี AOAC (1990)

การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ

การวิเคราะห์แร่ธาตุ ทำโดยวิธี Atomic Absorption โดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ตามวิธีของ Willard และคณะ (2001) และหาปริมาณ total phosphorus โดยวิธี Phosphorus-Vanodomolybdate Method (Westerman, 1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณความชื้น สารอาหาร เยื่อใย และเถ้า

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ปริมาณน้ำ) ในเห็ดนางฟ้าภูฏานแห้ง พบว่า เห็ดนางฟ้าภูฏานมีความชื้นเป็นองค์ประกอบประมาณ 3.57% พลังงาน 351.33 แคลลอรี และจากการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารของตัวอย่างเห็ดนางฟ้าภูฏานแห้ง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต พบว่า เห็ดนางฟ้าภูฏาน มีปริมาณโปรตีน 30.18 ไขมัน 1.59 คาร์โบไฮเดรต 54.09 เยื่อใย 3.56 และ เถ้า 10.58 กรัมต่อ 100 กรัมของเห็ดแห้ง (Table 1) ซึ่งพบว่าเห็ดนางฟ้าภูฏาน มีปริมาณของโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณที่สูง ในขณะที่ปริมาณไขมันพบในปริมาณที่ต่ำ คือ 1.59 กรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณกากอาหารหรือเส้นใย (crude fiber) พบประมาณ 3.56 กรัมต่อ 100 กรัมของเห็ดแห้ง ซึ่งโดยปกติในเห็ดทั่วไป จะพบประมาณ 1% (สุนันท์, 2526)

Table 1 Nutritive values of Bhutan Oyster Mushroom (*Pleurotus eous*)(g/100 g dwb.)

Sample	Moisture (%)	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude fiber	Ash	Energy value (cal)
Bhutan Oyster Mushroom	3.57±0.16	30.18±0.02	1.59±0.19	54.09±0.45	3.56±0.57	10.58±0.65	351.33±2.99

ปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ โดยวิธี Atomic Absorption ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer พบว่า เห็ดนางฟ้าภูฏาน มีปริมาณโปแตสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) และคอปเปอร์ (Cu) เท่ากับ 4.88, 11.14, 0.37, 0.19, 0.009, 0.006 และ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเห็ดแห้ง ตามลำดับ ส่วนแมงกานีส (Mn) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) และสารหนู (As) มีปริมาณต่ำกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเห็ดแห้ง นอกจากนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณของฟอสฟอรัส (P) โดยวิธี Phosphorus-Vanodomolybdate Method พบว่าในเห็ดนางฟ้าภูฏาน มีปริมาณฟอสฟอรัส 0.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเห็ดแห้ง ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งพบแร่ธาตุที่มีปริมาณมากที่สุด คือ แคลเซียม (11.14 มิลลิกรัม) รองลงมาคือ โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโซเดียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จัดอยู่ในกลุ่มของแร่ธาตุหลัก (macronutrients) และยังพบแร่ธาตุอาหารรอง (micronutrients) ได้แก่ เหล็ก สังกะสี และทองแดง เช่นเดียวกับการรายงานของ Crisan และ Sands (1978) นอกจากนี้ เมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณ แมงกานีส ตะกั่ว แคดเมียม และสารหนู ตรวจไม่พบ (ต่ำกว่า 0.001 มิลลิกรัม)

Table 2 Macronutrients and micronutrients values of Bhutan Oyster Mushroom (*Pleurotus eous*)

Sample	Macronutrients (mg/kg dry wt)					Micronutrients (mg/kg dry wt)						
	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	AS
Bhutan Oyster Mushroom	0.86±0.001	4.88±0.003	11.14±0.01	0.37±0.001	0.19±0.001	0.009±0.01	0.006±0.01	0.004±0.002	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = NOT DETERMINED (< 0.001 mg)

สรุปผล

การศึกษาคุณค่าอาหาร รวมถึงแร่ธาตุต่างๆ ในเห็ดนางฟ้าภูฏานในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพฯ กาญจนบุรี จันทบุรี ชลบุรี ชัยนาท เชียงใหม่ นครปฐม ปทุมธานี สมุทรปราการ สระบุรี และหนองบัวลำภู พบว่าเห็ดชนิดนี้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์หลายชนิด รวมถึงแร่ธาตุซึ่งมีบทบาทในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ดังนั้นข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการที่ได้รับจากเห็ดนางฟ้าภูฏาน อันจะนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการประเมินคุณค่าทางโภชนาการทางร่างกายควรได้รับต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย กองโภชนาการ, 2521, ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม.

ประสาน ยิ้มอ่อน, 2549, การเพาะเห็ด, ปทุมธานี: คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์.

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ และกิตติพงษ์ ศิริวานิชกุล, 2537, เทคโนโลยีการเพาะเห็ด, สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ, 421 หน้า.

สุนันท์ พงษ์สามารถ, 2526, การสำรวจคุณค่าอาหารของเห็ด, รายงานการวิจัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, หน้า 8-14.

อัจฉรา พยัพพานนท์, 2549, ซีลีเนียม ในเห็ดป้องกันมะเร็งต่อมลูกหมาก ข่าวสารเพื่อเพาะผู้เห็ด, 11(3): 1-6.

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

AOAC,1995, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (16^{th} ed.), Washington, DC: AOAC.

Crisan, E.V. and Sands, A., 1978, Nutritional value. In: S.T. Chang, W.A. Hayes (eds), The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms, New York Academic Press, p. 137-168.

Hedge, J.E. and Hofreiter, B.T., 1962, In : Carbohydrate Chemistry, 17 (Eds. Whistler R.L. and Be Miller, J.N.), Academic Press, New York.

Kjeldahl, J., 1883, Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen. Körpern, Z. Anal. Chem., 22: 366-382.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991, Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non-starch polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, J. Dairy Sci., 74: 3583–3597.

Westerman, R.L., 1990, Soil Testing and Plant Analysis, 3rd edn. Madison, WI: Soil Science Society of America.

Willard, H.H., Merrill, L.L. and Dean, J.A., 2001, Laboratory Work Instrumental Methods of Analysis, New York, p. 105-106.

การใช้ไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษามะนาว ภายหลังการเก็บเกี่ยวในสภาวะที่แตกต่างกัน

Use of Chitosan to Prolong Postharvest Storage of Lime under Different-Conditions

พรจันทร์ จงศรี[1] **ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี**[1] **และ กนกวรรณ เสรีภาพ**[1]

Jongsri, P.[1], Wangsomboondee, T.[1] and Seraypheap, K.[1]

Abstract

Chitosan is a non-poisonous biopolymer which is safe for the environment. Chitosan is known to have the potential to prolong the storage life and control the decay of fruit and vegetable. In this study, we investigated an appropriate concentration of chitosan to prolong postharvest storage of lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). Limes were dipped in chitosan (80%DD) at concentrations of 5, 10 and 15 ppm, then stored at 25°C and 10°C for 4 and 6 weeks, respectively. The results showed that at 25°C fruits treated with 10 ppm chitosan solution exhibited reduced fungal decay. Fruit treated with 5 ppm chitosan stored at 10°C resulted in delay weight loss and change in peel color. Chitosan also showed antifungal activity against fungi and reduced pathogen growth. Since attack by pathogens is also a major factor causing discoloration of the fruit, therefore chitosan can be used for prolonging the storage life and preventing loss of the products after postharvest.

Keywords: chitosan, lime, postharvest storage

บทคัดย่อ

ไคโตซานคือไบโอพอลิเมอร์ที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ไคโตซานสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเสื่อมของผักและผลไม้ได้ ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาว (*Citrus aurantifolia* Swingle) ภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยการจุ่มผลมะนาวลงในสารละลายไคโตซาน (80%DD) ความเข้มข้น 5 10 และ 15 ppm จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 6 สัปดาห์ ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไคโตซานความเข้มข้น 10 ppm เป็นความเข้มข้นที่ดีที่สุดในการลดความเสียหายจากโรค และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักน้ำหนักสดและการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้ นอกจากนี้ไคโตซานยังมีความสามารถในการต้านการเกิดโรคเนื่องจากเชื้อราและควบคุมการเจริญของเชื้อได้อีกด้วย ซึ่งการเข้าทำลายโดยเชื้อถือเป็นปัจจัยหลักในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือก ดังนั้นไคโตซานสามารถนำมาใช้เพื่อยืดอายุในการเก็บรักษาและชะลอการเสื่อมของผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยวได้

คำสำคัญ: ไคโตซาน มะนาว การเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว

คำนำ

มะนาว (*Citrus aurantifolia* Swingle) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยมาตั้งแต่อดีต ในช่วงประมาณ เดือนมีนาคม-เมษายนของทุกปีซึ่งเป็นช่วงแล้ง ผลผลิตของมะนาวที่เข้าสู่ตลาดมีปริมาณน้อย ส่งผลให้ราคามะนาวที่เกษตรกรจำหน่ายได้มีราคาสูงมากขึ้นหลายสิบเท่าตัว (สำนักงานการค้าภายในจังหวัดสมุทรสาคร, 2552) นอกจากนี้ยังมีปัญหาภาย หลังการเก็บเกี่ยวอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนสีของเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอย่างรวดเร็ว และการสูญเสียน้ำทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งปัจจัยดังกล่าวทำให้เกษตรกรขายผลผลิตได้ราคาไม่ดีเท่าที่ควร นักวิจัยจึงพยายามศึกษาค้นคว้าและทำการทดลองหาวิธีต่างๆ เพื่อยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะนาว ซึ่งการใช้ไคโตซานก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ มีรายงานการใช้สารละลายไคโตซาน ซึ่งเป็นไบโอพอลิเมอร์ที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ทั้งผลและผลไม้สดหั่นชิ้นได้ เนื่องจากมีสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ ช่วยอุ้มน้ำ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Young และคณะ, 1982; Devlieghere และคณะ, 2004) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้ไคโตซานความเข้มข้นที่เหมาะสม ในการยืดอายุการเก็บรักษามะนาวและคงคุณภาพ

[1] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพ 10330

[1] Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok, Thailand 10330

ภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อประโยชน์ในการเก็บรักษามะนาว รวมทั้งช่วยลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวและรักษาคุณภาพของผลผลิตเอาไว้ ตลอดจนสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้าในการเก็บรักษาผลผลิตชนิดอื่นภายหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกผลมะนาวแป้นพันธุ์รำไพที่ไม่เป็นโรค ปลอดเชื้อ ไม่มีบาดแผล ผลสีเขียวสม่ำเสมอ ขนาดผลเท่ากันล้างทำความสะอาด แล้วจุ่มลงในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 5, 10 และ 15 ppm เป็นเวลา 5 นาที โดยมีมะนาวที่จุ่มน้ำกลั่นเป็นชุดการทดลองควบคุม จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80-85 เป็นเวลา 4 และ 6 สัปดาห์ ตามลำดับ บันทึกผลการทดลองทุกสัปดาห์ โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะนาว (เครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น cR-10) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด และการเกิดโรคโดยการให้คะแนน ดังนี้ เกิดโรคน้อยกว่า 5% = 1 คะแนน 5-30% = 2 คะแนน 31-60% = 3 คะแนน 61-90% = 4 คะแนน และ 90% ขึ้นไป = 5 คะแนน (Smilanick และคณะ, 2006)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเก็บรักษาผลมะนาวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าที่ไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด ในขณะที่ไคโตซานความเข้มข้น 15 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองควบคุมที่จุ่มในน้ำกลั่น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (Figure 1)

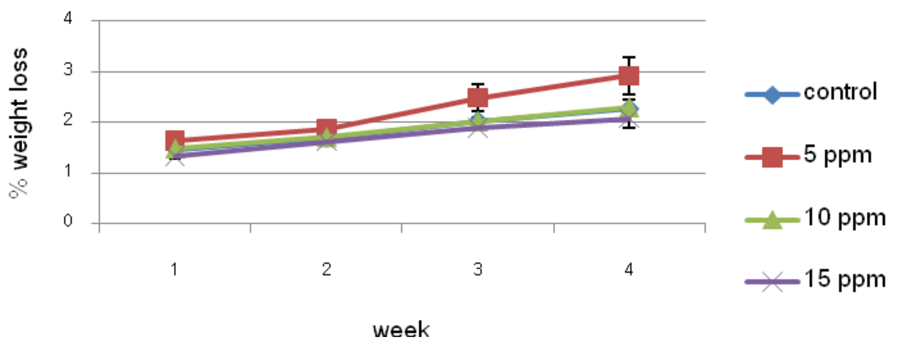


Figure 1 Percentage of weight loss of lime after treated with chitosan and then stored at 25ºC for 4 weeks.

นอกจากนี้ ยังพบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยพบว่ามีจำนวนผลเน่าเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา (Figure 2) ชุดทดลองที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm มีเปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลที่มีการเน่ามากที่สุดในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ ไคโตซานความเข้มข้น 10 ppm มีเปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลที่มีการเน่าน้อยที่สุด ดังนั้น คาดว่าไคโตซานความเข้มข้นที่เป็นความเข้มข้นที่ต่ำเกินไป ไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดของผลมะนาวได้ ส่วนไคโตซานความเข้มข้น 10 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมกว่าความเข้มข้น 5 และ 15 ppm ในการลดการสูญเสียน้ำหนักสดและลดการเกิดโรคของผลมะนาว

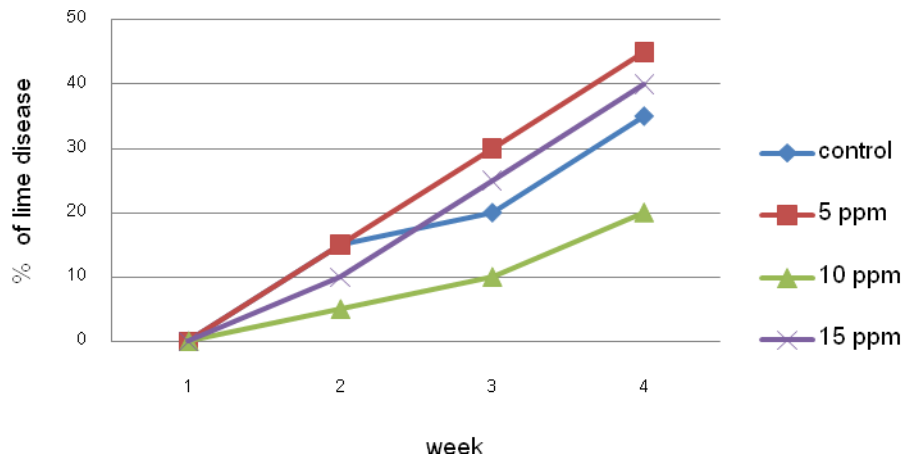


Figure 2 Percentage of lime disease after treated with chitosan and then stored at 25ºC for 4 weeks.

ส่วนการเก็บรักษามะนาวที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ของการเก็บรักษา (Figure 3) โดยการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด จนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ไคโตซานความเข้มข้น 10 และ 15 ppm รวมทั้งในชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ไม่พบการเกิดโรคในการเก็บรักษามะนาวที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในทุกชุดการทดลอง และไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงของสีของเปลือกมะนาวในทุกชุดการทดลอง

มีงานวิจัย พบว่า การเคลือบผิวสตรอเบอร์รี่ด้วยไคโตซานร้อยละ 1.0 และ 1.5 สามารถควบคุมเชื้อราภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Ghaouth และคณะ, 1991) และการให้ไคโตซานแก่ส้มสายพันธุ์ Murcott tangor โดยการจุ่มผลส้มลงในไคโตซานชนิดมวลโมเลกุลต่ำ (น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 15.1 ±0.2 kDa) ความเข้มข้น 0.1% สามารถยับยั้งการเน่าเสียของผลส้มได้และได้ผลดีกว่าผลส้มที่จุ่มลงในไคโตซานชนิดมวลโมเลกุลสูง (น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 357±39 kDa) นอกจากนี้ยังช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ วิตามินซี และปริมาณน้ำในผลส้มได้อีกด้วย (Chien และคณะ, 2007) จากการศึกษาในหลอดทดลอง ไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อหลายชนิดที่ก่อโรคในผักและผลไม้ได้ (Allan และ Hadwiger, 1979) นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ไคติเนสและ β-1,3-glucanase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สามารถทำลายผนังเซลล์ของเชื้อราในผลส้ม ผลสตรอเบอรี่ และผลราสเบอรี่ได้อีกด้วย (Fajardo และคณะ,1998; Zhang และ Quantick, 1998) สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของเปลือกมะนาวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง อย่างไรก็ตาม การใช้ไคโตซานในผลมะนาว เป็นการใช้ไคโตซานที่มีความเข้มข้นต่ำมาก ซึ่งอาจมีกลไกในการชะลอการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรคที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ใช้ไคโตซานในการเคลือบผลไม้อื่นๆ

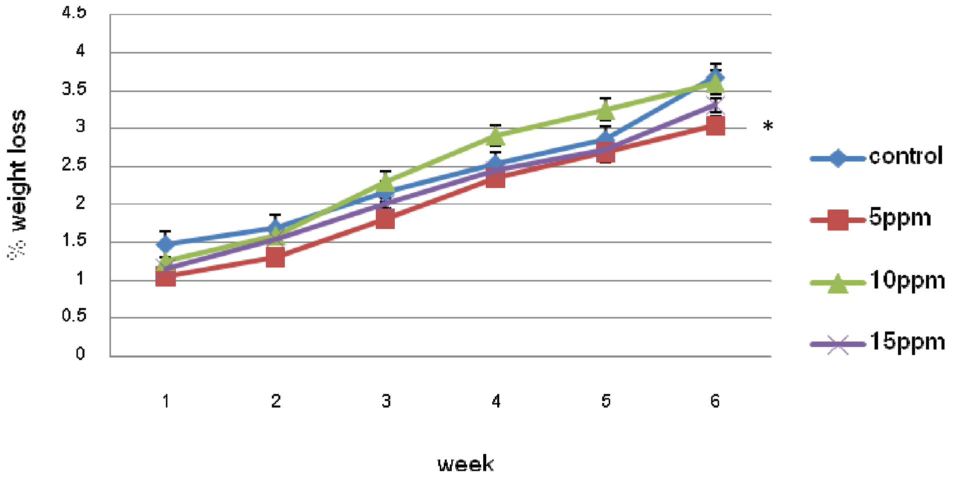


Figure 3 Percentage of weight loss of lime after treated with chitosan and then stored at 10ºC for 6 weeks.

* The star showed significant difference between treatments (in column) when compared by DMRT at P≤0.05

สรุปผล

ความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวหลังการเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส คือ 5 ppm โดยสามารถช่วยลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดได้ และความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คือ 10 ppm โดยสามารถช่วยลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด และทำให้เกิดโรคน้อยที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 ภายใต้แผนงานวิจัยอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CEB_M74_2011)

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานการค้าภายในจังหวัดสมุทรสาคร, 2552, รายงานราคามะนาวเฉลี่ยประจำปี 2552, กรมการค้าภายใน, สมุทรสาคร, [สืบค้น], http://www.dit.go.th/samutsakhon/contentdet.asp [8 กันยายน 2552]

Allan, C.R. and Hadwiger, L.A., 1979, The Fungicidal Effect of Chitosan on Fungi of Varying Cell Wall Composition, Experimental Mycology, 3: 285–287.

Chien, P.J., Sheu, F. and Lin, H.R., 2007, Coating Citrus (*Murcott tangor*) Fruit with Low Molecular Weight Chitosan Increases Postharvest Quality and Shelf Life, Food Chemistry, 100: 1160–1164.

Devlieghere, F., Vermeulen, A. and Debevere, J., 2004, Chitosan: Antimicrobial Activity, Interactions with Food Components and Applicability as a Coating on Fruit and Vegetables, Food Microbiology, 21: 703–714.

Fajardo, J.E., Macollum, T.G., Mcdonald, R.E. and Mayer, R.T.,1998, Differntial Induction of Proteins in Orange Flavedo by Biologically Based Elicitors and Challenged by *Penicillium digitatum* Sacc, Biological Control, 13: 143-151.

Ghaouth, A.E., Arul, J. and Asselin, A., 1991, Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries, Journal of Food Science, 53: 1618-1620.

Smilanick, J.L., Mansour, M.F., Mlikota, G.F. and Goodwine, W.R., 2006, The Effectiveness of Pyrimethanil to Inhibit Germination of *Penicillium digitatum* and to Control Citrus Green Mold after Harvest, Postharvest Biology and Technology, 42(1): 75-85.

Young, D.H., Kohle, H. and Kauss, H., 1982, Effect of Chitosan on Membrane Permeability of Suspension Cultured *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris* Cells, Plant Physiology, 70: 1449-1454.

Zhang, D.L. and Quantick, P.C., 1997, Effects of Chitosan Coating on Enzymatic Browning and decay During Postharvest Storage of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruit, Postharvest Biology and Technology, 12: 195–202.

ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของมะนาว

Effects of Hot Water Treatment on Postharvest Quality and Shelf Life of Lime

มัลลิกา บุญฤทธิ์[1] ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี[1] และ กนกวรรณ เสรีภาพ[1]
Boonrith, M.[1], Wangsomboondee, T.[1] and Seraypheap, K.[1]

Abstract

Hot water treatment is an effective method for prolonging shelf life of agricultural products. This method affects some physiological changes of the products and can also control diseases. In this experiment; hot water dipping of lime at 40, 45, 50 and 55 ºC for 2 and 5 min and storate at 10 and 25 ºC for 6 and 4 weeks, respectively, was conducted. The results showed that limes treated by dipping in hot water at 40 ºC for 5 min was the best temperature and duration for prolonging shelf life of limes in both 10 and 25 ºC storage temperatures. This condition could delay change of color of peel, decrease weight loss and diseases incidence compared with fruits dipped with distilled water at room temperature (control treatment) whereas treated fruits with too high temperatures resulted in fruit damage. Therefore, hot water dipping treatment with a suitable temperature and time is a safe method to prolong shelf life of lime without any chemical usage.

Keywords: lime, hot water treatment, postharvest quality

บทคัดย่อ

การจุ่มน้ำร้อนเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งวิธีการนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการ รวมถึงสามารถควบคุมการเกิดโรคได้ ในการทดลองนี้ทำการจุ่มมะนาวในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55ºC เป็นเวลา 2 และ 5 นาที จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 25ºC นาน 6 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การจุ่มมะนาวน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 ºC เป็นเวลา 5 นาที เป็นอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 ºC ซึ่งวิธีนี้สามารถชะลอการเปลี่ยนสีของเปลือก ลดการสูญเสียน้ำหนักสดและการเกิดโรคได้ดีกว่าผลมะนาวที่ไม่จุ่มน้ำร้อน (ชุดควบคุม) ในขณะที่การใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไป จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตได้ ดังนั้นการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมจึงเป็นอีกวิธีที่ปลอดภัยจากสารเคมีในการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวมะนาว

คำสำคัญ: มะนาว การจุ่มน้ำร้อน ยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว

คำนำ

มะนาว (*Citrus aurantifolia* Swingle) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่ตลาดมีความต้องการสูงตลอดทั้งปี เนื่องจากในปัจจุบันอัตราการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีการนำน้ำมะนาวมาใช้เป็นวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้น มีการส่งมะนาวสดออกจำหน่ายยังต่างประเทศ ซึ่งตลาดส่วนใหญ่เป็นตลาดของประเทศใกล้เคียง เช่น ฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์ และไต้หวัน และตลาดแถบประเทศในกลุ่มยุโรปบ้างเล็กน้อย คาดว่าในอนาคตตลาดต่างประเทศจะมีความต้องการมะนาวสูงขึ้น และเนื่องจากมะนาวเป็นสินค้าเกษตรที่มากเฉพาะฤดูกาล ทำให้ในช่วงฤดูแล้งคือประมาณเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนของทุกปี มะนาวจะมีราคาสูงกว่าปกติมาก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงดังกล่าวจะมีผลผลิตมะนาวออกสู่ตลาดน้อย จึงทำให้มะนาวมีราคาแพงขึ้น (ศุภกิจ, 2540)

การใช้ heat treatment ก่อนการเก็บรักษาสามารถช่วยชะลอการเสื่อมและยืดอายุการเก็บรักษาในผลไม้หลายชนิด โดยอุณหภูมิและเวลาที่ใช้นั้นแตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ การจุ่มเลมอนในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 53ºC นาน 3 นาที และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13ºC เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำให้เกิดการเน่าของผลเพียง 15% (Rodov และคณะ ,1994) นอกจากนี้การใช้ heat treatment มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการ เช่น เมื่อนำ Satsuma mandarins

[1] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
[1] Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Rd., Wangmai, Patumwon, Bangkok, Thailand, 10330

มาจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 52°C นาน 2 นาที อุณหภูมิ 55°C นาน 1 นาที และอุณหภูมิ 60°C นาน 20 วินาที แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5°C 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นย้ายไปเก็บที่ 18°C อีก 1 สัปดาห์ พบการเน่าเสียของผล Satsuma mandarins ลดลงมากกว่าในผลที่ไม่ได้ผ่านการจุ่มน้ำร้อน (Hong และคณะ, 2007) โดยในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาหาอุณหภูมิและระยะเวลาในการจุ่มมะนาวในน้ำร้อนที่เหมาะสมก่อนการเก็บรักษาเพื่อเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยและปรับปรุงคุณภาพของมะนาวเพื่อการจำหน่ายและส่งออกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกผลมะนาวที่เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรี โดยคัดเลือกผลที่มีสีเขียวสม่ำเสมอ ขนาดใกล้เคียงกันและไม่มีตำหนิหรือบาดแผล วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ผล นำผลมะนาวมาจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 45 50 และ 55 °C นาน 2 และ 5 นาที เปรียบเทียบกับมะนาวที่จุ่มในน้ำกลั่นอุณหภูมิห้องนาน 2 และ 5 นาที (ชุดควบคุม) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกผลการทดลองทุกๆ 7 วัน โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะนาวโดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta model CR-10) รายงานผลเป็นค่า L และค่า Hue บันทึกการสูญเสียน้ำหนัก ร่วมกับการเกิดโรคจนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา

ผลการทดลอง

มะนาวมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวของเปลือก ซึ่งพิจารณาจากค่าความสว่าง (L* Value) และค่าโทนสี (hue angle) ในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C จะเริ่มมีการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลอง และเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 6 ค่าความสว่างของมะนาวที่จุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 5 นาที มีค่าต่ำกว่าผลมะนาวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1D) แต่มะนาวที่จุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 °C เวลา 5 นาที ทำให้ผลบางผลมีลักษณะเป็นสีเขียวคล้ำ แสดงความเสียหายที่เกิดจากความร้อน และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ มะนาวเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำหรือน้ำตาล (Figure 1I) และเกิดการเหี่ยวมากกว่าอุณหภูมิอื่นๆ ส่วนมะนาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ค่าความสว่างและค่าการเปลี่ยนสีของมะนาวในชุดทดลองไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม

การเก็บมะนาวเป็นระยะเวลานานมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดของผล วิธีการจุ่มมะนาวในน้ำร้อนก่อนการเก็บรักษามีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนักสดของผลลดลง โดยมะนาวที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°C นาน 5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด (3.23%) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดควบคุมที่จุ่มน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที (4.00%) ส่วนมะนาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในชุดการทดลองที่จุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°C นาน 2 และ 5 นาที และที่อุณหภูมิ 55°C นาน 2 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดควบคุมที่จุ่มน้ำกลั่นอุณหภูมิห้อง นาน 2 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2)

การเก็บรักษามะนาวที่อุณหภูมิต่ำ มีผลต่อการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าในชุดการทดลองทั้งที่มีการจุ่มมะนาวในน้ำร้อนและจุ่มมะนาวในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ไม่พบการเกิดโรคที่ผลมะนาว (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C พบการเน่าของมะนาวตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 และมีการเน่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมะนาวที่จุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45°C นาน 5 นาที มีจำนวนผลเน่ามากที่สุด และมะนาวที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50°C นาน 5 นาที ไม่พบการเน่าของผลเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่ 4 สัปดาห์ (Figure 3)

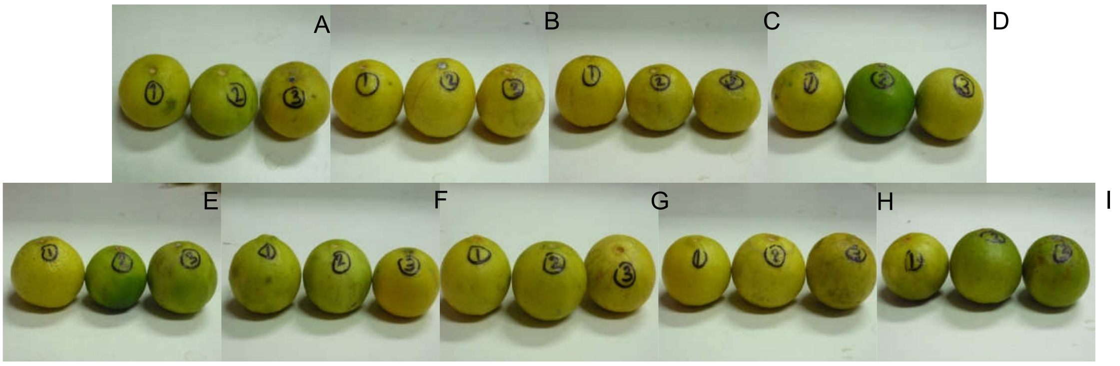


Figure 1 Limes stored at 10ºC for 6 weeks (A), control 2 Min. (B), control 5 Min. (C), 40ºC 2 Min. (D), 40ºC 5 Min. (E), 45ºC 2 Min. (F), 45ºC 5 Min. (G), 50ºC 2 Min. (H), 50ºC 5 Min.(I), 55ºC 2 Min.

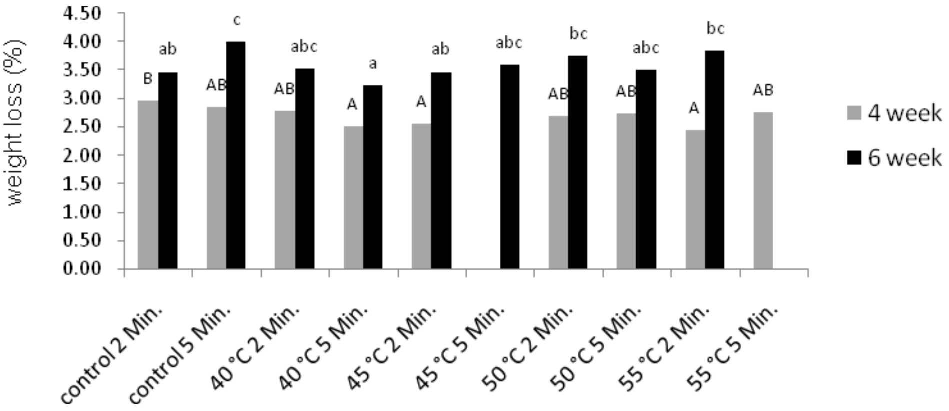


Figure 2 Percentage of weight loss of limes stored at 10 and 25ºC for 6 and 4 weeks, respectively

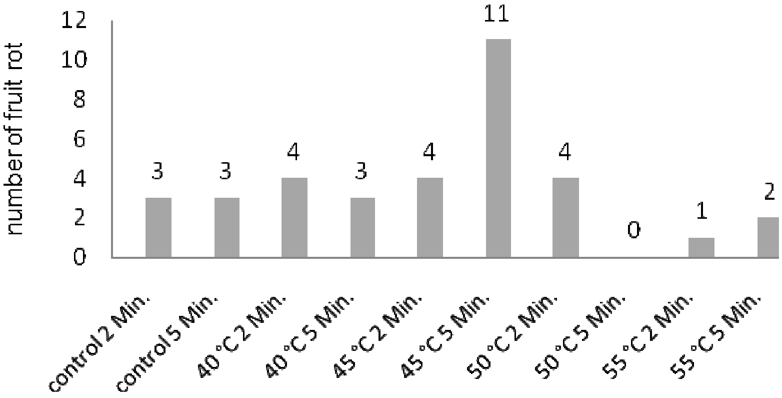


Figure 3 Rotting of limes after incubation at 25ºC for 4 weeks.

วิจารณ์ผล

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาที่ปรากฏภายนอกของผลมะนาว ได้แก่ สีผิว และการเกิดโรค นับว่าเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สามารถใช้ในการพิจารณาอายุการเก็บรักษาของมะนาวได้ จากการทดลองพบว่ามะนาวมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น รวมทั้งการแสดงอาการการเกิดโรคที่มีความรุนแรงมากขึ้นจนทำให้มะนาวสูญเสียสภาพไป โดยการแสดงออกดังกล่าวเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพ โดยปกติในผักและผลไม้มักจะมีคาโรทีน ซึ่งให้สีเหลืองเป็นองค์ประกอบ แต่ปกติจะถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ เมื่อผลเข้าสู่ระยะแก่จัดคลอโรฟิลล์จะสลายตัวไป สีของคาโรทีนจึงปรากฏให้เห็น (จริงแท้, 2538)

มะนาวที่ได้รับการจุ่มน้ำร้อนด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมจะสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวได้ภายหลังการเก็บรักษาได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dong และคณะ (2004) ซึ่งพบว่า บล็อกโคลี่ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่

อุณหภูมิ 45°C นาน 4 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ นอกจากนี้การยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสีผิวระหว่างการได้รับความร้อนเกิดจากการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ chlorophyll oxidase ทำให้สามารถรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกไว้ได้ (อ้างถึงใน Lurie, 1998)

นอกจากนี้การจุ่มน้ำร้อนก่อนการเก็บรักษายังสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาของผลมะนาวที่อุณหภูมิ 10 และ 25°C ได้ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ในผลไม้ตระกูลส้มบางชนิด เมื่อได้รับการจุ่มด้วยน้ำร้อนในอุณหภูมิที่พอเหมาะและระยะเวลาที่เหมาะสม จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดลดลง โดยสามารถรักษาการทำงานของเซลล์เมมเบรน หรือคงคุณสมบัติของคิวติเคิลที่ผิวของผลไม้ได้ (Rodov และคณะ, 1994) อย่างไรก็ตามการสูญเสียน้ำที่เพิ่มมากขึ้นอาจเกี่ยวข้องกับการสลายตัวของเซลล์ การสูญเสียความสมบูรณ์ของเซลล์เมมเบรน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการคายน้ำบริเวณเปลือกของผลไม้ (Schirra และ D'Hallewin, 1997)

สำหรับการเกิดโรคในระหว่างการเก็บรักษาผลมะนาว พบว่ามะนาวที่ได้รับการจุ่มน้ำร้อนจะมีอัตราการเกิดโรคที่ทำให้มะนาวสูญเสียสภาพน้อยกว่า (Figure 3) เพราะความร้อนสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์รา โดยการนำเลมอนมาจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 53°C นาน 3 นาที พบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13°C เป็นเวลา 6 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเน่าของผลเกิดขึ้นเพียง 15% ซึ่งจากผลการทดลองมะนาวที่จุ่มในน้ำร้อน และเก็บที่ 10°C ไม่พบการเกิดโรค ดังนั้นการจุ่มน้ำร้อนก่อนการเก็บรักษาร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเกิดโรคของผลมะนาวได้ดีที่สุด

สรุปผล

การจุ่มน้ำร้อนผลมะนาวที่อุณหภูมิ 40°C ระยะเวลา 5 นาที เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการยืดอายุมะนาวหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีที่สุดในการเก็บรักษาผลมะนาวที่อุณหภูมิ 10 และ 25°C โดยสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด และยังมีแนวโน้มที่สามารถชะลอการเปลี่ยนสีของผิวมะนาวได้สูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 ภายใต้แผนงานวิจัยอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CEB_M75_2011)

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2538, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม, น. 316-320.

ศุภกิจ แก้วถนอม, 2540, การปลูกมะนาว, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, อักษรสยามการพิมพ์.

Dong, H., Jiang, Y., Wang, Y., Liu, R. and Guan, H., 2004, Effects of Hot Water Treatment Immersion on Storage Quality of Fresh Broccoli Head, Food Technology and Biotechnology, 42(2): 135-139.

Hong, S.I., Lee, H.H. and Kim, D., 2007, Effects of Hot Water Treatment on the Storage Stability of Satsuma Mandarin as a Postharvest Decay Control, Postharvest Biology and Technology, 43: 271-279.

Lurie, S., 1998, Postharvest Heat Treatment, Postharvest Biology and Technology, 14: 257-269.

Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Albagli, R. and Fang, D.Q., 1994, Reducing Chilling Injury and Decay of Stored Citrus Fruit by Hot Water Dips, Postharvest Biology and Technology, 5: 119–127.

Schirra, M. and D'Hallewin, G., 1997, Storage Performance of 'Fortune' Mandarins Following Hot Water Dips, Postharvest Biology and Technology, 10: 229–238.

ผลของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเติบโตและอัตราผลผลิตของผักสลัด

Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Productivity of Lettuce

วรรณธิรา รณะบุตร[1] และ ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี[1]

Ranabuht, W.[1] and Wangsomboondee, T.[1]

Abstract

The present research aims to study the effect of different isolates of Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on growth and yield of lettuce (*Latuca sativa* L.) for using in organic farming system. AMF spores were obtained from lettuce commercial organic farm in Wang Nam Keaw district, Nakorn Rachasima provice. They could be identified by using morphological characteristics into 4 genus which were *Acaulospora* sp., *Gigaspora* sp., *Glomus* sp. and *Scutellospora* sp. Fifty spores of each isolates were tested for growth of 2 varieties of lettuce; green oak and red oak, compared with control, uninoculated treatment. Mature lettuces were collected and studied for leaf number, leaf fresh and dry weight and percentage of root infection. The result showed that *Scutellospora* sp. and *Glomus* sp. were the best isolates for promoting growth and yield of green oak and red oak, respectively, by significantly increasing leaf number and leaf fresh and dry weight compared with control treatment. These two isolates also showed highest root infection on lettuces. In conclusion, adding AMF into lettuce cultivation can stimulate growth and yield of the plants. We also found that different isolates of AMF showed different results of plant growth.

Keywords: Arbuscular mycorrhiza, lettuce, organic farming

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสายพันธุ์ต่างๆ ต่อการเติบโตและอัตราผลผลิตของผักสลัด (*Latuca sativa* L.) เพื่อใช้ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ สปอร์ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้มาจากแปลงปลูกผักสลัดในระบบเกษตรอินทรีย์ อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา เมื่อทำการจำแนกสายพันธุ์ของสปอร์ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถจำแนกได้เป็น 4 สกุล 7 สายพันธุ์ได้แก่ *Acaulospora* sp. *Gigaspora* sp. *Glomus* spp. และ *Scutellospora* sp.จากนั้นนำสปอร์แต่ละชนิด ชนิดละ 50 สปอร์ มาทดสอบเพื่อศึกษาการเติบโตของผักสลัด 2 สายพันธุ์ ได้แก่ กรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค เทียบกับชุดการทดลองควบคุม คือชุดการทดลองที่ไม่มีราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยประเมินผลจากจำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในราก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า *Scutellospora* sp. และ *Glomus* sp. ให้ผลการเติบโตและอัตราผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดโอ๊คมากที่สุดตามลำดับ โดยมีจำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในรากมากที่สุดด้วย ซึ่งสรุปได้ว่า การใช้ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับการปลูกผักสลัดสามารถกระตุ้นการเติบโตรวมถึงเพิ่มอัตราผลผลิตของผักสลัดได้ และราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างสายพันธุ์ก็ให้ผลในการกระตุ้นการเติบโตของพืชที่แตกต่างกันด้วย

คำสำคัญ: ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ผักสลัด เกษตรอินทรีย์

คำนำ

ผักสลัด (lettuce : *Lactuca sativa* L.) เป็นพืชที่นิยมบริโภคสดและเป็นส่วนประกอบของอาหาร เนื่องจากคุณค่าทางอาหารสูง และมีความต้องการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคตระหนักถึงความปลอดภัยของอาหารต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการส่งเสริมและพัฒนาการปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ (organic farming) เนื่องจากเป็นระบบการผลิตพืชที่หลีกเลี่ยงการใช้สารสังเคราะห์ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและฮอร์โมนต่างๆ

[1] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[1] Department of Botany, *Faculty of Science*, *Chulalongkorn* University, Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand 10330.

ตลอดจนไม่ใช้พืชที่เกิดจากการตัดต่อพันธุกรรม ผลผลิตที่ได้จึงปลอดภัยจากสารพิษ นอกจากนี้แนวโน้มความต้องการผลผลิตเกษตรอินทรีย์ทั้งในและต่างประเทศนั้นมีอัตราการขยายตัวถึงร้อยละ 20 ต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

การปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ พบราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Arbuscular mycorrhizal fungi ; AMF) ที่อยู่ร่วมกับรากพืช และมีความหลากหลายของชนิดราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากกว่าการปลูกพืชในระบบเกษตรธรรมดา (conventional farming) (Guillermo และคณะ, 2009) เนื่องจากเป็นการอยู่ร่วมกันแบบต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ (mutualistic symbiosis) โดยราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีบทบาทในการเพิ่มการเติบโตของพืช ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวราก ทำให้ระบบรากมีความแข็งแรง สามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารดีขึ้น โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังช่วยให้พืชมีความทนทานต่อสภาวะเครียด เช่น ความแล้งหรือความเค็ม รวมทั้งป้องกันโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อในดินอีกด้วย (โสภณ, 2550; Brundrett และคณะ, 1996) ดังนั้นการนำราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มาใช้ร่วมกับการปลูกผักสลัดอินทรีย์จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมต่อการเติบโตของผักสลัดเพื่อใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์ สำหรับเป็นแนวทางเลือกใหม่ในการสนับสนุนการพัฒนาระบบเกษตรอินทรีย์ รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกสปอร์ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยเก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบรากผักสลัดที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ และแยกสปอร์ของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยวิธี wet-sieving and decanting technique (Gerdemann และ Nicolson, 1963) ตามด้วย sucrose centrifugation (Daniels และ Skipper, 1979) จากนั้นจัดจำแนกชนิดสปอร์ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Brundett และคณะ,1996) และนำสปอร์เดี่ยวที่ได้ไปเพิ่มปริมาณโดยการปลูกเชื้อลงในข้าวฟ่าง เมื่อได้สปอร์จำนวนมากแล้ว ทดสอบชนิดของสปอร์ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมต่อการเติบโตของผักสลัด 2 สายพันธุ์ คือ กรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค ใช้ราทั้งหมดที่แยกได้ 7 สายพันธุ์ จาก 4 สกุล ในปริมาณ 50 สปอร์ ต่อผักสลัด 1 ต้น ต่อกระถาง เทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ชุดการทดลองละ 15 ต้น เป็นเวลา 45 วัน จากนั้นบันทึกผลการทดลอง โดยบันทึกจำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นผักสลัด และหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ (% infection) ของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก ตามวิธีของ Philips และ Hayman (1970) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี one-way ANOVA ที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสปอร์ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาบริเวณรอบรากผักสลัดที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ พบสปอร์ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 4 สกุล ได้แก่ *Acaulospora* sp., *Gigaspora* sp., *Glomus etunicatum*, *G. geosporum*, *G. macrocarpum*, *G. mosseae* และ *Scutelluospora* sp. และเมื่อนำสปอร์ของราทั้ง 7 สายพันธุ์ ปลูกเชื้อลงในผักสลัด พบว่า *Scutellospora* sp. เหมาะสมต่อการเติบโตของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมากที่สุด โดยพบจำนวนใบ 8.18 ใบ น้ำหนักสด 2.93 กรัม และน้ำหนักแห้ง 0.18 กรัม และมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในรากมากที่สุด 69.90% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีการปลูกเชื้อ (Table 1)

สำหรับผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊คพบว่า *G. mosseae* เหมาะสมต่อการเติบโตของผักสลัดมากที่สุด โดยมีน้ำหนักสด 3.48 กรัม และน้ำหนักแห้ง 0.19 กรัม และมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในรากมากที่สุด 62.34% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีการปลูกเชื้อ (Table 2)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า *Scutellospora* sp. และ *G. mosseae* ให้ผลการเติบโตและอัตราผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดโอ๊คมากที่สุดตามลำดับ โดยมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในรากมากที่สุด ต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการใช้ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับการปลูกผักสลัดสามารถกระตุ้นการเติบโต รวมถึงเพิ่มอัตราผลผลิตของผักสลัดได้ และราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างสายพันธุ์ก็ให้ผลในการกระตุ้นการเติบโตของพืชที่แตกต่างกันด้วย ทั้งนี้การที่ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลในการเพิ่มการเติบโตของผักสลัดนั้น เนื่องมาจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มอัตราการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุของรากพืช รวมถึงช่วยให้พืชมีความทนทานต่อสภาวะเครียด เช่น ความแล้งหรือความเค็ม และป้องกันโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อในดิน ซึ่ง Karagiannidis และคณะ (2002) รายงานว่า *G. Mosseae* มีผลต่อการเพิ่มการเติบโตของมะเขือเทศและมะเขือยาวสีม่วง โดยช่วยให้พืช

สามารถดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสและไนโตรเจนได้ดีขึ้น และในสภาวะแห้งแล้ง การใช้ *G. mosseae* ร่วมกับการปลูกผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) ทำให้เกิด nitrate reductase activity สูงกว่าการไม่ได้ใช้ราไมคอร์ไรซาร่วมด้วย ซึ่งทำให้มีการเปลี่ยน nitrate เป็น ammonium ได้ดีขึ้นเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ (Marulanda, 2003)

Table 1 Growth and productivity of green oak lettuce infected with Arbuscular mycorrhizal fungi

Treatment	Leaf number	leaf fresh weight (g)	Leaf dry weight (g)	% Root infection
Control	4.75±0.48[a]	0.23±0.07[a]	0.01±0.00[a]	0±0[a]
Acaulospora sp.	5.14±0.26[a]	0.24±0.05[a]	0.02±0.00[a]	61.42±3.36[b]
Gigaspora sp.	6.77±0.30[abc]	1.10±0.18[a]	0.05±0.01[a]	54.86±4.92[b]
Glomus etunicatum	5.69±0.29[ab]	0.67±0.13[a]	0.04±0.01[a]	56.71±6.10[b]
Glomus geosporum	6.67±0.23[bc]	0.63±0.08[a]	0.03±0.00[a]	55.23±4.96[b]
Glomus macrocarpum	8.20±0.63[d]	2.43±0.48[b]	0.17±0.03[b]	56.41±3.41[b]
Glomus mosseae	7.50±0.50[cd]	2.70±0.63[b]	0.15±0.04[b]	61.71±5.99[b]
Scutelluospora sp.	8.18±0.60[d]	2.93±0.68[b]	0.18±0.04[b]	69.90±4.76[b]

Column values followed by the same letter are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Table 2 Growth and productivity of red oak lettuce infected with Arbuscular mycorrhizal fungi

Treament	Leaf number	Leaf fresh weight (g)	Leaf dry weight (g)	% Root infection
Control	7.20±0.92[c]	0.83±0.23[a]	0.06±0.02[a]	0±0[a]
Acaulospora sp.	5.45±0.28[a]	0.46±0.12[a]	0.03±0.01[a]	59.75±3.49[b]
Gigaspora sp.	5.54±0.43[ab]	0.74±0.23[a]	0.05±0.01[a]	59.80±4.20[b]
Glomus etunicatum	6.53±0.26[abc]	1.42±0.19[a]	0.08±0.01[a]	60.50±2.91[b]
Glomus geosporum	6.60±0.43[abc]	2.03±0.71[ab]	0.11±0.04[ab]	52.10±3.71[b]
Glomus macrocarpum	5.85±0.39[abc]	0.39±0.07[a]	0.03±0.00[a]	61.09±2.08[b]
Glomus mosseae	7.00±0.75[bc]	3.48±1.58[c]	0.19±0.10[c]	62.34±3.40[b]
Scutelluospora sp.	5.92±0.38[abc]	0.80±0.14[a]	0.05±0.01[a]	60.38±3.60[b]

Column values followed by the same letter are not significantly different as determined by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

สรุปผล

Scutellospora sp. และ *G. mosseae* ให้ผลการเติบโตและอัตราผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดโอ๊คมากที่สุด โดยการใช้ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับการปลูกผักสลัดสามารถกระตุ้นการเติบโต รวมถึงเพิ่มอัตราผลผลิตของผักสลัดได้ และราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างสายพันธุ์ก็ให้ผลในการกระตุ้นการเติบโตของพืชที่แตกต่างกัน ดังนั้นการนำราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรในการเพิ่มผลผลิต

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 ภายใต้แผนงานวิจัยอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CEB_M78_2011)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2548, มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของประเทศไทย, กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.

โสภณ บุญลือ, 2550, พัฒนาการเข้าอาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์มายคอร์ไรซาในรากพืช การดูดซับและการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัส, วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 35: 73-81.

Brundett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. and Malajczuk, N., 1996, Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture, Murdoch University : ACIAR Monograph.

Daniels, B.A. and Skipper, H.D., 1979, Methods for the Recovery and Quantitative Estimation of Propagules from Soil, pp. 20-45 In: Methods and Principles of Mycorrhizal Reseach, ed. By N.C. Schenck, The American Phytopathological Society, St. Paul Minnesota, USA.

Gerdemann, J.W. and Nicolson, T.H., 1963, Spores of Mycorrhiza Endogene Species Extracted from Soil by Wet-sieving and Decanting, Transactions of the British Mycological Society, 46: 235-244.

Guillermo, A., Parádi, I., Burger, K., Baar, J., Thomas, W., Olga, E. and Kik, C., 2009, Molecular Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Onion Roots from Organic and Conventional Farming Systems in the Netherlands, Mycorrhiza, 19: 317–328.

Karagiannidis, N., Fotios, B. and Nikolaos, S., 2002, Effect of *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on Root Colonization, Growth and Nutrient Uptake in Tomato and Eggplant Seedlings, Scientia Horticulturae, 94: 145-156.

Marulanda, A., Azcón, R. and Ruiz-Lozano, J.M., 2003, Contribution of Six Arbuscular Mycorrhizal Fungal Isolates to Water Uptake by *Lactuca sativa* Plants under Drought Stress, Physiologia Plantarum, 119: 526-533.

Philip, J.M. and Hayman, D.S., 1970, Improved Procedure for Clearing Root and Staining Parasite and Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infections, Transactions of the British *Mycological* Society, 55: 158-160.

การทดสอบเบื้องต้นและการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับเครื่องขุดย้ายต้นไม้
Preliminary Testing and Economic Evaluating of Tree Digging Machine

ฤาชา บุญยกิจโณทัย[1] ศุภกิตต์ สายสุนทร[1] และ บัญญัติ เศรษฐฐิติ[1]
Boonyakijnothai, R.[1], Sayasoonthorn, S.[1] and Saitthiti, B.[1]

Abstract

This research was to preliminary test and evaluated the economics of tree digging machine which was designed for gardening. The methodology comprised of 1) comparison of king palm digging using man and tree digging machine. The 2 sizes of machine spade can be adjusted suitable with size of the tree that was small spade, 27 cm x 41 cm (diameter x length) and large spade, 34 cm x 45 cm. After, the king palm was stored 1 month at normal conditions for survival study. 2) Economic evaluating of tree digging machine by analyzing of breakeven point, payback period, internal rate of return and benefit cost ratio. The results showed that the digging time of palm king was 3.76, 4.11 and 5.00 min for small spade, large spade and man digging, respectively. The king palm was 100% alive for all testing conditions. The economic evaluating results showed that the breakeven point was 1,307 trees, payback period was 0.015 yrs, internal rate of return was 8.3% and benefit cost ratio was 1.57 Bath. Therefore, the tree digging was suitable for utilizing and investing.

Keywords: digging machine, digging, transplanting

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเบื้องต้นและประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องขุดย้ายต้นไม้ที่ออกแบบ สำหรับใช้ในการจัดภูมิทัศน์ วิธีการทดสอบประกอบด้วย 1) การเปรียบเทียบกับการขุดย้ายต้นปาล์ม (พันธุ์ปาล์มคิง อายุ 2-3 ปี) โดยใช้แรงงานคนขุด กับการขุดย้ายต้นปาล์มด้วยเครื่องขุดย้ายต้นไม้ ใบพลั่วของเครื่องขุดย้ายต้นไม้มี 2 ขนาด ปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของขนาดต้นไม้ ได้แก่ ใบพลั่วเล็ก ขนาด 27 ซม. X 41 ซม. (เส้นผ่านศูนย์กลางใบพลั่ว x ความยาว) และใบพลั่วใหญ่ ขนาด 34 ซม. X 45 ซม. หลังจากการทดสอบ ต้นปาล์มที่ผ่านการขุดย้ายถูกพักไว้ 1 เดือน ในสภาวะปกติ เพื่อศึกษาการอยู่รอด และ 2) การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องขุดย้ายต้นไม้ ได้แก่ จุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราส่วนผลได้จากการลงทุน ผลการทดสอบพบว่า เวลาที่ใช้ในการขุดต้นปาล์มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.76, 4.11 และ 5.00 นาที/ต้น สำหรับใบพลั่วเล็ก ใบพลั่วใหญ่ และแรงงานคน ตามลำดับ อัตราการรอดชีวิตของต้นปาล์มมีค่า 100% ในทุกเงื่อนไขการทดสอบ ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า จุดคุ้มทุนมีค่าเท่ากับ 1,307 ต้น ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.015 ปี อัตราส่วนผลได้จากการลงทุนเท่ากับ 1.57 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 8.3 % ดังนั้นเครื่องขุดย้ายต้นไม้ จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ และเหมาะสมในเชิงของการลงทุน

คำสำคัญ: เครื่องขุดย้ายต้นไม้ การขุด การปลูก

คำนำ

ในกระบวนการจัดภูมิทัศน์ มักมีการขุดย้ายต้นไม้ไปยังตำแหน่งต่างๆ ตามความเหมาะสม เพื่อประดับและตกแต่งให้สวยงาม วิธีการปฏิบัติในปัจจุบันคือ ใช้แรงงานคนขุด และช่วยกันยก/ย้ายไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งนอกจากใช้เวลานานแล้วยังก่อให้เกิดความเมื่อยล้าในขณะขุดและขนย้ายด้วย นอกจากนี้แล้วหากไม่ปฏิบัติด้วยความระมัดระวังอาจเกิดการกระทบกระเทือนต่อราก ส่งผลให้ต้นไม้เจริญเติบโตช้า หรืออาจจะชะงักและตายไปในที่สุด บัญญัติ (2544) ได้พัฒนาเครื่องขุดย้ายต้นไม้และขุดหลุมปลูก ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ของการขุดย้ายต้นไม้ในการดำเนินงานธุรกิจทางด้านการเกษตร Cool (1976) ได้ศึกษาถึงอัตราการรอดของต้นไม้จากการปลูกต้นไม้ 2 แบบ ด้วยวิธีการขุดต้นไม้ด้วยเครื่องขุดย้ายต้นไม้ ยี่ห้อ Vermeer รุ่นTS44T และการใช้แรงงานคนขุดแบบเปลือยราก (ไม่มีดินติดราก) พบว่า อัตราการตายของต้นไม้ด้วยวิธีการขุดแบบเปลือยรากมีค่า 28% ในขณะที่อัตราการตายของวิธีการขุดต้นไม้ด้วยเครื่องขุดย้ายต้นไม้มีค่าเท่ากับ 1% นอกจากนี้แล้ว Vanstone และ Ronald (1981) ได้ศึกษา

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพ 10900
[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Phahon Yothin Rd, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

เปรียบเทียบระหว่างวิธีการใช้เครื่องขุดย้ายต้นไม้กับวิธีการใช้แรงงานคนขุดแบบเปลือยรากกับต้นไม้ 4 ชนิด ได้แก่ Patmore Green Ash, Fallgold Black Ash, Hackberry, และ Amur Cherry ปลูกที่ระดับความลึก 40-70 มม.ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช โดย 1) ขุดต้นไม้ใหญ่ซึ่งมีขนาด 110 ซม.ด้วยเครื่องขุดย้ายต้นไม้ 2) ขุดต้นไม้ขนาดใหญ่ด้วยวิธีการขุดแบบเปลือยราก 3) ขุดต้นไม้ขนาดเล็กด้วยวิธีการขุดแบบเปลือยราก ซึ่งพบว่า การเจริญเติบโตของขนาดทรงพุ่มและขนาดใบของต้นไม้ที่ขุดย้ายด้วยเครื่องขุดมีขนาดใหญ่กว่า 4-10 เท่า เมื่อเทียบขนาดกับต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ปลูกด้วยวิธีการขุดแบบเปลือยราก และเป็น 2 เท่าเมื่อเทียบกับการปลูกต้นไม้ขนาดเล็กด้วยวิธีใช้แรงงานคนขุดล้อมแบบเปลือยราก จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องขุดย้ายต้นไม้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเบื้องต้นและประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องขุดย้ายต้นไม้ที่พัฒนาขึ้นโดย บัญญัติ (2544) เพื่อเป็นทางเลือกของเกษตรกรในการเลือกใช้เครื่องจักรกลเกษตรที่เหมาะสม และยกระดับคุณภาพชีวิตการทำงานให้ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องขุดย้ายต้นไม้ที่พัฒนาขึ้นโดย บัญญัติ (2544) ถูกใช้ในการทดสอบ การทำงานของเครื่องขุดย้ายต้นไม้แสดงใน Figure 1 มีชิ้นส่วนหลักประกอบด้วย 1) ชุดโครงรถ 2) ใบพลั่วเล็ก ขนาด 27 ซม. X 41 ซม. (เส้นผ่านศูนย์กลางใบพลั่ว x ความยาว) และใบพลั่วใหญ่ ขนาด 34 ซม. X 45 ซม. 3) คานรูปตัวยู 4) ขาหลัง 5) คานงัด 6) ด้ามพลั่ว และ 7) เหล็กค้ำ มีหลักการทำงานดังนี้ นำเครื่องขุดย้ายไปยังต้นปาล์มที่ต้องการขุด โดยวางเครื่องขุดย้ายให้ตั้งฉากกับพื้นดิน จากนั้นดึงด้ามพลั่ว (6) เพื่อให้ใบพลั่ว (2) ยกตัวขึ้นให้ปลายทั้งสองแยกออกจากกัน ดันเครื่องขุดย้ายโดยให้คานรูปตัวยู (3) เข้าไปค่อมต้นปาล์ม โดยให้ต้นปาล์มอยู่ตรงกลางคานรูปตัวยู จากนั้นกดที่ด้ามพลั่ว เพื่อให้ใบพลั่วเลื่อนลงจนปลายแหลมจิกดิน จากนั้นกางขาหลัง (4) ซึ่งพับเก็บอยู่กับโครงเครื่องออก ต่อคานงัด (5) เข้ากับจุดหมุนที่ขาหลัง โดยปลายข้างที่งอจะเกี่ยวกับคานรูปตัวยู ขาหลังทำให้ตัวรถมั่นคงยิ่งขึ้น ใช้ค้อนปอนด์ตอกที่ด้ามพลั่ว (6) ตอกจนกระทั่งสุดใบพลั่ว กดคานงัดลงให้คานรูปตัวยูเคลื่อนที่ขึ้น ต้นไม้พร้อมรากและดินจะถูกยกขึ้นมาจากพื้นดิน (Figure 2) ต้นไม้จะลอยอยู่เหนือพื้นดิน ลำต้นจะถูกพยุงไว้โดยเหล็กค้ำ (7)

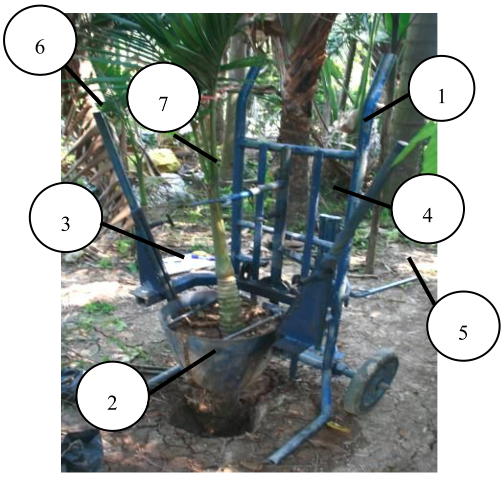


Figure 1 Tree digging machine

Figure 2 Side view of machine during lifting the tree

ก่อนการทดสอบต้องรดน้ำรอบโคนต้นปาล์ม และทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที ก่อนทำการขุด ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ จากนั้นเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่จะขุดเพื่อ 1) หาความชื้นของดิน โดยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 2) หาความต้านทานของดินด้วยเครื่อง cone penetrometer และ 3) คุณสมบัติทางกายภาพของดิน ต้นปาล์มที่ผ่านการขุดย้ายจะถูกพักไว้ 1 เดือน ในสภาพบรรยากาศปกติ เพื่อศึกษาการอยู่รอด

สมมติฐานของการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์มีดังนี้ ต้นทุนเครื่องขุดย้ายต้นไม้มีค่าเท่ากับ 8,000 บาท อายุการใช้งาน 8 ปี มูลค่าซาก 10 %ของราคาเครื่อง ค่าบำรุงรักษารายปี 5 % ของต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานในเขตกรุงเทพและปริมณฑล เท่ากับ 215 บาท/วัน (อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ ปี2554) ทำงาน 48 สัปดาห์/ปี อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับร้อยละ 7 ต่อปี (ธนาคารแห่งประเทศไทย พ.ศ. 54) ราคาต้นทุนของต้นปาล์มต้นละ 500 บาท (ไปขุดเองที่สวนของเกษตรกร) ราคาขายต้นปาล์ม (ราคาซื้อที่หน้าร้านเกษตรกร) ต้นละ 1,000 บาท กำหนดให้ทุกต้นที่ขุดสามารถขายได้หมด กำหนดให้ขายได้ 100 ต้น/เดือน วิธีการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ (ไพบูลย์, 2542) แสดงดังสมการด้านล่าง

$$\text{จุดคุ้มทุน (Break Even Point: BEP)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ราคาต่อหน่วย - ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย}} \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP)} = \frac{\text{ต้นทุนสร้างเครื่อง}}{\text{กำไรสุทธิต่อปี}} \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

$$\text{อัตราส่วนผลได้ต่อการลงทุน (Benefit Cost Ratio: B/C)} = \frac{\text{รายได้สุทธิ}}{\text{รายจ่าย}} \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

$$\text{อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR)} = \frac{\text{รายได้สุทธิ}}{\text{รายจ่าย}} = \left(\frac{(i+1)^{n}-1}{i(i+1)^{n}}\right) \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

เมื่อ i = อัตราดอกเบี้ยต่อระยะเวลา, n = ระยะเวลาดำเนินการ

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบเบื้องต้นของเครื่องขุดย้ายต้นไม้แสดงใน Table 1 พบว่า ต้นปาล์มที่ขุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นทรงพุ่มเฉลี่ย และความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 5.45, 165 และ 114 ซม. ตามลำดับ ดินในบริเวณที่ขุดทดสอบเป็นดินเหนียว อัตราส่วน sand 39.14%, silt 14.86%, clay 46% ความชื้นในดินมีค่าระหว่าง 13.84-16.24% และความต้านทานของดินมีค่า 24.11-31.38 กก./ตร.ซม. หลุมที่ขุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง x ความลึก เท่ากับ 24.00 x 15.67 ซม. 31.17 x 30.33 ซม. และ 56.00 x 20.00 ซม สำหรับใบพลั่วเล็ก ใหญ่ และคนขุด ตามลำดับ เวลาที่ใช้ในการขุดมีค่า 3.76, 4.11 และ 5.00 นาที สำหรับใบพลั่วเล็ก ใหญ่ และคนขุด ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบการขุดด้วยเครื่องขุดย้ายต้นไม้ด้วยใบพลั่วเล็กเร็วกว่า 24.8% เมื่อเทียบกับวิธีการใช้แรงงานคนขุด และ 17.8% เมื่อเทียบกับใบพลั่วใหญ่ อัตราการรอดชีวิตของต้นปาล์มมีค่า 100% ในทุกเงื่อนไขการทดสอบ

Table1 Comparison of machine and man operating

Type of digging	Spade	Dimension of Tree (Ø x bush x height) cm	Soil type	Soil Moisture (%)	Soil Resistance (Kg/cm^2)	Diameter of hole (Ø x Depth) cm	Digging time (Min)	% Survival
Machine	Small	5.45 x 165 x 114	Sand 39.14% Silt 14.86% Clay 46%	13.84	24.11	24.00 x 15.67	3.76	100
	Big			16.24	25.15	31.17 x 30.33	4.11	100
Man	-			14.02	31.38	56.00 x 20.00	5.00	100

Table 2 Results of economic evaluating

Topics	Results
Break Even Point: BEP	1,307 Tree
Payback Period: PBP	0.015 Years
Benefit Cost Ratio: B/C	1.57 Bath
Internal Rate of Return: IRR	8.3 %

ผลการคำนวณจากสมการ 1, 2, 3 และ 4 แสดงใน Table 2 พบว่า เครื่องขุดย้ายต้นไม้มี BEP เท่ากับ 1,307 ต้น แสดงว่าเมื่อขุดย้ายต้นไม้เป็นจำนวน 1,307 ต้น จึงคุ้มทุน มี PBP เท่ากับ 0.015 ปี หมายความว่าต้องใช้เวลา 0.015 ปี จึงได้ทุนคืน มีค่า B/C เท่ากับ 1.57 บาท แสดงว่า ทุกบาทของการลงทุน ได้ผลตอบแทนเท่ากับ 1.57 – 1 = 0.57 บาท และ มีค่า IRR เท่ากับ 8.3 %

วิจารณ์ผล

การใช้เครื่องขุดย้ายที่ติดตั้งใบพลั่วใหญ่ขุดใช้เวลามากกว่าใบพลั่วเล็ก แต่ทำให้ได้ขนาดตุ้มดินที่ห่อหุ้มรากใหญ่กว่าใบพลั่วเล็ก ซึ่งตุ้มดินที่มีขนาดใหญ่มีผลดีต่อการฟื้นตัวของต้นไม้ สอดคล้องกับที่ Vanstone และ Ronald (1981) รายงานไว้ และ

สอดคล้องกับ สุวรรณา และคณะ (2553) ที่รายงานว่า การขุดล้อมต้นไม้ซึ่งมีขนาดตุ้มดินที่ใหญ่ทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบรากน้อยลง ส่วนการตัดแต่งกิ่งที่เหมาะสมมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ ทั้งยังมีผลในการลดการคายน้ำทำให้พืชสามารถฟื้นตัวได้เร็วขึ้น แต่ในทางปฏิบัติ ตุ้มดินขนาดใหญ่มีน้ำหนักมาก เสี่ยงต่อการที่ตุ้มดินจะแตกและการหลุดร่วงได้ง่าย นอกจากนี้แล้วยังมีข้อจำกัดในการขนส่งด้วย อย่างไรก็ตาม ใบพลั่วเล็กจึงเหมาะสมกว่าถ้าใช้กับพืชที่มีระบบรากฝอย ทั้งนี้เพราะตุ้มดินขนาดเล็กจะมีน้ำหนักเบากว่าและมีความสะดวกในการขนส่ง แต่อาจจะมีผลเสียต่อการฟื้นตัว ทำให้การเจริญเติบโตช้า จึงอาจต้องการขุดย้ายที่ปราณีต และการดูแลหลังขุดที่ดีกว่า

สำหรับวิธีการใช้แรงงานคนขุดจะต้องใช้ "เสียม"แซะดินโดยรอบเพื่อตัดรากที่ยึดดินออก ต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญหรือมีประสบการณ์ในการขุดย้ายต้นไม้ ทำด้วยความระมัดระวัง ไม่เช่นนั้นทำให้รากได้รับการกระทบกระเทือนและฉีกขาด เมื่อนำไปปลูกในที่ใหม่ ต้นไม้จะเจริญเติบโตช้าหรืออาจหยุดชะงักและตายได้ในที่สุด การใช้แรงงานคนขุดโอกาสที่ตุ้มดินจะแตกและหลุดล่วงออกจากรากมีมาก แต่มีข้อดีคือ สามารถกำหนดขนาดของตุ้มดิน และความลึกของการขุดได้ตามต้องการ ในขณะที่การใช้เครื่องขุดได้ขนาดตุ้มดินที่คงที่ สำหรับการใช้แรงงานคนขุด เมื่อขุดต้นไม้ได้แล้วต้องใช้แรงงานอีกคนใช้เสียมงัดตุ้มดินขึ้นในลักษณะคานงัดคานดีด เพื่อยกต้นไม้ขึ้นจากหลุม ส่วนวิธีการใช้เครื่องขุดย้ายต้นไม้นั้นไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญหรือมีประสบการณ์ก็สามารถทำงานได้ เพียงรู้วิธีและหลักการทำงานของเครื่อง ใช้เวลาในการทำงานที่น้อยกว่า การใช้เครื่องขุดทำให้ดินที่อยู่รอบๆ รากถูกพลั่วประกบกันเป็นรูปกรวยห่อหุ้มไว้ และเอาต้นไม้ขึ้นจากหลุม โดยใช้หลักคานงัดคานดีด ดินและรากจะไม่แตกแยกออกจากกัน รากและต้นไม้ได้รับความกระทบกระเทือนน้อย และการขนย้ายทำได้สะดวกโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียงหนึ่งคนในการขนย้ายด้วยการเข็นเครื่องไปยังตำแหน่งที่ต้องการปลูกใหม่

ในเชิงของการลงทุน จากการวิเคราะห์ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีความเป็นไปได้ที่เกษตรกรนำเครื่องขุดย้ายต้นไม้ไปใช้ เนื่องจากการลงทุนในครั้งแรกไม่สูง เป็นเครื่องทุ่นแรงที่ช่วยให้ปฏิบัติงานได้ง่ายและเร็วขึ้น เนื่องจากใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียงหนึ่งคน ระดับเทคโนโลยีของเครื่องไม่ซับซ้อน เกษตรกรสามารถซ่อมบำรุง ดัดแปลงให้เหมาะกับพื้นที่ หรือดัดแปลงใช้กับพืชชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะได้

สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเบื้องต้นและประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องขุดย้ายต้นไม้ ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า การขุดต้นปาล์มโดยใช้เครื่องขุดใช้เวลาในการขุด 3.76 และ 4.11 นาที สำหรับใบพลั่วเล็ก และใหญ่ ตามลำดับ โดยต้นปาล์มมีอัตรารากการรอดหลังขุด 100 % การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าค่า BEP = 1,307 ต้น PBP = 0.015 ปี B/C = 1.57 บาท และ IRR = 8.3 % จึงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ และการลงทุน

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณปัญญา ศรีโยธา ร้านขายไม้ประดับ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและสถานที่ทำการทดสอบ และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่กรุณาเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

บัญญัติ เศรษฐฐิติ, 2544, เครื่องขุดย้ายต้นไม้และขุดหลุมปลูก, สิทธิบัตรไทย เลขที่ 10231 (ในนาม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

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

สุวรณา อารีย์พัฒนกุล ธัญญะ เตชะศิลพิทักษ์ ณรงค์ พิพัฒน์ธนวงศ์ และพัฒนา สุขประเสริฐ, 2553, ขนาดตุ้มดิน และการตัดแต่งทรงพุ่มที่เหมาะสมต่อการขุดย้ายหูกวาง จามจุรี และพิกุล, ว.วิทย์.กษ., 41(3): 447-456.

Cool, R.A., 1976, Tree Spade Versus Bare-root Planting, Journal of Arboriculture, 2(5): 92-95.

Vanstone, D.E. and Ronald, W.G., 1981, Comparison of Bare-root Versus Tree Spade Transplanting of Boulevard Tree, Journal of Arboriculture, 7: 271-274

ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด 'ฟิลเลย์ ไอซ์เบิร์ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

Effect of Types and Concentrations of Chitosan on Growth of 'Frillice Iceberg' Lettuce Cultivated by Hydroponic Method

ธเนศ จิระพรประเสริฐ[1] กนกวรรณ เสรีภาพ[1] ปรีดา บุญ-หลง[1] รัฐ พิชญางกูร[2] และ ศุภจิตรา ชัชวาลย์[1]
Jirapornprasert, T.[1], Seraypheap, K.[1], Boon-long, P.[1], Pichyangkura, R.[2] and Chadchawan, S.[1]

Abstract

The aim of this research was to investigate the appropriate use of chitosan to enhance growth of 'Frillice Iceberg' lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated with hydroponic method. Various concentrations of polymeric and oligomeric chitosan (with 80% degree of deacetylation), P80 and O80, respectively, prepared from crab shell were tested for growth stimulation effects on lettuce when continuously applied to nutrient solution during growing period. It was found that addition of O80 at 1 mg/L to nutrient solution significantly increased fresh weight of the lettuce on the harvest day by 23 % of control, which was grown without chitosan application. Addition of higher concentration of chitosan in both polymeric and oligomeric forms resulted in the negative effects on 'Frillice Iceberg' lettuce. However, chitosan showed no effects either on dry weight accumulation or weight loss percentage after 10 day of storage. This suggested that the growth enhancement effects of 1 mg/L O80 application was due to the increase in water content rather than organic matter accumulation.

Keywords: chitosan, lettuce, hydroponic

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก โดยใช้ไคโตซานทั้งชนิดพอลิเมอร์และชนิดโอลิโกเมอร์ที่มีเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดหมู่อะซิทิลเท่ากับ 80 (P80 และ O80) ที่ได้จากเปลือกปูที่ความเข้มข้นต่างๆ มาทดสอบ โดยใส่ในสารละลายธาตุอาหารตลอดระยะเวลาปลูก จากผลการทดลองพบว่า ไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้มีน้ำหนักสดที่มากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถเพิ่มน้ำหนักสดได้ถึง 23% แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานทั้ง 2 ชนิด เกิดผลในเชิงลบกับผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' อย่างไรก็ตาม การใช้ไคโตซานไม่ได้มีผลต่อน้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังจากเก็บรักษาไว้ 10 วัน จากผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นการเติบโตที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้น เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมากกว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ

คำสำคัญ: ไคโตซาน ผักสลัด ไฮโดรพอนิก

คำนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่า พืชผักมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ในการช่วยบำรุงรักษาสุขภาพ เพราะนอกจากประกอบด้วยน้ำ คาร์โบไฮเดรตและยังอุดมด้วยวิตามิน แร่ธาตุ อีกทั้งสามารถใช้เป็นสมุนไพรได้ ตัวอย่างเช่น วิตามินซีที่พบมากในผักใบเขียว พริก มะเขือเทศ ช่วยลดความเสี่ยงของการเป็นมะเร็งที่กระเพาะอาหารและคอ บีตาแคโรทีนในแครอทและฟักทอง เป็น

[1] หน่วยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[1] Environment and Plant Physiology Research Unit, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330
[2] ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[2] Department of Biochemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330

ตัวต้านออกซิเดชันช่วยป้องกันมะเร็ง รวมถึงใยอาหารช่วยในการขับถ่ายและป้องกันมะเร็งที่ลำไส้ นอกจากนั้นประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้แก่ ช่วยชะลอความชราและช่วยลดความอ้วน รวมถึงใช้แต่งกลิ่น เพิ่มและเสริมรูปลักษณ์รสชาติให้อาหาร เป็นต้น (Martın-Diana และคณะ, 2007) สำหรับผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) นิยมปลูกในสารละลายธาตุอาหาร เนื่องจากทำให้พืชเจริญเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตได้มากกว่าการปลูกพืชแบบลงดิน (ดิเรก, 2546) ซึ่งการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชหรือไฮโดรพอนิกในประเทศไทยนั้นมีการปลูกพืชด้วยวิธีนี้ใช้เชิงพาณิชย์แพร่หลายมากขึ้น แต่ต้องลงทุนในการสร้างโรงเรือน อุปกรณ์และสารละลายที่มีราคาสูง แต่เมื่อเทียบผลตอบแทนระยะยาวนับว่าคุ้มค่า (อานัฐ, 2548)

ไคโตซานสามารถช่วยเพิ่มจำนวนหัวและน้ำหนักต่อต้นของมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) ทั้งที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อและในแปลงปลูก (Kowalski และคณะ, 2006) และในปี 2001 Jiang และ Li ทดลองในลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) พบว่า ไคโตซานสามารถลดการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักสดอีกทั้งช่วยรักษาคุณลักษณะภายนอกไว้ได้ และช่วยเพิ่มขนาดของ protocorm และ protocorm like body (PLB) เมื่อได้รับไคโตซานที่ความเข้มข้น 10 และ 15 ppm (Nge และคณะ, 2006) ชนิดของไคโตซานมี 2 แบบ คือ ชนิดพอลิเมอร์ และ ชนิดโอลิโกเมอร์ โดยที่ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ จากการทดลองในกล้วยไม้ *Dendrobium* 'EISKUL' ที่ได้ให้ไคโตซานต่างชนิด โดยให้ความเข้มข้นและ % degree of deacetylation (%DD) เดียวกัน แต่ทำให้จำนวนช่อดอกและจำนวนต่อดอกแตกต่างกัน (Limpanavech และคณะ, 2008) และเมื่อนำไคโตซานมาใช้ในการเลี้ยง PLB ของกล้วยไม้ *Dendrobium* 'EISKUL' พบว่า PLB ที่ได้รับไคโตซานชนิดพอลิเมอร์มีน้ำหนักสดมากกว่า PLB ที่ได้รับไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ ที่ความเข้มข้นต่ำ (Pornpienpakdee และคณะ, 2010) จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่า ไคโตซานมีคุณสมบัติที่น่าสนใจอย่างยิ่ง อย่างไรก็ดีพืชแต่ละชนิดมีความต้องการไคโตซานที่แตกต่างกันทั้งขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้น

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิกเพื่อความรู้ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจนำไปสู่การเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและใช้เป็นข้อมูลประกอบในการนำไคโตซานไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ๆ ต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเพาะเมล็ดผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' เป็นเวลา 10 วัน หลังจากนั้นนำไปปลูกเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารเป็นชุดควบคุมและเติมไคโตซาน เป็นระยะเวลา 35 วัน และเปลี่ยนสารละลายทุก 7 วัน ในช่วงแรกของการทดลองได้ใช้ความเข้มข้นของไคโตซานชนิดพอลิเมอร์ และ โอลิโกเมอร์ที่มี % degree of deacetylation เท่ากับ 80 (P80 และ O80 ตามลำดับ) ที่ความเข้มข้น 5.0 10.0 และ 20.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันแรกของการเก็บเกี่ยวนำผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' มาชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าน้ำหนักสด จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8°C เป็นเวลา 10 วัน จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 วัน เพื่อหาค่าน้ำหนักแห้ง และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากนั้นได้ทำการลดความเข้มข้นของไคโตซานลงเป็น 0.1, 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทำการทดลองเหมือนครั้งแรก เก็บค่าน้ำหนักสด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ด้วยวิธีไฮโดรพอนิก เมื่อได้รับไคโตซานที่ความเข้มข้น 5.0, 10.0 และ 20.0 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้น ทำให้น้ำหนักสดที่ได้จากวันที่เก็บเกี่ยวในวันแรกนั้นน้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 1 ก) แต่เมื่อลดความเข้มข้นลงเหลือ 0.1, 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ ที่ความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสดมากกว่าชุดควบคุม โดยที่น้ำหนักสดของชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2 ก) อย่างไรก็ดี การให้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ นี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Nge และคณะ (2006) ที่ได้ทำการทดลองกล้วยไม้เมื่อให้ไคโตซานความเข้มข้น 15 ppm จะช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของ PLB แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานกลับทำให้น้ำหนักสดลดลงจนน้อยกว่าชุดควบคุม ซึ่งให้ผลการทดลองคล้ายคลึงกันกับ Pornpienpakdee และคณะ (2010) ที่ได้ทำการทดลองเลี้ยง PLB ที่ต้องให้ชนิดและ

ความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมจึงส่งผลเชิงบวกในการเลี้ยง PLB แต่ถ้าให้ไคโตซานที่มากหรือน้อยเกินไปก็จะส่งผลในเชิงลบให้กับพืช

สำหรับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดภายหลังการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิ 8°C เป็นเวลา 10 วัน พบว่า การใช้ไคโตซานมีแนวโน้มทำให้การสูญเสียน้ำหนักสดของผักสลัดพันธุ์'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปรียบเทียบชุดควบคุมที่ไม่มีการให้ไคโตซาน (Figure 3 ก และ ข) โดยการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตรส่วนใหญ่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดภายหลังการเก็บรักษาน้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 3 ก) แต่เมื่อลดความเข้มข้นของไคโตซานที่เติมลงในสารละลายธาตุอาหารลงทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดภายหลังการเก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม (Figure 3 ข) แต่อย่างไรก็ดีไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไคโตซานมีผลต่อการกระตุ้นการปิดของปากใบ (Lee และคณะ, 1999) ดังนั้น การให้ไคโตซานขณะปลูกเลี้ยงในปริมาณสูงอาจส่งผลต่อการปิดปากใบขณะเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดลดลง ส่วนเมื่อให้ไคโตซานความเข้มข้นต่ำ ซึ่งมีผลทำให้น้ำหนักสดสูงขึ้นโดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งนั้นแสดงให้เห็นว่าไคโตซานมีผลต่อปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อของผักสลัดมากกว่าจะมีผลโดยตรงต่อการสร้างสารอินทรีย์ของพืช ดังนั้นเมื่อเก็บรักษาจึงอาจมีผลทำให้เห็นว่ามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นกว่าการทดลองชุดควบคุมที่มีปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อต่ำกว่านั่นเอง

สรุปผล

ชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมในการปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ด้วยวิธีไฮโดรพอนิก คือ ไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถเพิ่มน้ำหนักสดได้มากกว่าชุดควบคุมถึง 23 เปอร์เซ็นต์ โดยการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดมีเป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อมากกว่าการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ อย่างไรก็ดีการใช้ไคโตซานไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดภายหลังการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์ และบริษัท เอซีเค ไฮโดรฟาร์ม จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงการผลิตกับงานวิจัย ทุนสกว.- อุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ทองอร่าม, 2546, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย, ธรรมรักษ์การพิมพ์,

อานัฐ ตันโช, 2548, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, Trio Advertising & Media Co., Ltd.

Jiang, Y. and Li, Y., 2001, Effects of Chitosan Coating on Postharvest Life and Quality of Longan Fruit, Food Chemistry, 73: 139-143.

Kowalski, B., Terry, F.J., Herrera, L. and Peñalver, D.A., 2006, Application of Soluble Chitosan in *vitro* and in the Greenhouse to Increase Yield and Seed Quality of Potato Minitubers, Potato Research, 49: 167-176.

Lee, S., Choi, H., Suh, S., Doo, I-S., Oh, K-Y, Choi, E.J., Schroeder Taylor, A.T., Low, P.S., Lee, Y., 1999, Oligogalacturonic Acid and Chitosan Reduce Stomatal Aperture by Inducing the Evolution of Reactive Oxygen Species from Guard Cells of Tomato and *Commelina communis*, Plant Physiology, 121: 147-152.

Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., Chaidee, A. and Bangyeekhun, T., 2008, Chitosan Effects on Floral Production, Gene Expression and Anatomical Changes in the *Dendrobium* orchid, Scientia Horticulturae, 116: 65-72.

Martın-Diana, A.B., Rico, D., Barry-Ryan, C., Frıas, J.M., Henehan, G.T.M. and Barat, J.M., 2007, Efficacy of Steamer Jet-injection as Alternative to Chlorine in Fresh-cut Lettuce, Postharvest Biology and Technology, 45: 97-107.

Nge, K., Nwe, N., Chandrkrachang, S. and Stevens, W., 2006, Chitosan as a Growth Stimulator in Orchid Tissue Culture, Plant Science, 170: 1185-1190.

Pornpienpakdee, P., Singhasurasak, R., Chaiyasap, P., Pichyangkura, R., Bunjongrat, R., Chadchawan, S. and Limpanavech, P., 2010, Improving the Micropropagation Efficiency of Hybrid Dendrobium Orchids with chitosan, Scientia Horticulturae, 124: 490-499.

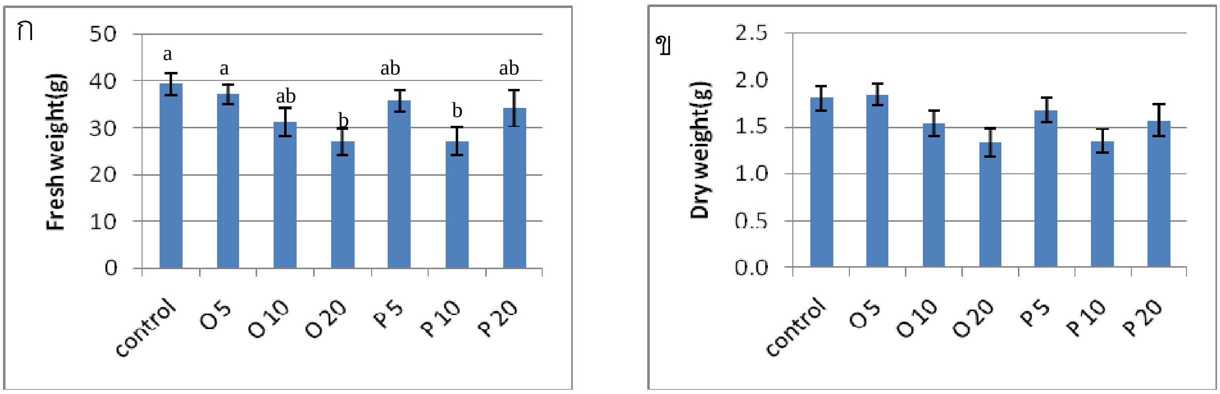


Figure 1 น้ำหนักสด (ก) และ น้ำหนักแห้ง (ข) ของผักสลัดพันธุ์'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'ขณะเก็บเกี่ยว เมื่อปลูกเลี้ยงโดยวิธีไฮโดรพอนิกที่มีการเติมไคโตซานที่มี degree of deacetylation เท่ากับ 80% แบบพอลิเมอร์ (P) หรือโอลิโกเมอร์ (O) ที่ระดับความเข้มข้น 5 10 หรือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร O หมายถึงชุดการทดลองที่มีการเติมไคโตซานแบบโอลิโกเมอร์ P หมายถึงชุดการทดลองที่มีการเติมไคโตซานแบบพอลิเมอร์ หมายเลขหลังอักษร O หรือ P แสดงความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร อักษรเหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT

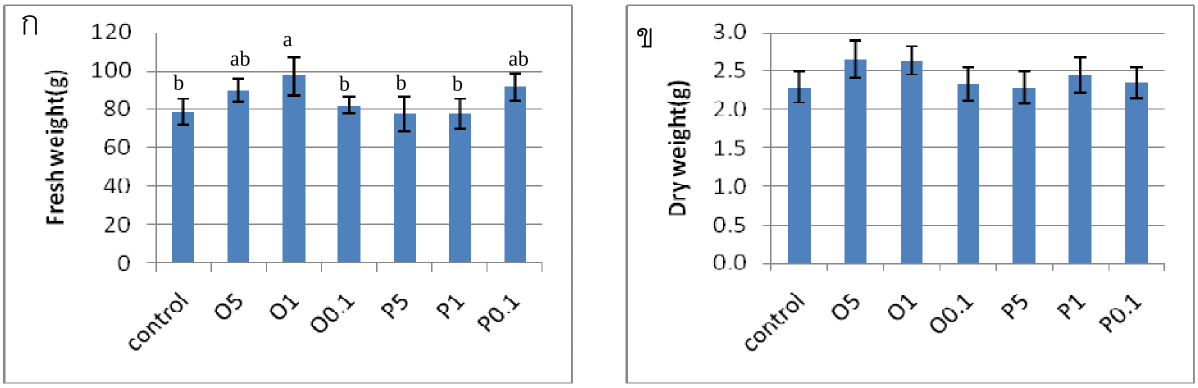


Figure 2 น้ำหนักสด (ก) และ น้ำหนักแห้ง (ข) ของผักสลัดพันธุ์'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ขณะเก็บเกี่ยว เมื่อปลูกเลี้ยงโดยวิธีไฮโดรพอนิกที่มีการเติมไคโตซานที่มี degree of deacetylation เท่ากับ 80% แบบพอลิเมอร์ (P) หรือโอลิโกเมอร์ (O) ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 1.0 หรือ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร O หมายถึงชุดการทดลองที่มีการเติมไคโตซานแบบโอลิโกเมอร์ P หมายถึงชุดการทดลองที่มีการเติมไคโตซานแบบพอลิเมอร์ หมายเลขหลังอักษร O หรือ P แสดงความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร อักษรเหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT

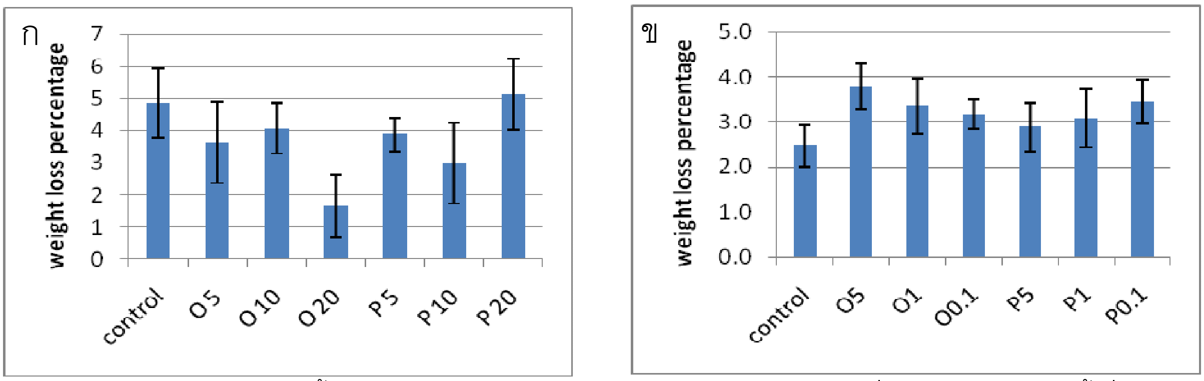


Figure 3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วันของผักสลัดที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1 (ก) และ ครั้งที่ 2 (ข) เมื่อปลูกเลี้ยงโดยวิธีไฮโดรพอนิกที่มีการเติมไคโตซานที่มี degree of deacetylation เท่ากับ 80% แบบพอลิเมอร์ (P) หรือโอลิโกเมอร์ (O) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กันดังที่ระบุ O หมายถึงชุดการทดลองที่มีการเติมไคโตซานแบบโอลิโกเมอร์ P หมายถึงชุดการทดลองที่มีการเติมไคโตซานแบบพอลิเมอร์ หมายเลขหลังอักษร O หรือ P แสดงความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลของไคโตซาน ความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด'เรดโอ๊ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

Effects of Chitosan, Difference of Temperature and Humidity on Growth of 'Red Oak' Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Cultivated by Hydroponic Method

ศิริรัตน์ รอดณรงค์[1] กนกวรรณ เสรีภาพ[1] ปรีดา บุญ-หลง[1] รัฐ พิชญางกูร[2] และ ศุภจิตรา ชัชวาลย์[1]

Rodnaronk, S.[1], Seraypheap, K.[1], Boon-long, P.[1], Pichayangura, R.[2] and Chadchawan, S.[1]

Abstract

At present, chitosan has been applied in agriculture, as it has been reported to increase growth of several plants. The objective of this work was aimed to study the effect of chitosan and difference of temperature on growth of 'Red Oak' lettuce (*Lactuca sativa* L.'Red Oak') cultivated by hydroponic method. Two types of chitosan molecules, oligomeric and polymeric chitosan with 80% degree of deacetylation, namely O80 and P80, respectively, at three concentrations, 0.1, 1.0, and 5.0 mg/L were added to modified Hoagland solution and plants were harvested 45 days after germination. The experiments were performed with three crops during one year (2010-2011), which had the different ranges of temperature. The results showed that chitosan treatments positively affected on all parameter. During July – August, 2010, temperature was around 28-33 ^{o}C and average relative humidity is 78.5% application of O80 at 0.1 mg/L significantly increase the number of leaves, fresh weight and dry weight, when compared to the control without chitosan treatment, while growing the 'Red Oak' lettuce in December 2010- January, 2011 with temperature range of 22-35^{o}C and 67.5% relative humidity and during April – May with temperature range of 25-36^{o}C and 66.5 % relative humidity, application of O80 at 5.0 mg/L showed the best growth enhancement .

Keywords: chitosan, lettuce, red oak, growth

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีการนำไคโตซานมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางการเกษตร โดยมีรายงานว่าไคโตซานช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตในพืชบางชนิด ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของไคโตซานและความแตกต่างกันของอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาลที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด 'เรดโอ๊ก' (*Lactuca sativa* L.'Red Oak') ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก สำหรับไคโตซานที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิด คือ ชนิดโอลิโกเมอร์ (O80) และชนิดโพลิเมอร์ (P80) ที่มีเปอร์เซ็นต์ degree of deacetylation เท่ากับ 80 ที่ความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 5.0 mg/L โดยใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland ทำการปลูกเลี้ยงเป็นระยะเวลา 45 วัน ในการทดลองนี้ทำการปลูก 3 ครั้งในช่วงระยะเวลา 1 ปี โดยมีช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าทุกชุดการทดลองที่มีการให้ไคโตซาน ผักสลัดมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดควบคุม โดยในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมซึ่งมีอุณหภูมิในช่วง 28-38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 78.5% ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโตซานโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ให้ผักสลัดมีจำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้ให้ไคโตซาน แต่เมื่อทำการปลูกผักสลัดในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคมซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22-35 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 67.5% และช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคมที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-36 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 66.5% พบว่าการให้ไคโตซานโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 5.0 mg/L ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ไคโตซาน ผักสลัด เรดโอ๊ก การเติบโต

[1] หน่วยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[1] Environment and Plant Physiology Research Unit, Department of Botany, Faculty of science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330

[2] ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[2] Department of Biochemistry, Faculty of science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจด้านสุขภาพร่างกายมากขึ้น ทำให้มีความต้องการบริโภคอาหารที่มีคุณค่าและปลอดภัยต่อร่างกาย ซึ่งพืชผักก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้บริโภคมีความต้องการมากขึ้นเนื่องจากผักมีคุณค่าทางอาหารมากมายเช่น วิตามิน เกลือแร่ (Shoemaker, 1949) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิตามินซี และ เบต้า-แคโรทีน ซึ่งอาจช่วยป้องกันโรคหัวใจ โรคเบาหวาน และช่วยลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง (เมฆ, 2541) ปัจจุบันได้มีการนำผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ก' จากต่างประเทศมาปลูกซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใบมีสีแดงปนเขียว โดยที่สีแดงเป็นสีของไบโอฟลาโวนอยด์ สามารถต้านอนุมูลอิสระได้เช่นเดียวกับแคโรทีนและยูบิควิโนน ในการผลิตผักสลัดนิยมทำการปลูกแบบไฮโดรพอนิก (hydroponics) ซึ่งเป็นการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช รากของพืชจะสัมผัสกับธาตุอาหารพืชโดยตรง (โสระยา, 2544) ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีและผลผลิตมีคุณภาพกว่าการปลูกพืชในดิน (ดิเรก, 2546)

ในภาคการเกษตรพบว่า ไคโตซานเป็นสารประกอบอนุพันธ์ธรรมชาติ ที่ได้จากการนำหมู่อะซิติลออกจากไคทิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแมลง เปลือกกุ้งและปู ซึ่งเป็นวัสดุชีวภาพที่มีสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ การทดลองในพืชหลายชนิดเช่น ในมันฝรั่งพบว่าไคโตซานสามารถเพิ่มจำนวนหัวและน้ำหนักต่อต้นของมันฝรั่งที่เลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและฉีดพ่นในแปลงปลูก (Kowalski และคณะ, 2006) ในเงาะ (*Nephelium lappaceum*) พบว่าไคโตซานลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ เมื่อเก็บในอุณหภูมิ 25 และ 10 องศาเซลเซียส (Martinez-Castellanos และคณะ, 2009) ไคโตซานเป็นโมเลกุลที่มีลักษณะหลากหลายขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุล (โมเลกุลขนาดใหญ่ เรียกว่าแบบพอลิเมอร์ (polymer หรือ P) และ โมเลกุลขนาดเล็ก เรียกว่าแบบโอลิโกเมอร์ (oligomer หรือ O) และ ปริมาณสัดส่วนของหมู่อะซิติลที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล (degree of deacetylation) ในกล้วยไม้ *Dendrobium* 'EISKUL' เมื่อใช้ไคโตซานแบบพอลิเมอร์ที่มี degree of deacetylation เท่ากับ 70 (P70) หรือ 90 (P90) ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm พบว่าสามารถกระตุ้นการเพิ่มปริมาณของ protocorm-like bodies ได้ และเมื่อให้ไคโตซาน แบบโอลิโกเมอร์ ที่มี degree of deacetylation เท่ากับ 80 (O80) ที่ความเข้มข้น 10 และ 50 ppm พบว่าคลอโรพลาสต์ในใบมีขนาดใหญ่ขึ้น (Limpanavech และคณะ, 2008)

ในการทำการวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด'เรดโอ๊ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในโรงเรือนที่อยู่สภาพธรรมชาติที่ไม่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อสามารถนำไปประยุกต์กับการปลูกเลี้ยงผักสลัดในเชิงการค้าและใช้เป็นข้อมูลประกอบในการนำไคโตซานไปประยุกต์กับพืชชนิดอื่น ๆต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเพาะเมล็ดผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ก' จนกระทั่งได้ต้นกล้าอายุ 10 วัน แล้วทำการย้ายลงปลูกลงในสารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland ที่มีไคโตซาน 2 ชนิด คือ ชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์ ที่มีเปอร์เซ็นต์ Deacetylation เท่ากับ 80 (O80 และ P80 ตามลำดับ) ที่ความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 5.0 mg/L ปลูกเลี้ยงเป็นเวลา 45 วัน ในช่วงเวลา 1 ปี (พ.ศ. 2553 –พ.ศ. 2554) ทำการปลูกในช่วงระยะเวลาต่างๆ 3 ช่วง คือ ช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม และ ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม เก็บข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นทุกวันตลอดระยะเวลาการปลูกเลี้ยง บันทึกผลการทดลองโดยบันทึกน้ำหนักสดต่อต้น และนับจำนวนใบต่อต้น ในวันแรกที่เก็บเกี่ยว แล้วนำผักสลัดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน บันทึกน้ำหนักแห้งต่อต้น วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อต้น จำนวนใบต่อต้น และน้ำหนักแห้งต่อต้น ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลอง

ในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองมีอุณหภูมิและความชื้นดังนี้ ช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคมที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-36 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 66.5% ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมซึ่งมีอุณหภูมิในช่วง 28-38 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 78.5% และในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคมซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22-35 องศาเซลเซียสและความชื้น 67.5% จากผลการทดลองพบว่า ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมซึ่งมีอุณหภูมิ และความชื้นสูงส่งผลให้ปริมาณผลผลิตในค่าของน้ำหนักสดต่อต้น จำนวนใบต่อต้น และ น้ำหนักแห้งต่อต้น มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในช่วงเวลาอื่นซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่า (Figure 1, 2 และ 3)

ไคโตซานไม่มีผลต่อการเติบโตต่อผักสลัดพันธุ์'เรดโอ๊ก' เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูที่มีอุณหภูมิต่ำ เห็นได้จากค่าน้ำหนักของผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งต่างจากเมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูกาลที่มีอุณหภูมิสูง ที่พบว่าไคโตซานมีผลในการการส่งเสริมการเติบโตของผักสลัดพันธุ์'เรดโอ๊ก'อย่างชัดเจน โดยในการปลูกเลี้ยงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมซึ่งมีอุณหภูมิในช่วง 28-38 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 78.5% การให้ไคโต

ซานแบบ O80 ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ทำให้ได้ผักสลัดมีน้ำหนักสดสูงกว่าชุดควบคุม 113% แต่ในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคมที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-36 องศาเซลเซียสและความชื้น 66.5% ซึ่งการเติมไคโตซาน O80 ที่ความเข้มข้น 5.0 mg/L ส่งเสริมการเติบโตได้ดีที่สุด โดยเพิ่มน้ำหนักสดได้ 26% ค่าการเติบโตต่างๆ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาผลของไคโตซานและความแตกต่างกันของอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาลที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด 'เรดโอ๊ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก ที่ทำการปลูกในช่วงอุณหภูมิต่างๆ พบว่าไคโตซานสามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของผักสลัดได้ โดยผักสลัดมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนใบ มากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการปลูกในช่วงที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง ความสามารถของไคโตซานในการเร่งการเติบโตนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในพืชหลายชนิด เช่น กล้วยไม้รองเท้านารี (ชนัสพร และคณะ, 2546) กล้วยไม้หวายพันธุ์เอียสกุล (*Dendrobium* 'Eiskul') (Limpanavech และคณะ, 2008) และ มันฝรั่ง (Kowalski และคณะ, 2006) เป็นต้น

อย่างไรก็ดี การใช้ไคโตซานในผักสลัดพันธุ์'เรดโอ๊ก' ควรจะได้คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมขณะปลูกเลี้ยงเป็นสำคัญ เนื่องจากสิ่งแวดล้อมอย่างส่งผลต่อการตอบสนองต่อไคโตซานในพืช กล่าวคือ การใช้ไคโตซานจะให้ผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกเลี้ยงในขณะที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง แต่หากอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ไคโตซานอาจไม่มีผลต่อการส่งเสริมการเติบโตในผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊ก

สรุปผล

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าผักสลัดที่ได้รับไคโตซานมีแนวโน้มของการเจริญเติบโตและผลผลิตดีกว่าผักสลัดที่ไม่ได้รับไคโตซาน โดยขนาดพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของไคโตซานและช่วงอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ก' โดยการปลูกผักในช่วงอุณหภูมิ 28-38 องศาเซลเซียสและความชื้น 78.5% การให้ไคโตซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสด จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าทำการปลูกผักในช่วงอุณหภูมิ 22-35 องศาเซลเซียสและความชื้น 66.5- 67.5% การให้ไคโตซาน O80 ที่ความเข้มข้น 5.0 mg/L มีแนวโน้มช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์ และบริษัท เอซีเค ไฮโดรฟาร์ม จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงการผลิตกับงานวิจัย ทุนสกว.- อุตสาหกรรม และเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 ภายใต้แผนงานวิจัยอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CEB_M73_2011)

เอกสารอ้างอิง

ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว สุวลี จันทร์กระจ่าง และพัลภา เศวตศิลา, 2546, การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการย้ายปลูกและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum×Paph. Angthong* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, เอกสารประกอบการประชุมไคติน ไคโตซานแห่งประเทศไทย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 17-18 กรกฎาคม 2546, หน้า 65-68.

ดิเรก ทองอร่าม, 2546, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย, ธรรมรักษ์การพิมพ์.

เมฆ จันทน์ประยูร, 2541, ผักพื้นบ้าน: เคล็ดของคนอายุยืน, มิติใหม่: กรุงเทพฯ.

พัชรา ลิมปนะเวช, 2548, การศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ ความเข้มข้น และ % degree of deacetylation ของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกล้วยไม้สกุลหวาย Dendrobium 'เอียสกุล', รายงานวิจัยทุนวิจัยกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 21.

โสระยา ร่วมรังสี, 2544, การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

Kowalski, B., Terry, F.J., Herrera, L. and Peñalver, D.A., 2006, Application of Soluble Chitosan in *vitro* and in the Greenhouse to Increase Yield and Seed Quality of Potato Minitubers, Potato Research, 49: 167-176.

Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan,S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., Chaidee, A. and Bangyeekhun, T, 2008, Chitosan Effects on Floral Production, Gene Expression and Anatomical Changes in the *Dendrobium* orchid, Scientia Horticulturae, 116: 65-72.

Martinez-Castellanos, G., Shirai, K., Pelayo-Zaldivar, C., Perez-Flores, L.J. and Sepulveda-Sanchez, J.D., 2009, Effect of *Lactobacillus plantarum* and Chitosan in the Reduction of Browning of Pericarp Rambutan (*Nephelium lappaceum*), Food Microbiology, 26: 444-449.

Shoemaker, J.B., 1949, Salad Crop: Vegetable Growing, John wiley & Sons, Inc, New York.

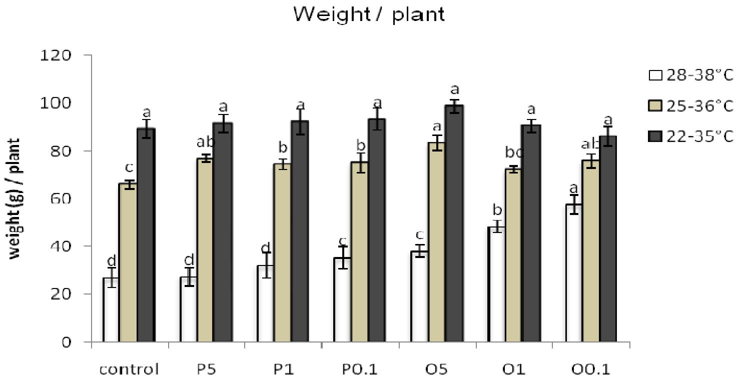


Figure 1 Fresh weight of 'Red Oak' lettuce during April – May with temperature range of 25-36°C, July– August with temperature range of 28-38°C and December – January with temperature range of 22-35°C were significantly different than all other treatment which studied in the same time at $p< 0.05$ by DMRT method.

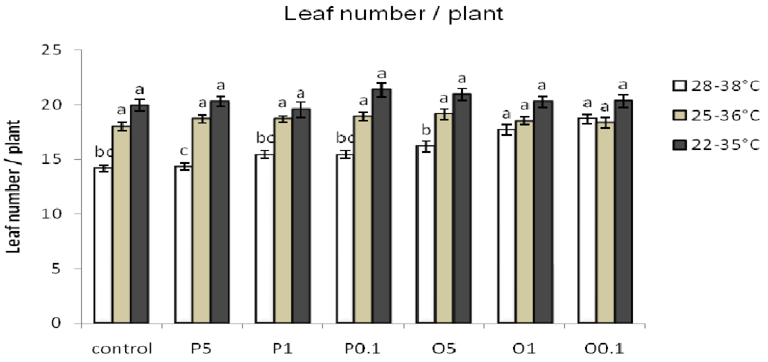


Figure 2 The leaf number of 'Red Oak' lettuce during April – May with temperature range of 25-36°C, July– August with temperature range of 28-38°C and December – January with temperature range of 22-35°C were significantly different than all other treatment which studied in the same time at $p< 0.05$ by DMRT method.

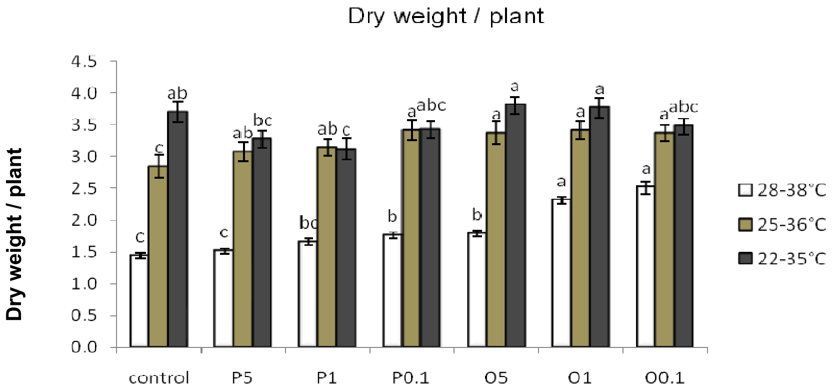


Figure 3 Dry weight of 'Red Oak' lettuce during April – May with temperature range of 25-36°C, July– August with temperature range of 28-38°C and December – January with temperature range of 22-35°C were significantly different than all other treatment which studied in the same time at $p< 0.05$ by DMRT method.

ผลของวัสดุปลูกชีวภาพและวัสดุปลูกกึ่งชีวภาพต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ค'

Effect of Biomaterial and Semi-Biomaterial on Growth and Postharvest Quality of 'Red Oak' Lettuce

ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ[1] ปรีดา บุญ-หลง[1] ศุภจิตรา ชัชวาลย์[1] รัฐ พิชญางกูร[2] และ กนกวรรณ เสรีภาพ[1]

Muymas, P.[1], Boon-long, P.[1], Chadchawan, S.[1], Pichayangura, R.[2] and Seraypheap, K.[1]

Abstract

This study is aimed to increase the production of lettuces through the application of biomaterial and/or semi-biomaterial. 'Red Oak' lettuces were cultivated in summer (March-April), rainy (August-September), and winter (December-January) crop seasons. Shrimp shell and/or waste from chitosan fermenter were supplemented to the 10:1 soil/cow manure growing medium (T1) (in %g to cow manure) : 5 % shrimp shell (T2), 5 % shrimp shell with the chitinase-producing *Bacillus lichenifuels* SK-1 (T3), 2.5 % shrimp shell and 2.5 % waste from chitosan fermenter (T4), 20 % waste from chitosan fermenter (T5), and SK-1 strain alone (T6). The effect of biomaterial and/or semi-biomaterial on growth and production yield was evaluated in terms of fresh weight, dry weight, leaf number, leaf width and length, and the overall appearance. There is no significant difference in yield between the controls and those with T6. The supplementations of (semi-)biomaterial resulted in a significant but season-specific increase in yield. When applied in summer and winter crop seasons, lettuces grown in the presence of T5 showed the highest increase in both fresh and dry weights. In rainy crop season, however, the cultivation in the presence of T5 resulted in the highest increase in fresh weight while their dry weight was second to those treated with T2. The best overall lettuce appearance was observed with the application of T5, and it is in the winter crop season that this effect was found to be notable and significant. Weight losses after storage at 8°C for 2 weeks were significantly reduced with the treatments of (semi-)biomaterial, and the waste from chitosan fermenter is the best all-year-round supplement that maximizes postharvest quality. The addition of (semi-)biomaterials also affected microbe population in the growing medium.

Keywords: biomaterial, 'Red Oak' lettuce, semi-biomaterial, yield improvement

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตผักสลัดด้วยการใช้วัสดุชีวภาพและ/หรือกึ่งชีวภาพในการปลูกผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ค' ในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) ฤดูฝน (สิงหาคม-กันยายน) และฤดูหนาว (ธันวาคม-มกราคม) โดยใส่เปลือกกุ้งและ/หรือกากจากถังหมักไคโทซานผสมกับวัสดุปลูก ดังนี้ ดินผสมมูลวัวในอัตราส่วน 10:1 (T1) (เป็นร้อยละโดยมวลของมูลวัว) เปลือกกุ้ง 5% (T2) เปลือกกุ้ง 5% และแบคทีเรียผลิตไคทิเนส *Bacillus lichenifuels* SK-1 (T3) เปลือกกุ้ง 2.5% กากจากถังหมักไคโทซาน 2.5% (T4) กากจากถังหมักไคโทซาน 20% (T5) และชุดการทดลองที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ SK-1 เพียงอย่างเดียว (T6) ประเมินผลการใช้วัสดุชีวภาพต่อผลผลิตในรูปน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนใบ ความกว้างและความยาวของใบ และลักษณะภายนอกโดยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของผลผลิตระหว่างชุดทดลองควบคุมกับ T6 ซึ่งเป็นชุดทดลองที่ใส่แบคทีเรีย SK-1 อย่างเดียว ส่วนการเพิ่มวัสดุ(กึ่ง)ชีวภาพทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญซึ่งขึ้นกับฤดูเพาะปลูก เมื่อใช้ในฤดูร้อนและฤดูหนาวผักสลัดชุดการทดลอง T5 มีการเพิ่มขึ้นสูงสุดของทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามพบว่าในฤดูฝน T5 มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นมากที่สุด แต่น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเป็นอันดับสองรองจาก T2 ส่วนผักสลัดชุดการทดลอง T5 มีลักษณะภายนอกโดยรวมดีที่สุด และสังเกตเห็นความแตกต่างนี้อย่างชัดเจนและมีนัยสำคัญในฤดูหนาว การใช้วัสดุ(กึ่ง)ชีวภาพทำให้การสูญเสียน้ำหนักหลังจากเก็บไว้ที่ 8°C เป็นเวลา 2 สัปดาห์น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ และกากจากถังหมักไคโทซาน เป็นสารเสริมที่ช่วยลดการเสื่อมคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณารวมทุกฤดู การใช้วัสดุ(กึ่ง)ชีวภาพยังส่งผลต่อประชากรจุลินทรีย์ในวัสดุปลูกอีกด้วย

คำสำคัญ: วัสดุชีวภาพ ผักสลัดสายพันธุ์ 'เรดโอ๊ค' วัสดุกึ่งชีวภาพ การเพิ่มผลผลิต

---

[1] **ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330**

[1] Department of Botany, Faculty of science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330

[2] **ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330**

[2] Department of Biochemistry, Faculty of science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330

Introduction

Worldwide, lettuce (*Lactuca sativa* L.) is the most popular amongst the salad vegetable crops and within Thailand, salad vegetable crops have become more popular as health concern becomes a mainstream in everyday life. This health concern extends to an increase demand for production of organic food crop. Chitosan, a deacetylated chitin, can be a viable organic growth stimulator as a means of yield increase. Chitosan is also a natural biodegradable compound derived from crustaceous shells such as crabs and shrimps. For some horticultural and ornamental commodities, chitosan can increase harvest yield (Bautista-Baños *et al.*, 2006). Moreover, the degraded chitin can be an efficient nitrogen source. However, direct application of chitosan is not approved as an organic growing method. This research proposes to develop an organic supplemented product, with the action of naturally produced chitosan in order to simulate plant growth and induce the defence system in salad vegetable in which 'Red Oak' lettuce will be used as a model system. The waste from chitosan fermenter is comprised of left-over material from chitosan production and microbes. This also can be used to develop a useful semi-organic supplemented material, which will have both chitosan functions and high nitrogen content. Therefore, in this research, we investigated the effects of biomaterial from shrimp shell and chitosan waste on growth, yield quality, and postharvest shelf life in lettuce during three crop seasons. Furthermore, the effect of the material on soil microbe population was also investigated.

Materials and Methods

Lettuces (*Lactuca sativa* L cv. 'Red Oak') were cultivated in 3 successive crop seasons: summer (March-April), rainy (August-September) and winter (December-January) in a growhouse at Chulalongkorn University. Shrimp shell and waste from chitosan fermenter were applied to lettuces as a supplement to growing medium. To a mixture of 1 kg of soil and 100 g of cow manure (T1), the following (semi-)biomaterial was added and thoroughly mixed: 5 g of shrimp shell (T2), 5 g of shrimp shell and 10 mL of *B. lichenifuels* SK-1 suspension (1.0 OD; T3), 2.5 g of shrimp shell and 2.5 g of waste from chitosan fermenter (T4), 20 g waste from chitosan fermenter (T5),10 mL of the SK-1 suspension (1.0 OD,T6).

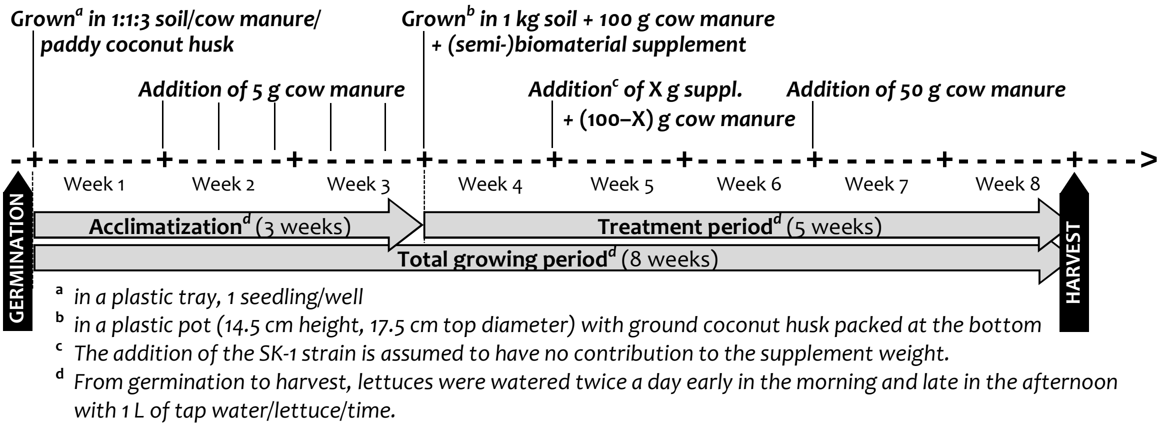


Figure 1 Summary of growing procedure.

The growing procedure was summarized in Figure 1. Seeds were sown on top of 2:1 grounded coconut husk/soil and covered with a 1-cm-thick layer of soil. After germination, the seedlings were allowed to acclimatize to the conditions of the growhouse for 3 weeks and grown after the addition of (semi-)biomaterial for an additional 5 weeks. A randomized complete block design (RCBD) was conducted with 4 replications of 6 treatments and 8 plants in each treatment. Duncan's multiple rang test (DMRT; *p*-value = 0.5) was employed to analyze (1) leaf numbers, (2) leaf width, (3) leaf length, (4) fresh weight, (5) dry weight, (6) percentage of fresh weight loss, and (7) overall appearance. To investigate the effects of (semi-)biomaterial on soil microbial population, 1 g of the growing medium (after harvest) was soaked in 9 mL of sterile water and mixed well. After centrifugation, a10-fold

diluted sediment was spread on top of King's medium B agar plate (Shurtleff and Averree III, 1997) and incubated at 25°C for 5 days.

Results and Discussion

There was no significant difference in yield and postharvest quality of lettuce between the controls and T6 in all crop seasons (Table 1). The result showed that lettuces grown in the presence of T5 had significantly higher weight than those of control and of T6 in all crop seasons. Ohta *et al*. (1999) reported that leaves of prairie gentian (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) under chitosan treatment grew better than those grown in the chitosan-free condition. Chitosan/soil mix also promoted plant and root growth of *Raphanus sativus* L. cv. Akamaru-hatsuka-daikon (Tsugita *et al*., 1993; Ohta *et al*., 2004). When incorporating 0.1% chitosan into soil before planting, growth of lettuce were improved (Chibu and Shibayama, 1999). In summer crop season (Figure 2a), the highest increase in yield in terms of leaf numbers, leaf width and length, fresh weight, dry weight and the best overall appearance were observed in the T5 treatment. In rainy crop season (Figure 2b), T5 showed the highest increase in leaf numbers, fresh weight and the best overall appearance, whereas T2 treatment showed the highest increase in leaf width and dry weight and T3 treatment showed the highest increase in leaf length. Moreover, weight losses after storage at 8°C for 2 weeks were significantly reduced with the treatment of T5. In winter crop season (Figure 2c), T5 showed the highest increase in leaf numbers, leaf length, fresh weight, dry weight and the best overall appearance, whereas T4 treatment showed the highest increase in leaf width and T3 treatment showed the lowest loss of fresh weight. The populations of soil microbes at 8 weeks after transplanting in T5 treatments were higher than those of control and T6 (Figure 3). Chitosan may have an elicitor effect changing the microbiota in soil (Ohta *et al*., 2004). This clearly showed that, T5 treatment can significantly promote yield production and postharvest quality of 'Red Oak' lettuce and suggested that T5 was the best supplement, since it could increase leaf numbers, fresh weight and the best overall appearance were observed in all crop seasons.

Table 1 Lettuce yield*.

Seasons	Treatment	Leaf number	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight loss (%)	Overall appearance (score)
Summer	T1	5.88 ± 0.16 c	2.08 ± 0.14 d	3.29 ± 0.16 d	0.42 ± 0.06 d	0.04 ± 0.08 c	33.06 ± 2.33 b	1.33 ± 0.18 b
	T2	9.41 ± 0.40 b	4.47 ± 0.22 bc	5.78 ± 0.34 bc	2.74 ± 0.40 c	0.24 ± 0.03 b	27.40 ± 4.46 ab	2.50 ± 0.18 a
	T3	8.52 ± 0.27 b	3.88 ± 0.17 c	5.51 ± 0.21 c	2.17 ± 0.24 c	0.14 ± 0.02 b	23.51 ± 1.18 ab	2.36 ± 0.16 a
	T4	10.68 ± 0.41 a	5.12 ± 0.29 b	6.55 ± 0.25 b	4.73 ± 0.57 b	0.30 ± 0.03 b	31.76 ± 5.64 b	2.65 ± 0.14 a
	T5	11.63 ± 0.74 a	6.09 ± 0.52 a	7.59 ± 0.54 a	6.58± 1.16 a	0.40 ± 0.07 a	17.86 ± 1.54 a	2.67 ± 0.18 a
	T6	6.25 ± 0.22 c	2.58 ± 0.24 d	3.65 ± 0.22 d	0.54 ± 0.11 d	0.04 ± 0.01 c	31.51 ± 3.71 b	1.46 ± 0.17 b
Rainy	T1	5.47 ± 0.19 c	2.37 ± 0.16 b	3.59 ± 0.24 b	0.54 ± 0.07 c	0.02 ± 0.00 c	41.55 ± 3.48 d	2.38 ± 0.27 b
	T2	9.66 ± 0.67 c	7.69 ± 0.45 a	8.33 ± 0.40 a	6.37 ± 0.80 a	0.21 ± 0.05 a	20.63 ± 1.74 ab	3.47 ± 0.19 a
	T3	9.74 ± 0.62 c	6.47 ± 0.58 a	6.93 ± 0.42 a	3.78 ± 0.58 ab	0.09 ± 0.01 bc	21.65 ± 2.10 bc	3.40 ± 0.24 a
	T4	7.50 ± 0.28 a	5.94 ± 1.07 a	9.55 ± 2.21 a	2.03 ± 0.26 bc	0.07 ± 0.01 bc	19.53 ± 5.73 a	3.12 ± 0.21 a
	T5	11.00 ± 0.54 a	7.23 ± 0.56 a	8.24 ± 0.46 a	8.87 ± 2.18 a	0.17 ± 0.04 ab	17.93 ± 2.23 ab	3.67 ± 0.25 a
	T6	5.28 ± 0.27 c	2.40 ± 0.19 b	3.51 ± 0.27 b	0.58 ± 0.10 c	0.02 ± 0.00 c	30.98 ± 2.10 cd	3.06 ± 0.19 a
Winter	T1	6.19 ± 0.18 c	4.40 ± 0.21 b	6.40 ± 0.25 d	1.99 ± 0.17 d	0.09 ± 0.01 d	22.71 ± 1.86 a	2.56 ± 0.13 c
	T2	12.81 ± 0.34 b	10.48 ± 0.23 a	11.91 ± 0.22 bc	16.71 ± 0.91 c	0.82 ± 0.06 c	8.35 ± 1.01 a	3.07 ± 0.13 b
	T3	13.09 ± 0.35 b	13.36 ± 3.40 a	11.74 ± 0.23 c	18.29 ± 1.09 bc	0.84 ± 0.07 c	12.07 ± 1.44 bc	3.40 ± 0.13 b
	T4	13.72 ± 0.33 b	11.08 ± 0.30 a	12.54 ± 0.21 b	20.03 ± 0.89 b	1.03 ± 0.07 b	3.46 ± 5.45 a	3.31 ± 0.20 b
	T5	15.13 ± 0.44 a	13.29 ± 0.42 a	13.52 ± 0.42 a	30.17 ± 1.91 a	1.41 ± 0.10 a	6.32 ± 1.03 a	3.93 ± 0.07 a
	T6	5.69 ± 0.21 c	5.93 ± 1.50 b	6.49 ± 0.22 d	1.83 ± 0.18 d	0.12 ± 0.04 d	19.38 ± 1.26 a	2.46 ± 0.14 c

* Values are means ± S.E. followed by different letters denote group according to Duncan's multiple range test (p = 0.05).

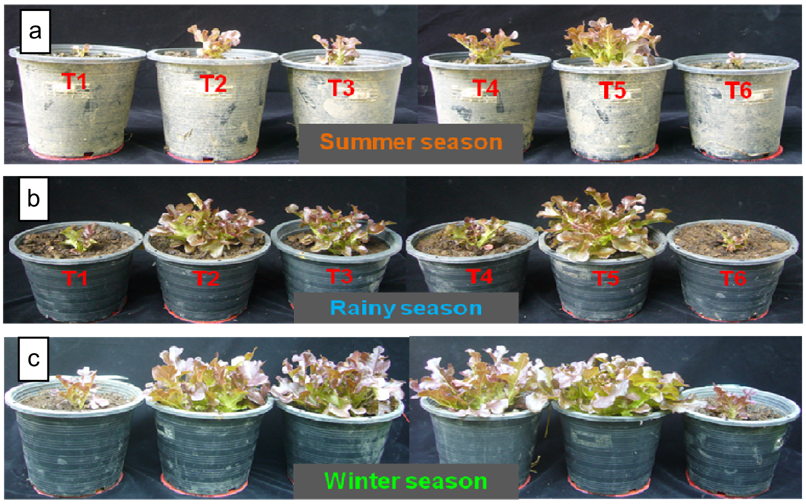


Figure 2 Effects of (semi-)biomaterial on growth and production yield of lettuce after 8 weeks of cultivation.

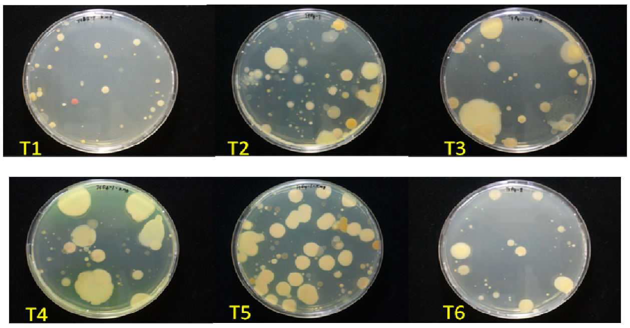


Figure 3 Population of microbes in growing medium after harvest in rainy crop season.

Summary

Addition of waste from chitosan fermenter (T5) exhibits the highest growth- and yield-promoting abilities when supplemented to the growing medium of 'Red Oak' lettuce in all seasons. Moreover, it is the best all-year-round supplement that maximizes postharvest quality.

Acknowledgements

This work was financially supported by research funds from the Faculty of Science, Chulalongkorn University and The Thai Government Stimulus Package2 (TKK 2555), under the Project for Establishment of Comprehensive Center for Innovative Food, Health Products and Agriculture.

Literature cited

Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N. and Velázquez-del Valle, M.G., 2006, Chitosan as a Potential Natural Compound to Control Pre and Postharvest Diseases of Horticultural Commodities, Crop Protection, 25: 108-118.

Chibu, H. and Shibayama, H., 1999, Effects of Chitosan Application on Shoot Growth of Several Crop Seedlings, Crop Science, 9: 15-20.

Ohta, K., Morishita, S., Suda, K., Kobayashi, N. and Hosoki, T., 2004, Effects of Chitosan Soil Mixture Treatment in the Seeding Stage on the Growth and Flowering of Several Ornamental Plants, J. Japan, Soc. Hort. Sci, 73: 66-68.

Ohta, K., Tanguchi, A., Konishi, N. and Hosoki, T., 1999, Chitosan Treatment Affects Plant Growth and Flower Quality in *Eustoma grandiflorum*, Hortscience, 34: 233-234.

Shurtleff, M.C. and Averree III, C.W., 1997, The Plant Disease Clinic and Field Diagnosis of Abiotic Diseases, The American Phytopathological Society, USA, 171 p.

Tsugita, T., Takahashi, K., Muraoka, T. and Fukui, H., 1993, The Application of Chitin/Chitosan for Agriculture, 7th Symposium on Chitin and Chitosan, Fukui, Japan. pp. 21-22 (in Japanese).

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักโขมเมล็ด 5 สายพันธุ์

Growth Analysis of Five Grain Amaranth Genotypes

ชลธิชา ยวงใย[1] จักรี เส้นทอง[1] และ สาวิตร มีจุ้ย[2]

Youngyai, C.[1], Senthong, C.[1] and Meechoui, S.[2]

Abstract

Day matter accumulation in different plant parts of five grain amaranth (*Amaranthus cruentus*, "Mexican" morphological group) genotypes; Accession PI 538320, PI 606767, PI 538321, PI 538255 and PI 477914 was determined during the two growing season (August - November 2010 and February - May 2011) at Mae Hea Agriculture Research and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Results showed that within accessions, rate of dry matter accumulation in different plant parts were similar in both season. Among the five accessions, PI 538320 produced the highest seed yield (431.46 and 367.26 kg/rai) had a higher crop growth rate (1.68 and 1.45 g/plant/day) and had a higher flower head growth rate (0.58 and 0.60 g/plant/day) and was partitioning more assimilate to the flower head (34.52 and 41.38%) than were the other four accessions in both season. It was clear that the higher yielding grain amaranth genotypes were partitioning more assimilate to the flower head (flower+seed) than were the lower-yielding ones.

Keywords: grain amaranth, total day matter accumulation, yield, partitioning coefficient

บทคัดย่อ

การสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ของผักโขมเมล็ด 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ PI 538320, PI 606767, PI 538321, PI 538255 และสายพันธุ์ PI 477914 ได้ทำการศึกษาใน 2 ฤดูปลูก (เดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 และเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554) ที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลการทดลองพบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ของผักโขมเมล็ดในแต่ละสายพันธุ์มีอัตราที่ใกล้เคียงกันในทั้งสองฤดูปลูก จากผักโขมเมล็ดทั้ง 5 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ PI 538320 ให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุด (431.46 และ 367.26 กิโลกรัมต่อไร่) และมีอัตราการเจริญเติบโตรวม (1.68 และ 1.45 กรัม/ต้น/วัน) และอัตราการเจริญเติบโตของช่อดอกรวมเมล็ด (0.58 และ 0.60 กรัม/ต้น/วัน) และมีประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ช่อดอกรวมเมล็ด (34.52 และ 41.38%) ที่สูงกว่าอีก 4 สายพันธุ์ในทั้งสองฤดูปลูก เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าสายพันธุ์ผักโขมเมล็ดที่ให้ผลผลิตสูงนั้นมีประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ช่อดอกรวมเมล็ดในปริมาณที่มากกว่าสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำ

คำสำคัญ: ผักโขมเมล็ด การสะสมน้ำหนักแห้ง ผลผลิต ประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์

คำนำ

ผักโขมเมล็ด (*Amaranthus* spp.) เป็นพืชวงศ์ *Amaranthaceae* ที่มีการเพาะปลูกมากว่า 7,000 ปี โดยชนเผ่ามายาซึ่งเป็นชนเผ่าดั้งเดิมในแถบอเมริกา (National Research Council, 1984) เป็นพืชชนิดใหม่สำหรับประเทศไทย ซึ่งเมล็ดมีคุณภาพของโปรตีนที่สูงและสามารถปลูกได้ในทุกสภาพอากาศ แม้แต่ในเขตแห้งแล้งที่มีปริมาณน้ำฝนเพียง 600 ถึง 800 มิลลิลิตร ใน 1 ปี และสามารถปลูกได้ในระดับความสูงถึง 3000 เมตร (Grubben และ Sloten, 1981) ประเทศไทยได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผักโขมเมล็ดอยู่บ้าง ซึ่งส่วนมากมุ่งเน้นเกี่ยวกับการคัดเลือกพันธุ์ การทดสอบพันธุ์และการเปรียบเทียบพันธุ์ผักโขมเมล็ดที่ปลูกในสภาพภูมิอากาศของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Duriyaprapan และคณะ,1992; Senthong และคณะ, 1992) สำหรับการศึกษาทางด้านสรีรวิทยาซึ่งเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเจริญเติบโต

[1] สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1] Division of Agronomy, Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

[2] Lampang Agriculture Research and Training Center, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 5200

การสร้างผลผลิตและรูปแบบของการสะสมน้ำแห้งในแต่ละส่วนของผักโขมเมล็ดยังไม่ได้มีการศึกษาแต่อย่างใด เนื่องจากการสะสมน้ำแห้งของพืชในแต่ละส่วน เช่น ใบ ลำต้น และเมล็ด มีปัจจัยที่แตกต่างกันมาควบคุมเกี่ยวกับเวลาและอัตราของการสะสมน้ำหนักแห้ง ซึ่งถ้ามีข้อมูลสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิตที่สูงขึ้นได้ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อทราบถึงรูปแบบของการเจริญเติบโต การสร้างผลผลิตและรูปแบบของการสะสมน้ำหนักแห้งตลอดจนการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ช่อดอกรวมเมล็ดของผักโขมเมล็ด 5 สายพันธุ์ ที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกผักโขมเมล็ดทั้ง 5 สายพันธุ์ โดยวิธีการย้ายกล้าเมื่ออายุประมาณ 15-20 วันปลูกในแปลงทดลองขนาด 4.00x6.00 เมตร มีระยะระหว่างต้น 30 เซนติเมตรและระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร จำนวน 20 แปลง บันทึกน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ และช่อดอกรวมเมล็ด บันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต เช่น จำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด วิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ (partitioning cofficient) ด้วยวิธี analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยใช้ least significant difference (LSD) ที่ค่าความเชื่อมั่น $p = 0.05$ ในการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของผักโขมเมล็ด 5 สายพันธุ์ได้ใช้สมการ linear regression analysis (Senthong, 1979) โดยใช้ค่า slope(b) จากสมการ $y = a \pm bx$ เป็นค่าของอัตราการเจริญเติบโตรวม (crop growth rate, CGR) อัตราการเจริญเติบโตของใบ (leaf growth rate, LGR) อัตราการเจริญเติบโตของลำต้น (stem growth rate, SGR) อัตราการเจริญเติบโตของช่อดอกรวมเมล็ด (flower head growth rate, FHGR) การหาค่าสัมประสิทธิของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ (partitioning coefficient of photosynthate) คำนวณได้จากสูตรของอัตราการเจริญเติบโตของแต่ละส่วนหารด้วยอัตราการเจริญเติบโตรวม (crop growth rate, CGR) คูณด้วย 100

ผลการทดลอง

อัตราการเจริญเติบโตของผักโขมเมล็ดทั้ง 5 สายพันธุ์ได้แก่สายพันธุ์ PI 538320, PI 606767, PI 538321, PI 538255 และสายพันธุ์ PI 477914 ทั้ง 2 ฤดูปลูก ฤดูปลูกที่ 1 พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 1.68, 1.31, 1.48, 1.66 และ 1.37 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตของลำต้นเท่ากับ 0.58, 0.37, 0.56, 0.59 และ 0.47 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตของใบเท่ากับ 0.56, 0.61, 0.56, 0.65 และ 0.53 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญเติบโตช่อดอกรวมเมล็ดเท่ากับ 0.58, 0.37, 0.37, 0.43 และ 0.33 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ สำหรับในฤดูปลูกที่ 2 พบว่า มีอัตราการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 1.45, 1.57, 1.20, 1.35 และ 1.32 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตของลำต้นเท่ากับ 0.42, 0.48, 0.27, 0.33 และ 0.52 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตของใบเท่ากับ 0.50, 0.60, 0.50, 0.68 และ 0.46 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญเติบโตช่อดอกรวมเมล็ดเท่ากับ 0.60, 0.60, 0.45, 0.30 และ 0.29 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ (Table 1)

ประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ลำต้น ใบ และช่อดอกรวมเมล็ดของผักโขมเมล็ด 5 สายพันธุ์ ในทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่า สายพันธุ์ PI 538320 มีประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ช่อดอกรวมเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 34.52 และ 41.38% ซึ่งสูงกว่าผักโขมเมล็ดทั้ง 4 สายพันธุ์ในทั้ง 2 ฤดูปลูก (Table 2)

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของผักโขมเมล็ด 5 สายพันธุ์ ในฤดูปลูกที่ 1 พบว่า ผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสายพันธุ์ PI 538320 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 431.46 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ PI 477914, PI 606767, PI 538255 และ PI 538321 ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 389.56, 394.32, 381.60 และ 334.96 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนผักโขมเมล็ดที่ปลูกในฤดูปลูกที่ 2 พบว่าผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสายพันธุ์ PI 538320 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 367.26 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาได้แก่ PI 606767, PI 538255, PI 477914 และ PI 538321 ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 349.80, 345.56, 343.44 และ 341.32 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ สำหรับองค์ประกอบผลผลิตของผักโขมเมล็ดทั้ง 5 สายพันธุ์ที่ปลูกในทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่าจำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 3)

Table 1 Crop growth rate (CGR), stem growth rate (SGR), leaf growth rate (LGR), flower head growth rate (FHGR) of five grain amaranth genotypes

genotype	CGR (g/plant/day)		SGR (g/plant/day)		LGR (g/plant/day)		FHGR (g/plant/day)	
	season 1	season 2	season 1	season 2	season 1	season 2	season 1	season 2
PI 538320	1.68	1.45	0.58	0.42	0.56	0.5	0.58	0.60
PI 606767	1.31	1.57	0.37	0.48	0.61	0.6	0.37	0.60
PI 538321	1.48	1.20	0.56	0.27	0.56	0.5	0.37	0.45
PI 538255	1.66	1.35	0.59	0.33	0.65	0.68	0.43	0.30
PI 477914	1.37	1.32	0.47	0.52	0.53	0.46	0.33	0.29
Mean	1.5	1.38	0.51	0.4	0.58	0.55	0.42	0.45

Table 2 Partitioning coefficient (%) of assimilate to the stem, leaf and flower head 0f five grain amaranth genotypes

genotype	stem		leaf		flower head	
	season 1	season 2	season 1	season 2	season 1	season 2
PI 538320	34.52	28.97	33.33	34.48	34.52	41.38
PI 606767	28.24	30.57	46.56	38.22	28.03	38.22
PI 538321	37.84	22.50	37.84	41.67	24.49	37.50
PI 538255	35.54	24.44	39.16	50.37	25.91	22.96
PI 477914	34.31	39.39	38.69	34.85	24.09	21.97
Mean	34.09	29.17	39.12	39.92	27.41	32.41

Table 3 Seed yield and yield components 0f five grain amaranth genotypes

genotype	Panicle per hill	Total seed per hill	1,000 weight (g)	Seed yield (Kg/rai)[1]
season 1				
PI 538320	5.07	12,275	0.84	431.46[a]
PI 606767	4.72	11,339	0.81	394.32[ab]
PI 538321	4.53	11,451	0.74	334.96[c]
PI 538255	4.85	10,995	0.86	381.60[bc]
PI 477914	4.75	10,850	0.86	398.56[ab]
Mean	4.78	11,382	0.82	388.18
F-test	ns	ns	ns	0.02
season 2				
PI 538320	5.72	10,281	0,85	367.26
PI 606767	5.47	8,791	0.86	349.8
PI 538321	4.97	9,431	0.85	341.32
PI 539255	5.13	9,716	0.76	345.56
PI 477914	5.57	9,191	0.81	343.44
Mean	5.37	9,482	0.83	349.48
F-test	ns	ns	ns	ns

[1] Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$

ns = not Significant different, * = significant different at $p \leq 0.05$

วิจารณ์ผล

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักโขมเมล็ดทั้ง 5 สายพันธุ์ที่ปลูกในทั้ง 2 ฤดูปลูก การวิเคราะห์หาอัตราการเจริญเติบโต (CGR) ของส่วนต่างๆ ได้ โดยใช้วิธี linear regression พบว่า พืชพันธุ์ใดมีการสร้างน้ำหนักแห้งอยู่ในส่วนที่เจริญเติบโต เช่น ลำต้น ใบ กิ่ง และ ดอก มากสามารถวิเคราะห์ได้ว่า พืชชนิดนั้นมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าพืชอีกพันธุ์หนึ่ง ซึ่งมีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนเจริญต่ำกว่า หรือถ้าพืชมีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนที่เป็นผลผลิต เช่น ฝัก หรือ เมล็ด อยู่มากสามารถบอกได้ว่า พืชชนิดนั้น มีอัตราการเจริญเติบโตของฝักหรือเมล็ดที่สูง ผลผลิตที่ได้มีมากขึ้นไปด้วย (จักรี, 2539) จากผลการทดลองนี้สามารถอธิบายว่าสายพันธุ์ PI 538320 ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าอีก 4 สายพันธุ์ในทั้ง 2 ฤดูปลูกนั้น เนื่องมาจากอัตราการเจริญเติบโตของช่อดอกรวมเมล็ด (FHGR) สูงกว่าสายพันธุ์อื่น คือ 0.58 และ 0.60 กรัม/ต้น/วัน โดยพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงนี้มีการถ่ายเทสารสังเคราะห์จากส่วนที่เจริญเติบโต (vegetative) ไปสู่ส่วนที่เจริญพันธุ์ (reproductive) ในปริมาณที่มากกว่า การถ่ายเทสารสังเคราะห์ระหว่างส่วนที่เจริญเติบโต (vegetative) กับส่วนที่เจริญพันธุ์ (reproductive) ยังเป็นกลไกสำคัญในทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับการสร้างผลผลิตเป็นอย่างยิ่ง (Duncan และคณะ, 1978) ซึ่งการกระจายสารสังเคราะห์นี้ ไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืชนั้นจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสง และความสามารถของ sink แต่ละส่วนได้รับสารสังเคราะห์ได้มากหรือน้อยเพียงใด โดยขึ้นอยู่กับรูปแบบของท่อลำเลียงในพืชแต่ละชนิดและสภาพของสิ่งแวดล้อมด้วย

สรุปผล

อัตราการเจริญเติบโตรวม อัตราการเจริญเติบโตของช่อดอกรวมเมล็ด ประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ช่อดอกรวมเมล็ดของผักโขมเมล็ดทั้ง 5 สายพันธุ์จะมีความแตกต่างกัน สายพันธุ์ PI 538320 มีประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ช่อดอกรวมเมล็ด อัตราการเจริญเติบโตของช่อดอกรวมเมล็ด (FHGR) และการให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ในทั้ง 2 ฤดูปลูก จากการศึกษาประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ และอัตราการเจริญเติบโตของผักโขมเมล็ดนี้ใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงเสถียรภาพและความสามารถในการสร้างผลผลิตของพืชได้อย่างเหมาะสม และเป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ผลผลิตที่สูงขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

จักรี เส้นทอง, 2539, พลวัตการผลิตพืช, ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Duncan, W.G., McCloud, D.E. and Boote, R.J., 1978, Physiological Aspects of Peanut Yield Improvement, Crop Sci, 18: 1015-1020.

Duriyaprapan, S., Buranasilpin, P., Tanpanich, S., Chitanwasarn, S. and Watankul, J., 1992, Preliminary Evaluation and Screening of Introduced Amaranth in Thailand, Food Reviews International, 8(2): 125-142.

Grubben, G.J.H. and van Sloten, D.H., 1981, Genetic Resources of Amaranth, AGP: IBPRG 80.2 Int. Board for Plant Genetic Research, Food and Agri, Org. of the UN, Rome, 57 pp.

National Research Council, 1984, "Amaranth: Modern Prospects for an Ancient crop, National Academy Press. Washington, D.C. 63 p.

Senthong, C., 1979, Growth Analysis in Several Peanut Cultivars and the Effect of Peanut Root – knot Nematode (*Meloidogyne arenaria*) on Peanut Yield, Ph. D. Dissertation, Univ. of Florida, U.S.A. 62 pp

Senthong, C., Julsrigival, S., Tiyawalee, D. and Wivutvongvana, P., 1992, Germplasm Screening of Grain Amaranth in Chiang Mai, Thailand, Food Reviews International, 8(2): 143-157.

บทบาทของซิลิกอนต่อการเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) ภายใต้ภาวะเค็ม

Roles of Silicon on Growth of Thai Jasmine Rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) under Salt Stress

จักรี เหล็กกล้า[1] และ อัญชลี ใจดี[1]
Lekklar, C.[1] and Chaidee, A.[1]

Abstract

The main objective of this study was to illustrate the roles of silicon (Si) in enhancing salt tolerance in Thai jasmine rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML105). Three weeks old seedlings were subjected to 60 mM NaCl with or without 0.5 mM Si supplementation. Salt stress induced a pronounced inhibition in shoot and root growth after 7 days of treatment, following with a significant reduction about 50 % in photosynthetic pigment contents after 14 days. Exogenous Si completely eliminated the inhibitory effect of salt stress on shoot and root growth after 7 days. When stress period was extended to 14 days, root growth of salt-stressed seedlings was not improved by Si application while shoot growth was significantly enhanced. Moreover, root/shoot ratio was significantly reduced after 14 days of salt stress, regardless of Si. Also, Si addition enhanced shoot dry mass production under control treatment, resulting in drastic decrease in root shoot ratio. Interestingly, chl *a*, chl *b* and carotenoid contents of salt-stressed seedlings were maintained to the control level in the presence of Si. Conclusion, we suggest that exogenous Si could improve shoot growth of KDML105 rice seedlings by protecting the photosynthetic apparatus against salt stress.
Keywords: *Oryza sativa* L., photosynthetic pigment, salt stress, silicon

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของซิลิกอนในการเพิ่มความทนเค็มในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) ย้ายปลูกต้นกล้าข้าวอายุ 3 สัปดาห์ลงสารละลายธาตุอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 60 มิลลิโมลาร์ที่เติมและไม่เติมซิลิกอนเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ผลการศึกษาพบว่าการเติบโตส่วนยอดและรากของข้าวลดลงหลังจากข้าวได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 7 วัน และเมื่อได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 14 วัน ทำให้ปริมาณรงควัตถุในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับภาวะปกติ การเติมซิลิกอนสามารถลดผลของภาวะเค็มที่มีต่อการเติบโตทั้งส่วนยอดและรากของข้าวได้เมื่อผ่านไป 7 วัน แต่เมื่อได้รับภาวะเค็มยาวนานถึง 14 วัน การเติมซิลิกอนไม่สามารถเพิ่มการเติบโตส่วนรากของต้นกล้าที่ได้รับภาวะเค็มได้แต่สามารถเพิ่มการเติบโตส่วนยอดได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นเมื่อข้าวได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 14 วันทำให้อัตราส่วนของรากต่อต้นลดลงจากภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับข้าวที่ได้รับซิลิกอนในภาวะเค็ม การเติมซิลิกอนเพิ่มการสร้างน้ำหนักแห้งส่วนยอดและเป็นผลให้มีการลดลงของอัตราส่วนของรากต่อต้นในภาวะปกติด้วยเช่นกัน ซิลิกอนยังสามารถรักษาระดับของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ของต้นกล้าที่ได้รับภาวะเค็มให้อยู่ในระดับปกติได้ ดังนั้นการเติมซิลิกอนสามารถเพิ่มการเติบโตส่วนยอดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้โดยการป้องกันรงควัตถุไม่ให้ได้รับความเสียหายจากภาวะเค็ม
คำสำคัญ: ข้าว รงควัตถุ ภาวะเค็ม ซิลิกอน

คำนำ

ภาวะเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทำให้ค่าศักย์ของน้ำ (water potential) ในดินลดต่ำลงเป็นผลให้รากพืชดูดน้ำได้น้อยกว่าปกติจนเกิดความเครียดจากภาวะขาดน้ำ นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาที่ได้รับภาวะเค็มยาวนานขึ้นการ

[1] หน่วยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[1] Environment and Plant Physiology Research Unit, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand 10330

เจริญเติบโตของพืชลดลง เนื่องจากความเป็นพิษจากไอออนของเกลือที่สะสมในเซลล์ร่วมด้วย ซึ่งไอออนของเกลือมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เช่น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเห็นผลกระทบที่ชัดเจนในพืชที่อ่อนแอต่อภาวะเค็ม (Munns, 2002)

ซิลิกอนเป็นธาตุที่มีมากในดินโดยอยู่ในรูปของกรดซิลิซิก (silicic acid) มีความเข้มข้น 0.1-0.6 มิลลิโมลาร์ ซิลิกอนมีคุณสมบัติของการเป็นธาตุเสริมประโยชน์ ทำให้มีการศึกษาการนำซิลิกอนมาใช้เพิ่มการปรับตัวต่อภาวะเครียดทางชีวภาพและทางกายภาพ ในพืชหลายชนิดเช่น บาร์เลย์ ข้าวและแตงกวา (Epstein, 1999) เป็นต้น บทบาทของซิลิกอนในการเพิ่มความทนเค็มในพืชเกิดเนื่องจากซิลิกอนสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ H^+-ATPase และ H^+-PPase บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์รากเมื่ออยู่ในภาวะเค็มซึ่งมีผลลดการดูดซึมและการสะสมโซเดียมทำให้มีการสะสมบริเวณต้นในปริมาณที่ลดลง ในขณะเดียวกันยังเพิ่มการดูดซึมและลำเลียงโพแทสเซียมทำให้เกิดความสมดุลของไอออนในเซลล์ได้ (Liang และคณะ, 2007) Matoh และคณะ (1986) พบว่าการให้ซิลิกอนในภาวะเค็มมีผลยับยั้งการคายน้ำ ทำให้ลดความเครียดที่เกิดจากการขาดน้ำของข้าวได้ อย่างไรก็ดียังไม่มีรายงานวิจัยบทบาทของซิลิกอนต่อการชักนำความทนเค็มในข้าวสายพันธุ์ไทย ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของซิลิกอนต่อการเติบโตของข้าว (*Oryza sativa* L.) พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยและมีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างซึ่งดินบริเวณนั้นจัดเป็นดินเค็ม (สำนักงานคณะกรรมการกำกับการซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า, 2553) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ช่วยให้เข้าใจกลไกการปรับตัวของข้าวต่อภาวะเค็มและสามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารนี้เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์นี้ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อายุ 3 สัปดาห์จากนั้นปลูกข้าวให้ได้รับภาวะเค็มร่วมกับการได้รับซิลิกอน โดยมีชุดทดลองดังนี้ ชุดทดลองที่ 1 คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร WP No. 2 (Vajrabhaya และ Vajrabhaya,1991) (control) ชุดทดลองที่ 2 คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร WP + 0.5 mM Si ชุดทดลองที่ 3 คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร WP + 60 mM NaCl + 0 mM Si ชุดทดลองที่ 4 คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร WP + 60 mM NaCl + 0.5 mM Si บันทึกผลการเจริญเติบโตของข้าว โดยวัดค่าต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน ดังนี้ น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก อัตราส่วนรากต่อต้น (Harris, 1992) และปริมาณรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ ตามวิธีการของ Arnon (1949)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีการเจริญเติบโตของส่วนยอดและรากลดลงประมาณ 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับภาวะปกติ (Table 1) การเจริญเติบโตที่ลดลงดังกล่าวไม่ได้เป็นผลมาจากภาวะขาดน้ำเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำในต้นพืช สอดคล้องกับผลการทดลองของ Cha-um และคณะ (2004) ซึ่งทำการทดลองในข้าวพันธุ์นี้ การเติมซิลิกอนเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ลงในสารละลายธาตุอาหารสามารถลดผลของภาวะเค็มที่มีต่อการเติบโตของข้าวพันธุ์นี้ได้โดยสามารถรักษาน้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและรากให้ไม่แตกต่างจากภาวะปกติ เช่นเดียวกับการศึกษาในข้าวพันธุ์ Kinmaze ซึ่งพบว่าการเติมซิลิกอนเข้มข้น 0.89 มิลลิโมลาร์ ทำให้ข้าวพันธุ์นี้มีน้ำหนักแห้งยอดและรากเฉลี่ยสูงกว่าข้าวที่ปลูกในภาวะเค็มที่ไม่มีการเติมซิลิกอน (Matoh และคณะ, 1986) อย่างไรก็ตามอัตราส่วนของรากต่อต้นไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากภาวะเค็ม แสดงให้เห็นว่าการได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 7 วัน มีผลต่อการเติบโตส่วนของส่วนยอดและรากของข้าวพันธุ์นี้ในระดับเดียวกัน เมื่อข้าวได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 14 วัน พบว่าภาวะเค็มยับยั้งการเติบโตประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) การเติมซิลิกอนในสารละลายธาตุอาหารสามารถลดผลของภาวะเค็มที่มีต่อการเติบโตส่วนยอดอย่างมีนัยสำคัญแต่ไม่สามารถลดผลของภาวะเค็มที่มีต่อการเติบโตส่วนรากได้ โดยข้าวมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรากต่ำกว่าภาวะปกติประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของรากต่อต้นพบว่าข้าวที่ได้รับภาวะเค็มอย่างเดียวและข้าวที่ได้รับภาวะเค็มร่วมกับซิลิกอนมีอัตราส่วนของรากต่อต้นน้อยกว่าภาวะปกติประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ซึ่งแตกต่างจากการทดลองในมะเขือเทศที่มีอัตราส่วนรากต่อต้นเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในภาวะเค็ม ในขณะที่การเติมซิลิกอนมีผลให้อัตราส่วนรากต่อต้นของมะเขือเทศที่ได้รับภาวะเค็มเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการไม่ได้เติมซิลิกอน (Romero-Aranda และคณะ, 2006) นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมซิลิกอนในภาวะปกติทำให้ข้าวมีอัตราส่วนของรากต่อต้นน้อยลงอีกด้วย เมื่อพิจารณาปริมาณรงควัตถุในใบของข้าวพบว่า การที่ข้าวได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 7 วัน ภาวะเค็มยังไม่ส่งผลถึง

ปริมาณรงควัตถุ (Figure 1a-c) อย่างไรก็ตามเมื่อข้าวได้รับภาวะเค็มยาวนานถึง 14 วัน ภาวะเค็มทำให้ใบมีปริมาณรงควัตถุน้อยกว่าภาวะปกติประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ การเติมซิลิกอนสามารถลดผลของภาวะเค็มที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการมีมวลแห้งของส่วนยอดที่มากกว่าข้าวที่ได้รับภาวะเค็มโดยไม่ได้รับซิลิกอน จึงสรุปได้ว่าซิลิกอนสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของส่วนยอดของข้าวสายพันธุ์นี้ได้โดยการปกป้องรงควัตถุไม่ให้เกิดความเสียหายจากภาวะเค็ม ทั้งนี้ในการอธิบายการทำงานในระดับเซลล์ของซิลิกอนควรทำโดยตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์กลุ่มแอนติออกซิแดนท์ทั้งส่วนยอดและรากของข้าวพันธุ์นี้เมื่ออยู่ภายใต้ภาวะเค็มร่วมด้วย

สรุปผล

การเติมซิลิกอนในสารละลายธาตุอาหารสามารถรักษาปริมาณรงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงให้อยู่ในระดับปกติได้ตลอดระยะเวลาที่ได้รับภาวะเค็ม 14 วัน เป็นผลให้มีการเติบโตของส่วนยอดมากกว่าการไม่ได้รับซิลิกอนได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 ภายใต้แผนงานวิจัยอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพและศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CEB_M72_2011)

Table 1 Shoot and root fresh weight, dry weight and root/shoot ratio of rice plants grown with 0 and 60 mM NaCl in the presence or absence of 0.5 mM Si for 7 days

Parameters	Treatments				SL
	WP (Control)	WP + 0.5 mM Si	60 mM NaCl	60 mM NaCl + 0.5 mM Si	
Shoot fresh weight (g)	0.752 ± 0.045a	0.785 ± 0.018a	0.355 ± 0.043c	0.630 ± 0.007b	*
Root fresh weight (g)	0.158 ± 0.012a	0.155 ± 0.006a	0.084 ± 0.013b	0.150 ± 0.002a	*
Shoot dry weight (g)	0.105 ± 0.006a	0.112 ± 0.002a	0.064 ± 0.005b	0.095 ± 0.006a	*
Root dry weight (g)	0.016 ± 0.001a	0.016 ± 0.000a	0.008 ± 0.001b	0.015 ± 0.000a	*
Root/shoot ratio	0.148 ± 0.008	0.142 ± 0.001	0.130 ± 0.007	0.141 ± 0.113	ns

The values are means of four replicates ± standard error (S.E.). Different letters in each row represent significant difference at $P \leq 0.05$ level based on Duncan's multiple range test. ns: non-significant; *$P < 0.05$

Table 2 Shoot and root fresh weight, dry weight and root/shoot ratio of rice plants grown with 0 and 60 mM NaCl in the presence or absence of 0.5 mM Si for 14 days

Parameters	Treatments				SL
	WP (Control)	WP + 0.5 mM Si	60 mM NaCl	60 mM NaCl + 0.5 mM Si	
Shoot fresh weight (g)	1.335 ± 0.061a	1.391 ± 0.091a	0.553 ± 0.009c	0.745 ± 0.034b	*
Root fresh weight (g)	0.295 ± 0.026a	0.282 ± 0.019a	0.129 ± 0.002b	0.168 ± 0.009b	*
Shoot dry weight (g)	0.187 ± 0.007a	0.197 ± 0.012a	0.110 ± 0.002c	0.142 ± 0.005b	*
Root dry weight (g)	0.029 ± 0.002a	0.028 ± 0.002a	0.014 ± 0.000b	0.016 ± 0.001b	*
Root/shoot ratio	0.155 ± 0.005a	0.139 ± 0.003b	0.122 ± 0.003c	0.122 ± 0.004c	*

The values are means of four replicates ± standard error (S.E.). Different letters in each row represent significant difference at $P \leq 0.05$ level based on Duncan's multiple range test. ns: non-significant; *$P < 0.05$

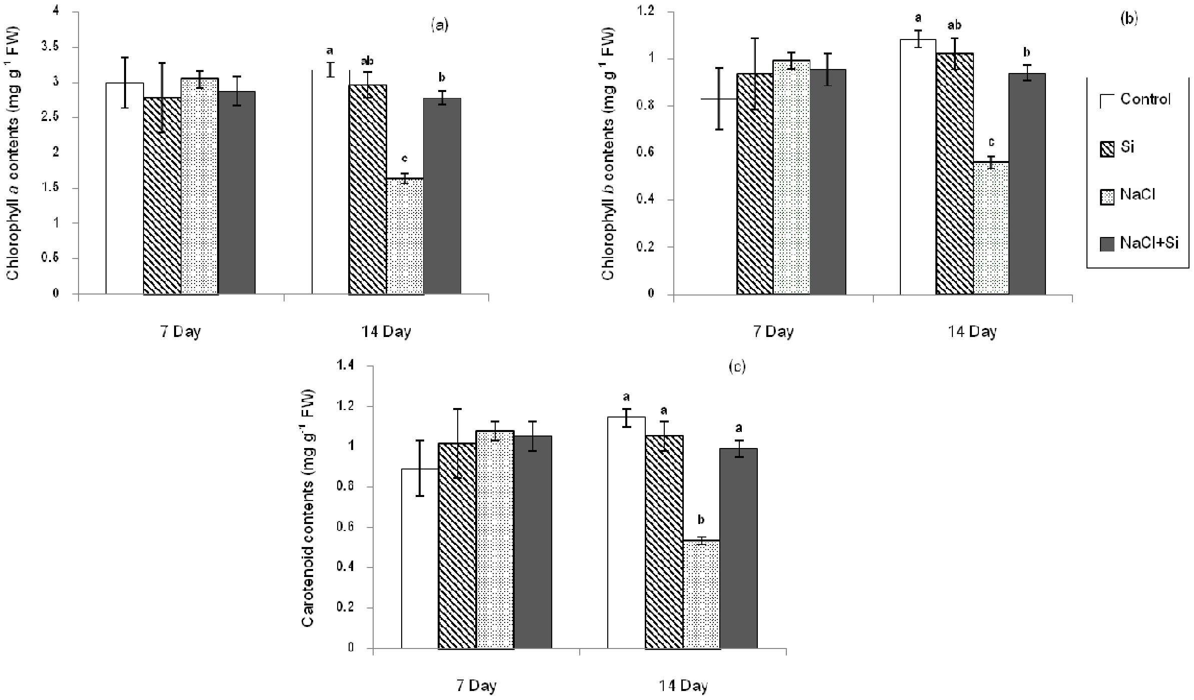


Figure 1 Effects of Si on chlorophyll *a* (a), chlorophyll *b* (b) and carotenoid contents (c) in rice leaves grown in nutrient solution. Control; WP nutrient solution,
Si; WP + 0.5 mM Si, NaCl; 60 mM NaCl and NaCl + Si; 60 mM NaCl + 0.5 mM Si. Data are means ± S.E. of four replicates, Bars with different letters are significantly different (P < 0.05).

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการกำกับการซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า, แหล่งเพาะปลูกข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวขาวดอกมะลิ 105 [สืบค้น], http://www.aftc.or.th/itc/products_analyze_price_01.php?id=56andfgrp_id=5andfmnu_id=18 [29/ July/ 10].

Arnon, D. I., 1949, Copper Enzymes in Isolated Chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta valgaris*, Plant Physiology, 24: 1-15.

Cha-um, R., Kirdmanee, C. and Supaibulwatana, K., 2004, Biochemical and physiological Responses of Thai Jasmine Rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) to Salt Stress, ScienceAsia, 30: 247-253.

Epstein, E., 1999, Silicon, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50: 641-664.

Harris, R.W., 1992, Root-Shoot Ratios, Journal of Arboriculture, 18(1): 39-42.

Liang, Y., Sun, W., Zhu, Y. and Christie, P., 2007, Mechanisms of Silicon-mediated Alleviation of Abiotic Stresses in Higher Plants: A review, Environmental Pollution, 147: 422-428.

Matoh, T., Kairusmee, P. and Takahashi, E., 1986, Salt-induced Damage to Rice Plants and Alleviation Effect of Silicate, Soil Science and Plant Nutrition, 32: 295-304.

Munns, R., 2002, Comparative Physiology of Salt and Water Stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250.

Romero-Aranda, M.R., Jurado, O. and Cuartero, J., 2006, Silicon Alleviates the Deleterious Salt Effect on Tomato Plant Growth by Improving Plant Water Status, Journal of Plant Physiology, 163: 847-855.

Vajrabhaya, M. and Vajrabhaya, T., 1991, Somaclonal Variation of Salt Tolerance in Rice. In Y. P. S. Bajaj (ed.), Biotechnology in Agriculture and Forestry, Spring-Valege, Berlin Heidelberg, 493 p.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 49-52 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 49-52 (2554)

ความอุดมสมบูรณ์ของดินในป่าปาล์มสาคู

Soil Fertility in Sago Palm Forest

กัญจนัสม์ พาพล[1] **และ นิพนธ์ ใจปลื้ม**[2]

Parpol, K.[1] and Jaipluem, N.[2]

Abstract

Soil fertility in sago palm forest was investigated in 4 areas of Ronpiboon, Thungsong, Muang and Chaleramphrageart district, Nakhon Srithammarat province. Testing soil property by random sampling of soil in 2 level of depth such as 0- 15 cm and 15 – 30 cm each depth level was collected sampling 5 replications. The research found that sago palms grew well on high acid to slightly acid soil at pH 4.30-6.50, electrical conductivity 20-140 µscm^{-1}, total N 0.10-0.16%, organic matter 0.66-2.60%, available P 6-23 mg kg^{-1}, cation exchange capacity 7-14 cmol$_c$kg^{-1}, base saturature consisting Ca 1.40-5.20 cmol$_c$kg^{-1}, Mg 0.80-3.10 cmol$_c$kg^{-1}, Na 0.02-0.17 cmol$_c$kg^{-1} and K 0.20-0.60 cmol$_c$kg^{-1}. Soil texture was clay and bulk density was 0.70-1.30 g cm^{-3}.

Keywords: sago, soil fertility

บทคัดย่อ

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในป่าปาล์มสาคูใน 4 พื้นที่ของจังหวัดนครศรีธรรมราช คือ อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอทุ่งสง อำเภอเมืองและอำเภอเฉลิมพระเกียรติ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของดินในป่าสาคู โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก ได้แก่ 0-15 เซนติเมตร และ 15-30 เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกเก็บตัวอย่าง 5 ซ้ำ พบว่า สาคูเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีระดับความเป็นกรดจัดถึงกรดอ่อน คือค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง 4.30-6.50 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน 20-140 µs cm^{-1} ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน 0.10-0.16% อินทรียวัตถุในดิน 0.66-2.60% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6-23 mg kg^{-1} ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 7-14 cmol$_c$ kg^{-1} ด่างที่แลกเปลี่ยนได้ในดินประกอบด้วย แคลเซียม 1.40-5.20 cmol$_c$ kg^{-1} แมกนีเซียม 0.80-3.10 cmol$_c$ kg^{-1} โซเดียม 0.02-0.17 cmol$_c$ kg^{-1} และโพแทสเซียม 0.20-0.60 cmol$_c$ kg^{-1} เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีความหนาแน่น 0.70-1.30 g cm^{-3}

คำสำคัญ: สาคู ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

คำนำ

สาคู (*Metroxylon sagu* Rottb) เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีฝนตกสม่ำเสมอ มีปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ 2,000-5,000 มิลลิเมตร (Mc Clatchey และคณะ, 2006) สาคูเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในพื้นที่ชุ่มน้ำหรือพื้นที่ ที่มีการทับถมของซากพืชที่เรียกว่า ป่าพรุ (peat swamp forest) ซึ่งพื้นล่างของพรุมีชั้นซากพืชและอินทรียวัตถุต่างๆ ที่ไม่ค่อยสลาย(peat)ทับถมกันหนามาก ดินในลักษณะดังกล่าวมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สภาพทางเคมีและชีวภาพของดินถูกเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช สาคูเจริญได้ดีในพื้นที่ที่มีสภาพกรดจัดที่ pH 4.4 ถึงดินที่เป็นกรดอ่อนที่ pH 6.5 ซึ่งในระดับ pH 4.4 พืชชนิดอื่นไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี (Kawahigashi และคณะ, 2003) สาคูเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในพื้นที่ชุ่มน้ำเนื่องจากระบบรากของสาคูจะช่วยดักตะกอนและแร่ธาตุอาหารที่ถูกชะล้าง ไม่ให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำบริโภคนอกจากนี้บริเวณต้นสาคูเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำขนาดเล็ก ซึ่งทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ แต่ในปัจจุบันพื้นที่ป่าสาคูได้ถูกทำลายเป็นจำนวนมากโดยวิธีหลากหลาย เช่น การขุดคลองระบายน้ำ การจัดระบบชลประทานการปรับพื้นที่เพื่อสร้างที่อยู่อาศัย การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพื่อทำการปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ทำให้พื้นที่ป่าสาคูมีจำนวนลดลงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำและ

---

[1] **สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110**

[1] Department of Plant Science, Rajamangala University of Technology Srivijaya Campus, Thungsong district, Nakhon Srithammarat province, 80110

[2] **สาขาพัฒนาการเกษตรและธุรกิจการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110**

[2] Agricultural Development and Agribusiness Management, Rajamangala University of Technology Srivijaya Campus, Thungsong district, Nakhon Srithammarat province, 80110

สภาพความเป็นอยู่โดยรวม ทำให้มีแนวโน้มสูญเสียพื้นที่ชุ่มน้ำอย่างถาวรเพิ่มขึ้นทุกปี เกิดผลกระทบทั้งด้านความมั่งคงทางอาหาร ด้านสภาพแวดล้อม การดำรงชีวิตและระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำเป็นผลให้รายได้ของประชาชนที่ควรได้มีจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของสาคูต้องขาดหายไปเป็นจำนวนมาก รวมทั้งผลกระทบที่ตามมาจากการสูญเสียพื้นที่ป่าอย่างถาวร การศึกษาคุณสมบัติของดินเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานของดิน ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาวางแผนจัดการการใช้ประโยชน์ของที่ดินในบริเวณป่าสาคูได้อย่างถูกต้องและยั่งยืน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของดินในบริเวณป่าสาคู

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของตัวอย่างดินซึ่งสาคูสามารถเจริญเติบโตได้ตามธรรมชาติ ประกอบด้วยตัวอย่างดิน 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างดินอำเภอทุ่งสง อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอเมือง และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ สำหรับตัวอย่างดินทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก ได้แก่ 0-15 เซนติเมตร และ 15-30 เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกเก็บตัวอย่าง 5 ซ้ำในแต่ละพื้นที่ นำตัวอย่างดินที่เก็บ นำมาตาก บด และร่อนด้วยตะแกรง เพื่อเตรียมวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ซึ่งประกอบด้วย ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) วิเคราะห์แบบดิน : น้ำ เท่ากับ 1:5 ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total N) วิธี Kjeldahl method อินทรียวัตถุในดิน (% organic matter (%OM)) วิธี Walkey and Black method ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ วิธี Bray II method ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) และด่างที่แลกเปลี่ยนได้ในดินประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม วิเคราะห์ด้วยวิธี Ammonium acetate method (จำเป็น, 2547) เนื้อดินวิธี Hydrometer method ความหนาแน่น (bulk density) วิธี Clod method (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2546)

ผลการทดลอง

การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของดิน โดยเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก คือ 0-15 เซนติเมตร (Table 1) และ 15-30 เซนติเมตร (Table 2) ใน 4 พื้นที่ สาคูสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 4.30-6.50 ซึ่งดินเป็นกรดจัดถึงดินเป็นกรดอ่อน ดินในพื้นที่อำเภอเมืองมีระดับกรดสูงสุด และดินในพื้นที่อำเภอร่อนพิบูลย์มีระดับกรดน้อยที่สุด ค่าการนำไฟฟ้าของดินอยู่ระหว่าง 20-140 $\mu s\ cm^{-1}$ ดินในพื้นที่อำเภอทุ่งสง มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุด ดินในพื้นที่อำเภอเมือง มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด ไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่าระหว่าง 0.10-0.16% อินทรียวัตถุในดินมีค่าระหว่าง 0.66-2.60% ซึ่งเป็นระดับอินทรียวัตถุต่ำมากถึงค่อนข้างสูง ดินในพื้นที่อำเภอเมือง มีปริมาณไนโตรเจนและอินทรียวัตถุในดินสูงสุด ขณะที่ดินในพื้นที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติมีปริมาณไนโตรเจนและอินทรียวัตถุในดินต่ำสุด สำหรับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) มีค่าระหว่าง 6-23 $mg\ kg^{-1}$ ซึ่งเป็นระดับค่าต่ำถึงค่อนข้างสูง ดินในพื้นที่อำเภอเมือง มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด ขณะที่ดินในอำเภอร่อนพิบูลย์มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำสุด ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าระหว่าง 7-14 $cmol_c\ kg^{-1}$ ซึ่งเป็นระดับต่ำถึงปานกลาง ดินในพื้นที่อำเภอร่อนพิบูลย์ มีค่า CEC สูงสุด ขณะที่ดินในพื้นที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ มีค่า CEC ต่ำสุด สำหรับด่างที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ประกอบด้วยแคลเซียมมีค่า 1.40-5.20 $cmol_c\ kg^{-1}$ แมกนีเซียมมีค่า 0.80-3.10 $cmol_c\ kg^{-1}$ โซเดียมมีค่า 0.02-0.17 $cmol_c\ kg^{-1}$ และโพแทสเซียมมีค่าระหว่าง 0.20-0.60 $cmol_c\ kg^{-1}$ ซึ่งทำให้ค่าประจุบวกที่เป็นด่าง (%BS) มีระดับปานกลางถึงต่ำในดิน ดินในพื้นที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ มีค่า %BS สูงสุด 64% ขณะที่ดินในพื้นที่อำเภอร่อนพิบูลย์ มี%BS ต่ำสุด 24% เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินเหนียว ความหนาแน่นของดินอยู่ระหว่าง 0.70-1.30 $g\ cm^{-3}$

Table 1 Soil properties in sago forest at depth 0 – 15 cm

Depth 0-15 cm												
Sample	pH (1:5)	EC (µs cm^{-1})	total N (%)	available P (mg kg^{-1})	NH_4OAc Extract ($cmol_c kg^{-1}$)				OM (%)	CEC ($cmol_c kg^{-1}$)	bulk density (g cm^{-3})	Soil texture
					K	Ca	Mg	Na				
Thungsong	5.36	32.22	0.15	11.82	0.20	5.26	0.18	0.05	1.76	11.05	1.15	Clay
Muang	5.28	90.32	0.16	22.63	0.56	3.35	1.47	0.11	2.59	13.34	0.82	Clay
Ronpiboon	6.46	37.04	0.12	14.50	0.29	4.28	0.95	0.05	2.19	14.86	0.79	Clay
Chaleramphrageart	6.01	52.14	0.12	14.20	0.61	1.49	1.41	0.08	1.20	7.19	1.29	Clay

Table 2 Soil properties in sago forest at depth 15 – 30 cm

Depth 15-30 cm												
Sample	pH (1:5)	EC (µs cm^{-1})	total N (%)	available P (mg kg^{-1})	NH_4OAc Extract ($cmol_c kg^{-1}$)				OM (%)	CEC ($cmol_c kg^{-1}$)	bulk density (g cm^{-3})	Soil texture
					K	Ca	Mg	Na				
Thungsong	6.18	23.48	0.15	7.55	0.17	4.62	0.17	0.02	1.89	8.94	0.99	Clay
Muang	4.33	140.54	0.16	7.72	0.36	2.17	1.68	0.17	2.05	13.26	0.97	Clay
Ronpiboon	5.40	24.24	0.13	6.18	0.23	2.23	0.29	0.06	1.53	11.74	0.80	Clay
Chaleramphrageart	6.38	65.08	0.10	18.25	0.35	1.71	3.09	0.19	0.66	8.39	1.27	Clay

วิจารณ์ผล

สาคู เจริญเติบโตได้ในดินที่มีสภาพเป็นกรดจัดซึ่งพืชชนิดอื่นไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เพราะดินอินทรีย์หรือดินที่สาคูเจริญเติบโตได้เกิดจากการทับถมของซากพืชที่ร่วงหล่นลงมา ประกอบกับพื้นที่มีน้ำขังทำให้การย่อยสลายช้า ดินชั้นล่างที่เป็นดินชั้นโคลนซึ่งมีสารไพไรต์ เมื่อเปิดหน้าดินออกทำให้ออกซิเจนมีโอกาสทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารไพไรต์ให้สารประกอบซัลเฟตและกรดกำมะถัน ซึ่งเมื่อถูกชะล้างทำให้ดินกลายเป็นดินกรดกำมะถัน ซึ่งเป็นดินกรดที่ไม่เหมาะสำหรับทำการเกษตร ลักษณะดังกล่าวดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สภาพทางเคมีและชีวภาพของดินถูกเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้สภาพความเป็นกรดของดิน มีผลต่อระดับธาตุอาหารบางธาตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล่านั้นในการนำไปใช้ประโยชน์ (Miller, 1994) สาคูเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ในดินที่มีค่าความเป็นกรด – ด่าง ประมาณ 4 เป็นระดับที่ดินเป็นกรดจัด ซึ่งทำให้ธาตุอาหารจำพวกประจุบวกในดิน เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ถูกชะล้างออกจากดินได้ง่าย ดังนั้นสาคูจึงมีความทนทานต่อสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ ซึ่งการทนทานต่อสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำของสาคู เนื่องจาก สาคูมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายธาตุ N และ P มาสะสมในใบได้ (Flach, 1997) ธาตุอาหารในดินที่สาคูสามารถเจริญเติบโตได้ตามธรรมชาติ พบว่า ดินชั้นบนมีธาตุอาหารฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมงกานีส และ สังกะสี มากกว่าดินชั้นล่าง (Koyo, 2006) นอกจากนี้ อินทรียวัตถุในดินมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณของดินเหนียวที่เป็นองค์ประกอบเพิ่มขึ้น ดินที่มีการขังน้ำมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน ซึ่งมีผลต่อธาตุอาหารในดิน การเจริญเติบโต การดูดธาตุอาหารและผลผลิตของพืช ดินที่มีน้ำขัง อากาศในช่องว่างดินถูกแทนที่ด้วยน้ำ ออกซิเจนในบรรยากาศไม่สามารถถ่ายเทลงไปในดินได้ เพราะอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนผ่านน้ำลงสู่ดินช้ากว่าจากบรรยากาศ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ของสารอินทรีย์และก๊าซอื่นสะสมในดินก่อให้เกิดความดันเป็นฟองก๊าซผุดขึ้นมาที่ผิวน้ำ สำหรับอุณหภูมิและปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นสูงสุด คือ 350 มล./ดิน 100 กรัม หลังจากดินขังน้ำ 28 วัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) การศึกษาค่า C/N ratio และการสลายตัวของอินทรียวัตถุเป็นตัวชี้วัดที่ดีในการประเมินศักยภาพของการเจริญเติบโตของสาคูและสาคูเป็นพืชที่ทนทานจึงเป็นตัวชี้วัดในการประเมินสภาพดินที่เป็นกรดจัด (Kawahigashi และคณะ, 2002)

สรุปผล

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินจากค่าอินทรียวัตถุ ประจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ร้อยละของประจุบวกที่เป็นด่าง ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า ดินทั้ง 2 ระดับความลึกมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ โดยดินชั้นบน(0-15เซนติเมตร) มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงกว่าดินชั้นล่าง (15-30เซนติเมตร) ซึ่งระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ดินในพื้นที่อำเภอเมืองมีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงสุด สำหรับดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า ดินในพื้นที่อำเภอทุ่งสงและดินในพื้นที่อำเภอร่อนพิบูลย์มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ แสดงให้เห็นว่าสาคูสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

คำขอบคุณ

รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในป่าปาล์มสาคู ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2546, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 113 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 547 หน้า.

จำเป็น ทองอ่อน, 2547, การวิเคราะห์ดินและพืช, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 168 หน้า.

Flach, M., 1997, Sagu Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.), International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 76p.

Kawahigashi, M., Sumida, H., Tanaka, H. and Kumada, C., 2002, Chemical Properties of the Solid and Liquid Phases of Peat Soils in Sago Palm Forest, New Front of Sago Palm Studies, 37: 279-283.

Kawahigashi, M., Sumida, H., Yamamoto, K., Tanaka, H. and Kumada, C., 2003, Chemical Properties of Tropical Peat Soils and Peat Soil Solutions in Sago Palm Plantation, Sago Palm, 10(2): 55-63.

Koyo, Y., 2006, Studies on Sustainable Land Use and Soil Ecosystems in Tropical Peat Land, Tropics, 15(3): 313-320.

McClatchey, W., Harley, I.M. and Craig, R.E., 2006, *Metroxylon amicarium, M. paulcoxii, M. sagu, M. salomonense, M. vitiense*, and *M. warburgii* (sago palms), Traditional Trees of Pacific Islands, 4: 491-512.

Miller, G.T., 1994, Palm Spring, Living in the Environment, Wadsworth Pub. Co., California, 150p.

ผลของการใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Effect of *Leucaena leucocephala* Leaf Green Manure on Yield and Nutritive Value of Maize (*Zea mays*)

จารุณี เชิดชัยสถาพร[1] สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์[1] ประภา ศรีพิจิตต์[1] และ สายัณห์ ทัดศรี[1]

Cherdchaisataporn, J[1], Rungmekarat, S.[1], Sripichitt, P.[1] and Tudsri, S.[1]

Abstract

The aim of this study was to evaluate the utilization of *Leucaena* leaves as organic fertilizer for growing corn (*Zea mays*). The corn received one of the six nitrogen fertilizer treatments namely : (1) control, (2) 30 kg N/rai from urea, (3) 30 kg N/rai from *Leucaena* leaves, (4) 15 kg N/rai from *Leucaena* leaves, (5) a 50-50 mixture of *Leucaena* leaves and urea at the rate of 30 kg N/rai and (6) a 50-50 mixture of *Leucaena* leaves and urea at the rate of 15 kg N/rai. Urea was applied in two split applications while *Leucaena* leaves were applied once over a growing period. The experiment was conducted for two growing seasons during the period 2009 to 2010. The results indicated that the treatment with 30 kg N/rai of *Leaucaena* leaves only gave the highest corn grain yield and seed size compared to control over two growing seasons. Corn fertilized with urea gave similar grain yield to the mixed fertilizer at the same nitrogen levels. The protein content in the seed was significantly different between treatments with the highest content in the 30 kg N/rai from *Leucaena* leaves. However, the oil and starch content of seeds were not affected by the treatments. The application of green manure from *Leucouna* leaves resulted in the increase of soil organic matter whereas that of chemical fertilizer, urea, did not.

Keywords: *Leucaena*, nitrogen, green manure, *Zea mays*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีเป้าหมายในการประเมินผลของการใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดสำหรับข้าวโพด (*Zea mays*) วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ทรีตเมนต์การทดลองประกอบด้วย (1) แปลงควบคุม (2) ไนโตรเจน อัตรา 30 กก. N/ไร่ ในรูปของปุ๋ยยูเรีย (3) ไนโตรเจน อัตรา 30 กก.N/ไร่ในรูปของใบกระถิน (4) ไนโตรเจน อัตรา 15 กก.N/ไร่ จากใบกระถิน (5) ปุ๋ยผสมระหว่างใบกระถินกับปุ๋ยยูเรียอย่างละ 50% อัตรา 30 กก.N/ไร่ (6) ปุ๋ยผสมระหว่างใบกระถินกับปุ๋ยยูเรียอย่างละ 50% อัตรา 15 กก.N/ไร่ โดยที่ปุ๋ยยูเรีย แบ่งใส่ 2 ครั้ง ในขณะที่กระถินใส่เพียงครั้งเดียว ในช่วงต้นฤดูของการปลูกข้าวโพดแต่ละครั้ง ดำเนินการทดลองในปี 2552 และ 2553 รวม 2 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า แปลงข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนจากใบกระถินอัตรา 30 กก.N/ไร่ ให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุดและเมล็ดมีขนาดใหญ่สุด เมื่อเทียบกับแปลงควบคุม ข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยยูเรียล้วนให้ผลผลิตเมล็ดใกล้เคียงกับข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยผสมระหว่างปุ๋ยยูเรียกับใบกระถินในระดับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเท่ากัน ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดมีค่าแตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน 30 กก.N/ไร่ ในรูปของใบกระถิน มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดสูงสุด อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำมันและแป้งไม่ได้รับผลกระทบจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในรูปยูเรียและใบกระถิน การใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดส่งผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมียูเรียกลับไม่มีผลต่อปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน

คำสำคัญ: กระถินยักษ์ ไนโตรเจน ปุ๋ยพืชสด ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คำนำ

กระถินยักษ์ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit เป็นไม้โตเร็วที่มีการส่งเสริมจากภาครัฐ และเอกชนให้เกษตรกรปลูกเป็นแหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งในใบกระถินมีองค์ประกอบทางเคมีของธาตุอาหารที่สำคัญ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนเฉลี่ย 3 - 5 % ของน้ำหนักแห้ง เนื่องจากกระถินเป็นไม้ยืนต้นตระกูล

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of agriculture, Kasetsart University, 50 Phahol Yothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900

ถั่วที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง และยังให้ผลผลิตของส่วนที่เป็นใบสูงด้วย ดังนั้นการใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี (สายัณห์, 2547; อัษฎาภรณ์, 2552)

ข้อมูลงานวิจัยด้านนี้ได้มีการศึกษามานานมากกว่า 10 ปี แล้ว ในปี 2524 เฉลิมพล ได้ศึกษาโดยนำส่วนของใบกระถินมาเป็นแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว และข้าวโพด พบว่าประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตจากการใช้ใบกระถินไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในปริมาณของไนโตรเจนที่เท่ากัน ผลผลิตของพืชทั้งสองเพิ่มขึ้นและ ชยงค์ (2532) ศึกษาการเพิ่มผลผลิตข้าวด้วยปุ๋ยอินทรีย์กระถินยักษ์ โดยการใช้ใบและกิ่งอ่อนของกระถิน 600-1200 กิโลกรัม/ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าว (นาดำ) ได้มากกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวได้ 85-139 % ในทำนองเดียวกัน จรูญโรจน์ และเฉลิมพล (2539) ศึกษาผลผลิตและคุณภาพแปลงหญ้ารูซี่ที่ปลูกระหว่างแถวกระถิน พบว่า กรรมวิธีที่ปลูกระหว่างแถวกระถินเพียงอย่างเดียว ให้น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 1339 กิโลกรัม/ไร่ และผลผลิตโปรตีน 233 กก/ไร่ ซึ่งสูงกว่าแปลงเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งและโปรตีน 1,121 และ 80 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ตามปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มไนโตรเจนในพืชดังกล่าวทำให้มีผลผลิตที่สูงขึ้น แต่ยังไม่มีการศึกษาการใช้ใบกระถินยักษ์สำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาประโยชน์จากใบกระถินยักษ์เป็นปุ๋ย พืชสดในอัตราแตกต่างกันต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมถึงอัตราการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนของใบกระถินยักษ์

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี ดังนี้: (1) ไม่ใส่ปุ๋ย control (2) 30 กก.N ในรูปของยูเรีย (3) 30 กก.N /ไร่ในรูปของใบกระถิน (4) 15 กก.N/ไร่จากใบกระถิน (5) 15 กก.N/ไร่ปุ๋ยยูเรีย +15 กก.N/ไร่จากใบกระถิน และ (6) 7.5 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ปุ๋ยยูเรีย + 7.5 กก.N/ไร่จากกระถิน ใช้ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ระยะปลูก 75 x 25 ซม. ขนาดแปลงย่อย 4.5 x 5 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 3 x 4 เมตร ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ทดลอง: ปุ๋ยจากใบกระถิน (ค่าวิเคราะห์ ไนโตรเจนทั้งหมด 3.2%, P_2O_5 0.23%, K_2O 1.4%) ใส่แบบคลุกเคล้าลงดิน ส่วนปุ๋ยเคมี: ปุ๋ยฟอสเฟต (45%P_2O_5) และโพแทช (60%K_2O) ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้น ปุ๋ยไนโตรเจน (46%N) แบ่งครึ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่ก่อนปลูก ครั้งที่สองใส่แบบโรยข้างแถวที่อายุ 30 ปลูก โดยการหยอด 2 เมล็ดต่อหลุม หลังจากงอกแล้ว 14 วัน ถอนแยกเหลือหลุมละ 1 ต้น กำจัดวัชพืช 1-2 ครั้ง ในการทดลองได้รับน้ำฝนตามธรรมชาติ เก็บข้อมูลผลผลิต น้ำหนัก 100 เมล็ด คุณสมบัติของดินก่อนและหลังปลูก และวิเคราะห์ค่าปริมาณโปรตีน น้ำมัน และแป้ง ของเมล็ดข้าวโพด ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยปลูกเดือน กรกฎาคม- พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ดินที่ทำแปลงทดลองเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งสีน้ำตาลปนแดงหรือสีแดง วิเคราะห์ดินก่อนปลูก pH 6.45 (1:1 H_2O) ปริมาณอินทรียวัตถุ 0.89 % (Walkley และ Black, 1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12.5 ppm (Bray และ Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 64.5 ppm (Schollenberger และ Simon, 1945) ค่าวิเคราะห์ดินหลังปลูก พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ใบกระถินรวมอยู่ด้วยให้ค่าอินทรียวัตถุหลังการปลูกในดินเพิ่มมากขึ้นแตกต่างกับกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ใบกระถิน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อใบกระกินเกิดการย่อยสลายและละลายธาตุอาหารลงสู่ดินให้กับพืช โดยเฉพาะค่าอินทรียวัตถุและไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจากเดิม ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปแลกเปลี่ยนไอออนได้ มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในดินหลังการปลูก

ด้านผลผลิต พบว่าการใส่ปุ๋ยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี ปุ๋ยจากใบกระถินและการใช้ปุ๋ยร่วมกันระหว่างปุ๋ยเคมีกับใบกระถิน ทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดข้าวโพดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในฤดูปลูกปี 2552 และ 2553 โดยให้ค่าเฉลี่ย 81.4 ส่วนน้ำหนักฝักแห้ง พบว่ากรรมวิธีที่ 30 กก.N/ไร่จากใบกระถิน ให้ผลผลิตสูงสุด 652.3 กก./ไร่ และน้ำหนัก 100 เมล็ด 31.9 กรัม รองลงมากรรมวิธี 30 กก.N/ไร่จากยูเรีย และกรรมวิธีที่มีการใส่ใบกระถินผสมกับปุ๋ยยูเรียอย่างละ 30 กก.N/ไร่ ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้: กรรมวิธีที่ 30 กก.N/ไร่จากยูเรีย น้ำหนักฝักแห้ง 565 กก./ไร่และน้ำหนัก 100 เมล็ด 27.6 กรัม และกรรมวิธีที่ใสใบกระถินผสมกับปุ๋ยยูเรีย อย่างละ 15 กก.N/ไร่ ให้น้ำหนักฝักแห้ง 568.3 กก./ไร่และน้ำหนัก 100 เมล็ด 30.4 กรัม ตามด้วยกรรมวิธี 15 กก.N/ไร่ จากใบกระถินและกรรมวิธีที่ใสใบกระถินผสมกับปุ๋ยยูเรีย อย่างละ 7.5กก.N/ไร่ ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ให้ค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

การดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนจากข้อมูลตัวอย่างพืชรวมทั้งหมด ปรากฏว่าในกรรมวิธี 30 กก.N/ไร่ จากใบกระถิน มีการดูดใช้ธาตุในโตรเจนได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลผลิตและปริมาณโปรตีนในเมล็ดสูงสุด (Table 1) แต่ปริมาณน้ำมันและแป้งไม่ได้รับผลกระทบจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในรูปยูเรียและใบกระถิน

สรุปผล

การใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดในอัตรา 30 กก.N/ไร่ มีผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นแตกต่างกับกรรมวิธีทดลองทีใส่ปุ๋ยเคมียูเรียและกรรมวิธีที่มีการใส่ใบกระถินผสมกับปุ๋ยยูเรีย ถึงแม้ว่ามีอัตราไนโตรเจน 30 กก.N/ไร่ เท่ากันก็ตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ว่าปุ๋ยเคมี ปุ๋ยจากใบกระถินและการใช้ปุ๋ยร่วมกันระหว่างปุ๋ยเคมีกับใบกระถินในทุกกรรมวิธีดังกล่าวให้ผลแตกต่างกับกรรมวิธีที่ไม่มีมีการใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านการดูดธาตุอาหารของพืชทั้งหมด พบว่าการในกรรมวิธีที่มีการใส่ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้พืชมีการดูดใช้ธาตุในโตรเจนได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะกรรมวิธี 30 กก.N/ไร่ จากใบกระถินทำให้น้ำหนักแห้งสูงสุด 652.3 กก./ไร่และปริมาณโปรตีนในเมล็ดสูงสุด 13.1%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกรมพัฒนาที่ดินในการให้ความอนุเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ตัวอย่างการทดลอง และศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติที่ ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ทดลองและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จรูญโรจน์ จันทรศิริ และเฉลิมพล แซมเพชร, 2539, ผลิตภาพของแปลงหญ้าเมื่อปลูกหญ้ารูซี่ในระหว่างแถวกระถิน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เฉลิมพล แซมเพชร, 2524, การศึกษาการใช้ใบกระถินเป็นแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจน, ว. วิทย. กษ., 14(3): 99-109.

ชยงค์ นามเมือง, 2532, การเพิ่มผลผลิตข้าวด้วยปุ๋ยอินทรีย์กระถินยักษ์, ว. วิชาการเกษตร, 7: 22-25.

สายัณห์ ทัดศรี, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ,

อัษฎาภรณ์ กาญคูหา สายัณห์ ทัดศรี ประภา ศรีพิจิตต์ กานดา นาคมณี และณรงค์ฤทธิ์ วงค์สุวรรณ, 2552, การเปรียบเทียบกระถินยักษ์ 5 พันธุ์ในด้านผลผลิตเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อน เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานที่ยั่งยืน, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1)(พิเศษ):141-144.

Bray, R.H. and Kurtz, D.T., 1945, Determination of Total Organic and Available forms of Phosphorus in Soils, Soil Sci., 59: 39-45.

Schollenberger, C.L. and Simon, R.H., 1945, Determination of Exchange Capacity and Exchangeable Bases in Soil Ammonium Acetate Method, Soil Sci., 59: 13-24.

Walkley, A. and Black, I.A., 1934, Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method, Soil Sci., 37: 29-38.

Table 1 Effect of Urea fertilizer and *Leucaena* leaves green manure on growth and yield of maize in 2009

Treatment	Dry pod[1/] (Kg/rai)	Shelling (%) [ns]	100 seed[2/](gm)	Protein[3/] (%)	Oil[4/] (%) [ns]	Starch[5/] (%) [ns]
1. No fertilizer	286.0 d	82.0	12.2 d	6.1 d	2.22	70.3
2. 30 kg N/rai(urea)	565.0 b	84.3	27.6 b	11.5 b	2.40	72.0
3. 30 kg N/rai (*Leucaena* leaves)	652.3 a	82.3	31.9 a	13.1 a	2.49	73.0
4. 15 kg N/rai (*Leucaena* leaves)	414.3 c	82.3	22.9 c	10.2 c	2.46	71.0
5. 30 kg N/rai (50-50 mixture of *Leucaena* leaves + urea)	568.3 b	78.7	30.4 ab	11.5 b	2.50	73.0
6. 15 kg N/rai (50-50 mixture of *Leucaena* leaves + urea	406.0 c	79.0	22.2 c	10.1 c	2.30	72.3
Mean	482	81.4	24.5	10.41	2.39	71.9
CV(%)	6.85	7.87	8.45	7.9	7.2	5.08

[1/] Pod without sheath [2/] Moisture at 15% [3/] Schweet, R.S. and Glassman. (1958)

[4/] Nason, A., and Evans, H.S. (1954) [5/] Davies, D.D., Giovanelli, J. and Rees, T.A.(1964)

[a, b, c] Means in the same column followed by a common letter are significantly different at the 0.5 Level by DMRT.

[ns] Mean in the same column are not significant difference ($p > 0.05$)

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 57-60 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 57-60 (2554)

การทดสอบเบื้องต้นสำหรับอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้

Preliminary Testing of Fruit Harvesting Equipment

ขจรรัฐ ทองโย[1] และ ศุภกิตต์ สายสุนทร[1]

Thongyo, K.[1] and Sayasoonthorn, S.[1]

Abstract

This research was to preliminary test the fruit harvesting equipment. The principle of equipment similar to hold and twist the fruit falls from calyx. The electronic color and force sensor were attached at the equipment. The methodology consisted of 1) testing of the fruit harvesting equipment, 2) testing of color sensor in order to check the maturity stage of fruit during harvesting and 3) testing of force sensor to protect the damage of fruit during harvesting. Testing with tennis ball, green color and 6.35 cm in diameter. The results of preliminary test showed that 1) the fruit harvesting equipment can be operating either manual which inspecting the maturity stage and harvesting by the operator or semi-automatic which inspecting maturity stage by electronic color sensor, when inspected the calibrated color, the equipment will hold and twist the fruit from calyx. 2) The installed electronic sensor can be work together with well correlation. Therefore, it is possible to utilize but need to develop some limit factors.

Keywords: fruit harvesting equipment, harvesting, fruit

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการทำงานเบื้องต้นของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ หลักการทำงานของอุปกรณ์คล้ายการบีบจับและบิดให้ผลไม้หลุดออกจากขั้ว มีการติดตั้งเซนเซอร์อิเลคทรอนิคส์สำหรับวัดค่าสี และวัดแรงบีบ วิธีการทดสอบประกอบด้วย 1) การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ 2) การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าสี ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความสุกแก่ของผลไม้ที่ต้องการเก็บเกี่ยว และ 3) การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดแรงบีบ เพื่อป้องกันไม่ให้ผลไม้ได้รับความเสียหายในขณะเก็บเกี่ยว ทำการทดสอบกับลูกเทนนิส สีเขียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 ซม. ผลการทดสอบเบื้องต้น พบว่า 1) อุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ทำงานได้ทั้งแบบแมนนวล คือ ผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้ตรวจสอบความสุกแก่และเก็บเกี่ยวผลไม้ และแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้เซนเซอร์วัดค่าสีตรวจสอบค่าความสุกแก่ เมื่อพบค่าสีสอบเทียบไว้ อุปกรณ์จะจับและบิดให้ผลไม้หลุดออกจากขั้ว และ 2) เซนเซอร์อิเลคทรอนิคส์ที่ติดตั้งทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์มาใช้ แต่ยังต้องมีการพัฒนาข้อจำกัดบางประการต่อไป

คำสำคัญ: อุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ การเก็บเกี่ยว ผลไม้

คำนำ

ผลไม้เป็นสินค้าเกษตรมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เพราะเป็นสินค้าหลักที่มีปริมาณการผลิต ปริมาณการบริโภคภายในประเทศ และปริมาณการส่งออกในระดับสูง ในการเก็บผลไม้นั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลไม้ เนื่องจากคุณภาพของผลไม้เป็นตัวกำหนดราคาและปริมาณการขาย คุณภาพของผลไม้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับการดูแลและการปฏิบัติก่อนการเก็บเกี่ยว ความอ่อน แก่ ขณะเก็บเกี่ยวแล้ว ยังขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บเกี่ยว และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีอีกด้วย ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนด รสชาติ สีสัน และคุณภาพอื่นๆ ของผลไม้ แต่วิธีการและเครื่องมือเก็บเกี่ยวก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน การเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกวิธี เครื่องมือที่ไม่เหมาะสม และไม่มีประสิทธิภาพทำให้เกิดการสูญเสียทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ อีกทั้งยังทำให้ผลไม้นั้นมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง เกิดการสูญเสียน้ำหนักเพราะมีการสูญเสียจากการหายใจเพิ่มขึ้น เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย (สายชล, 2528; ศิวลักษณ์, 2536) ความไม่คล่องตัวขณะทำงาน การเก็บเกี่ยวที่ล่าช้าใช้เวลามาก ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการสูญเสียรายได้ของเกษตรกรทั้งสิ้น เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวผลไม้ที่เหมาะสมจะช่วยลดปัญหาดังที่ได้กล่าว

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

[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Phahon Yothin Rd, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

มาแล้วข้างต้น ปัจจุบันยังไม่พบการนำเครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีมาใช้ในการเก็บเกี่ยวอย่างเป็นระบบในเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยังไม่มีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพดีและเหมาะสม จึงยังต้องใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวและตรวจสอบความสุกแก่ของผลไม้ เช่น ขนาด สี กลิ่น ขณะเก็บเกี่ยว แต่กระนั้นก็ตามด้วยประสบการณ์ มาตรฐาน และความชำนาญ ที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละบุคคล ทำให้การเก็บเกี่ยวมีความไม่แน่นอน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการทดสอบเบื้องต้นของต้นแบบอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีด้านเซนเซอร์เข้าช่วย อันจะเป็นนวัตกรรมที่ต่อยอดงานวิจัยสู่การขยายผลเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นแบบอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ (Figure 1) มีชิ้นส่วนหลักประกอบด้วย 1) ด้ามจับอุปกรณ์ 2) ฐานรองมือจับ 3) ชุดมือจับซ้าย-ขวา ซึ่งมีกลไกสามารถเคลื่อนที่บีบ-ปล่อยได้ และหมุนซ้าย-ขวาได้ ทำจากอลูมิเนียมน้ำหนักเบา 4) เซอโวมอเตอร์ (servo motor) 12 VDC 5,000 rpm ใช้ร่วมกับเกียร์ทด 1:100 จำนวน 2 ตัว โดยตัวแรกใช้ควบคุมให้มือจับบีบ-ปล่อย และตัวที่สองใช้ควบคุมให้ชุดมือจับหมุนซ้าย-ขวา 5) เซ็นเซอร์ใช้แสงควบคุม (photo interrupter sensor) ยี่ห้อ OMRON รุ่น EE-SPX403 เพื่อใช้ควบคุมองศาการหมุนของชุดมือจับ 6) เซ็นเซอร์วัดค่าสี (color measurement sensor) รุ่น ZX – Color สำหรับใช้ตรวจสอบความสุกแก่ของผลไม้ 7) เซ็นเซอร์วัดแรง (force sensor) ยี่ห้อ FlexiForce รุ่น 100lbs รูปร่างเป็นแผ่นแบน ณ ตำแหน่งที่วัดแรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. จำนวน 1 ตัว ติดตั้งไว้ที่ด้านในของมือจับ เพื่อควบคุมแรงบีบของมือจับไม่ให้ส่งผลต่อความเสียหายของผลไม้ที่เก็บเกี่ยว 8) Joystick ใช้ในการควบคุมการทำงานของเซอโวมอเตอร์ 9) ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 ซึ่งใช้ภาษา Visual C++ ในการเขียนโปรแกรม และ 10) แหล่งกำเนิดพลังงานใช้แบตเตอรีขนาด AA 1000 mAh-1.2 V จำนวน 8 ก้อน การทดสอบเบื้องต้นของอุปกรณ์ ประกอบด้วย

1) การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ โดยการวัดระยะบีบจับ ได้แก่ ระยะที่มือจับขยายกว้าง และแคบที่สุด โดยวัดจากขอบภายในด้านหนึ่งไปยังขอบภายในอีกด้านหนึ่ง ความคลาดเคลื่อนขององศาในการหมุนของมือจับ และระยะเวลาในการทำงานต่อหนึ่งรอบของการเก็บเกี่ยวผลไม้

2) การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าสี เป็นการวัดระยะทำงานที่เซ็นเซอร์วัดค่าสีทำงานเมื่อมีวัตถุอยู่ใกล้ทดสอบ 3 ระยะได้แก่ 4, 3 และ 2 ซม. ทำการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการ โดยใช้หลอดแบบ Day light ซึ่งให้แสงใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติ และใช้ลูกเทนนิสสีเขียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 ซม. ผูกด้วยเส้นด้ายเป็นวัตถุแทนผลไม้ในการทดสอบ (Figure 1) ในระหว่างการทดสอบต้องระวังไม่ให้เกิดเงาบริเวณที่ทดสอบ และต้องให้เซ็นเซอร์วัดค่าสีบริเวณที่เป็นสีเขียวเท่านั้น

3) การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดแรง โดยใช้ Force gauge ยี่ห้อ Digicon FG–20KG กดลงที่เซ็นเซอร์วัดแรงในแนวที่ตั้งฉากกับเซ็นเซอร์ (Figure 2) เพื่อสอบเทียบกับค่าแรงที่ตั้งไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้มือจับบีบผลไม้จนเกิดความเสียหาย

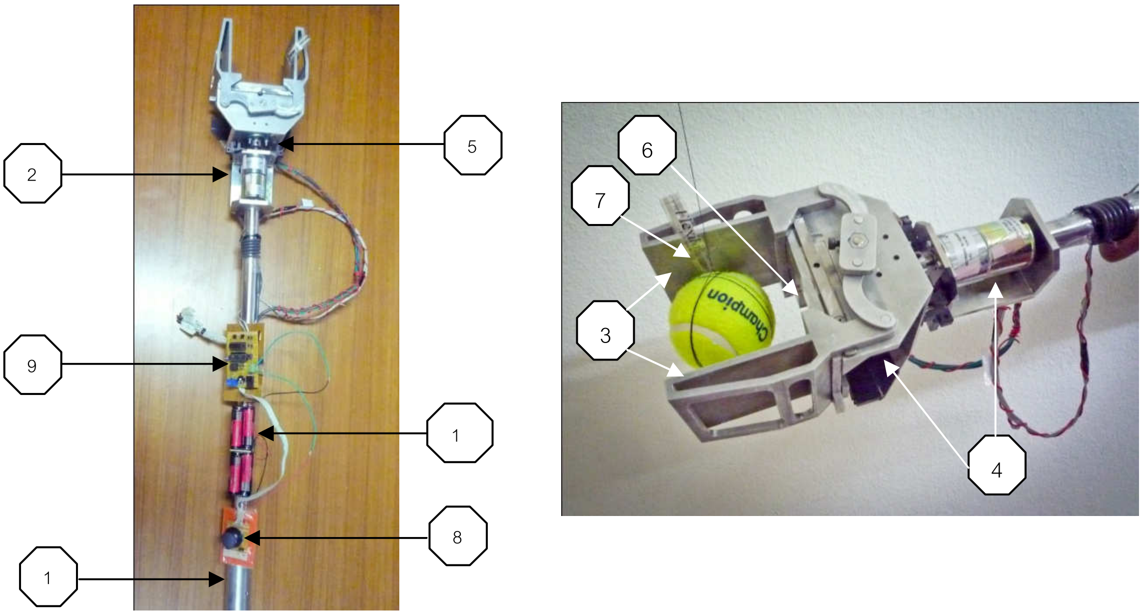
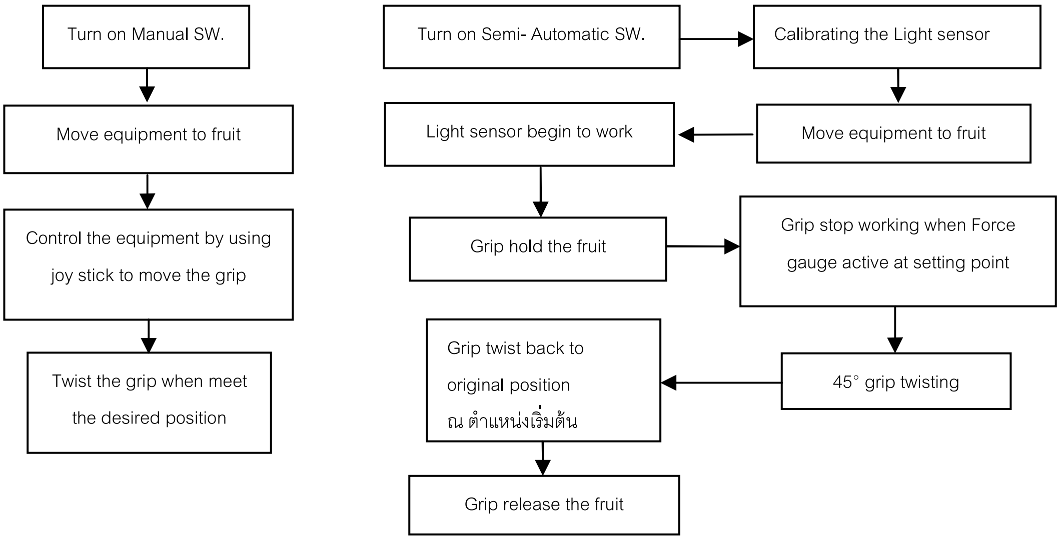


Figure 1 Fruit harvesting equipment

Figure 2 Force gauge calibrating



a) Manual operation b) Semi-automatic operation

Figure 3 Flow operation of fruit harvesting equipment

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบพบว่า การทำงานของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ 1) ระบบแมนนวล และ 2) ระบบกึ่งอัตโนมัติ สำหรับการทำงานแบบแมนนวล (Figure 3a) มีขั้นตอนการทำงานดังนี้ เปิดสวิตซ์เพื่อเลือกการทำงานแบบแมนนวล จากนั้นนำอุปกรณ์ไปไว้ในตำแหน่งที่จะเก็บเกี่ยวผลไม้ บังคับ Joystick ให้มือจับบีบผลไม้ จากนั้นบังคับ Joystick เพื่อให้ชุดมือจับหมุนบิดไปในทิศทางที่ต้องการ (เพื่อบิดให้ผลไม้หลุดออกจากขั้ว) จากนั้นก็บังคับให้มาอยู่ในตำแหน่งเดิม เป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอนการทำงานในหนึ่งรอบ สำหรับระบบกึ่งอัตโนมัติ (Figure 3b) มีหลักการทำงานดังนี้ เปิดสวิตซ์เพื่อเลือกการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ จากนั้นสอบเทียบ (calibrate) เซ็นเซอร์วัดค่าสีกับสีของผลไม้ (ทำครั้งแรกเพียงครั้งเดียว เพื่อให้เซ็นเซอร์จดจำสีของผลไม้ได้) นำอุปกรณ์ไปไว้ในตำแหน่งที่จะเก็บเกี่ยวผลไม้ เพื่อให้เซ็นเซอร์วัดค่าสีตรวจสอบค่าสีของผลไม้ เมื่อพบค่าสีถูกต้อง (ได้ระยะสุกแก่) เซ็นเซอร์วัดค่าสีจะทำงาน (ในกรณีที่ค่าสีไม่ตรงตามค่าที่ตั้งไว้เซนเซอร์จะไม่ทำงาน) และส่งสัญญาณให้มือจับทำการบีบจับผลไม้ โดยมีเซ็นเซอร์วัดแรง เป็นตัววัดแรงบีบ เมื่อมือจับบีบจับวัตถุได้ตามค่าแรงบีบที่ตั้งไว้ มือจับจะหยุดบีบทันที และหมุนไปเป็นมุม 45° จากตำแหน่งเริ่มต้น เพื่อทำการบิด (ให้ผลไม้หลุดจากขั้ว) จากนั้นมือจับจะคายออกให้ผลไม้หล่นใส่ที่รองรับที่เตรียมไว้ แล้วหมุนกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม เสร็จสิ้นการทำงานในหนึ่งรอบ

Table 1 แสดงผลการทดสอบเบื้องต้นสำหรับอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ พบว่า ระยะทำงานที่ชุดมือจับสามารถบีบจับวัตถุขนาดใหญ่ที่สุดมีค่าเท่ากับ 8.6 ซม. และ ขนาดเล็กที่สุดมีค่าเท่ากับ 3 ซม. ตามลำดับ มุมในการหมุนของมือจับมีค่าเท่ากับ 45°± 3° สำหรับระยะเวลาในการทำงานของระบบแมนนวลและระบบกึ่งอัตโนมัติ ตั้งแต่เริ่มการทำงานจนเสร็จมีค่าเท่ากับ 9 และ 6 วินาที ตามลำดับ สำหรับระยะการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าสีที่เหมาะสมและมีความแม่นยำมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 2 ซม. และแรงบีบของมือจับมีค่าเท่ากับ 3.56 นิวตัน

Table1 Preliminary testing of fruit harvesting equipment

Topics of testing	Manual	Semi-automatic
Working distance of grip	3 – 8.6 cm	3 – 8.6 cm
Rotating angle	45 ± 3°	45± 3°
Speed of equipment per cycle	9 s	6 s
Working distance of light sensor	2 cm	2 cm
Working force	3.56 N	3.56 N

จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ พบว่า เซนเซอร์ทุกชนิดที่นำมาใช้สามารถทำงานตอบสนองร่วมกันเป็นอย่างดี ระยะการทำงานของมือจับ สามารถบีบจับได้ตั้งแต่ 3-8.6 ซม. ดังนั้นอุปกรณ์นี้จึงสามารถใช้ได้กับผลไม้หลายชนิดที่มีขนาด และรูปร่างอยู่ในช่วงดังกล่าว สำหรับการหมุนบิดของมือจับเพื่อปลิดให้ผลไม้หลุดออกจากขั้วนั้น มุมที่ทำให้ผลไม้หลุดออกจากขั้วอาจมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้และปัจจัยอื่นๆ เช่น พันธุ์ และระยะสุกแก่ เป็นต้น ในการทดสอบได้ตั้งค่าการหมุนที่ 45 องศา แต่ค่าที่ทดสอบได้มีความคลาดเคลื่อนจากที่ตั้งไว้ 3 องศา ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากความเร็วของมอเตอร์ซึ่งผ่านการทดรอบลงแล้วมีความเร็วเกินไป เมื่อชุดมือจับหมุนผ่านเซ็นเซอร์ใช้แสงควบคุม เซ็นเซอร์ดังกล่าวได้ส่งสัญญาณให้เซอโวมอเตอร์หยุดทำงาน แต่เซอโวมอเตอร์ไม่สามารถหยุดชุดมือจับหยุดได้ทันที เนื่องมาจากแรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์ ดังนั้นหากต้องการความเที่ยงตรงต้องลดแรงเฉื่อย โดยการเพิ่มอัตราทดของชุดเกียร์มอเตอร์ เพื่อให้ชุดมือจับหมุนช้าลงและหยุดได้ตามค่ามุมที่ตั้งไว้ ในส่วนของทดสอบเซนเซอร์วัดค่าสีในห้องปฏิบัติการ พบว่า ความแม่นยำของเซนเซอร์แปรผันตรงกับระยะทางระหว่างวัตถุกับเซนเซอร์ กล่าวคือ ยิ่งเซนเซอร์อยู่ใกล้วัตถุมากเท่าไหร่ความแม่นยำยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น ในทางกลับกัน ยิ่งเซนเซอร์อยู่ห่างจากวัตถุเท่าไหร่ ความคลาดเคลื่อนยิ่งมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งจากการทดสอบ พบว่า ระยะห่างมากที่สุดที่เซนเซอร์วัดค่าสีทำงานได้แม่นยำมีค่าเท่ากับ 2 ซม. สำหรับการทำงานของเซนเซอร์วัดแรง พบว่า มีความเที่ยงตรงกับค่าที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามรูปร่างของเซนเซอร์ ตำแหน่ง และจำนวนของการติดตั้ง ต้องมีความเหมาะสมกับรูปร่างของผลไม้ที่ต้องการเก็บเกี่ยว ไม่เช่นนั้นอาจทำให้การควบคุมแรงบีบของมือจับมีความคลาดเคลื่อน และส่งผลต่อความช้ำเสียหายของผลไม้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งที่ติดตั้งเซนเซอร์ไม่ตรงกันกับตำแหน่งที่มือจับบีบผลไม้ นอกจากนี้แล้วตำแหน่งดังกล่าวต้องสัมพันธ์กับระยะการทำงานที่เหมาะสมของเซนเซอร์วัดสีด้วย

สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเบื้องต้นสำหรับอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า อุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ทำงานได้ทั้งแบบแมนนวล และแบบกึ่งอัตโนมัติ ระยะเวลาในการทำงานต่อรอบมีค่าเท่ากับ 6 และ 9 วินาทีตามลำดับ สำหรับเซนเซอร์อิเลคทรอนิคส์ที่ติดตั้งไว้ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดค่าสี เซ็นเซอร์วัดแรง และเซ็นเซอร์ใช้แสงควบคุม สามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์มาใช้ แต่ยังต้องมีการพัฒนาข้อจำกัดบางประการต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณคุณนิติพงษ์ ใจสิน นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

สายชล เกตุษา, 2528, สรีรวิทยาและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม, 364 น.

ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, 2536, การออกแบบและทดสอบรถเก็บเกี่ยวผลไม้, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะกากที่ปรากฏของถั่วเหลืองและงาดำ กับปริมาณน้ำมันที่รับจากเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด

A Study of Relationship between the Appearance of Soybean and Sesame Pressed Cake and Oil Recovery on Screw Press Oil Extraction Machine

ศุภกิตต์ สายสุนทร[1] **และ สุดสายสิน แก้วเรือง**[1]
Sayasoonthorn, S.[1] and Kaewrueng, S.[1]

Abstract

This research was to study the relationship between the appearance of soybean and sesame pressed cake and oil recovery which was extracted by screw press oil extraction machine. The sample tested consist of soybean and sesame. The variables used to adjust machine consisted of 1) screw speed 5 levels from 8.5 – 19.8 rpm and 2) screw compression clearance from 1.3 – 2.5 cm. The results show that the maximum oil recovery obtained from soybean and sesame was at 13.22 and 35.37%, respectively. The appearance of pressed cake of soybean and sesame that achieve at maximum oil recovery level was hard, crispy, flaky, shiny and polished on one side while the other side was dull and coarse. The pressed cake was discharged continuously from machine. The pressed cake can be used as a reliable guide to estimate the oil content that user will achieve. This will assist the users of such machine to adjust the operating settings to achieve the desired level of oil extraction.

Keywords: screw press, oil extraction, pressed cake

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกากถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดกับปริมาณน้ำมันที่ได้รับ ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย ถั่วเหลือง และงาดำ ตัวแปรสำหรับการปรับตั้งค่าการทำงานของเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดประกอบด้วย 1) การปรับตั้งความเร็วรอบของสกรู 5 ระดับ ตั้งแต่ 8.5 - 19.8 รอบ/นาที และ 2) การปรับตั้งระยะการอัดสกรู ตั้งแต่ 1.3 - 2.5 ซม. ผลการทดสอบพบว่า ปริมาณน้ำมันสูงสุดที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 13.22 และ 35.37% สำหรับ ถั่วเหลือง และงาดำ ตามลำดับ โดยกากที่ผ่านการสกัดน้ำมันในสภาวะที่สกัดน้ำมันได้สูงสุดมีลักษณะสำคัญคล้ายกันในทุกตัวอย่างทดสอบ คือ แข็ง กรอบ แห้ง เป็นแผ่นแบนขนาดใหญ่ ผิวกากด้านสัมผัสกับสกรูมีลักษณะมันวาว อีกด้านมีผิวหยาบ และไหลออกจากเครื่องอย่างต่อเนื่อง กากที่ผ่านการสกัดน้ำมันสามารถใช้คาดคะเนปริมาณน้ำมันที่ผู้ใช้จะได้รับได้อย่างแม่นยำ และช่วยให้ผู้ใช้ปรับตั้งเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันตามต้องการได้

คำสำคัญ: สกรูอัด การสกัดน้ำมัน กาก

คำนำ

ปัจจุบันกระแสการบริโภคอาหารเสริมสุขภาพเป็นที่นิยมแพร่หลายในหมู่ประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันจากพืชชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว น้ำมันงา เป็นต้น ซึ่งน้ำมันเหล่านี้มาจากกระบวนการสกัดเชิงกล หรือการสกัดเย็น (cold pressed) อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการสกัดได้แก่ เครื่องสกัดแบบไฮดรอลิค และ แบบสกรูอัด (screw press) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ 1) ต้นทุนการสกัดต่ำ ใช้เครื่องจักรจำนวนน้อย ใช้เชื้อเพลิงต่ำ 2) ไม่มีกรรมวิธีการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อน 3) สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัวได้ และ 4) ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้สามารถนำไปจำหน่ายสำหรับเสริมอาหารสัตว์ได้ (อาชัย และคณะ, 2546) นอกจากนี้แล้วยังสามารถใช้ได้กับพืชอีกหลายชนิดด้วย แต่จำเป็นต้องมีการปรับตั้งเครื่องให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันตามที่ผู้ใช้ต้องการ (ศุภกิตต์ และ

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพ 10900
[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Phahon Yothin Rd, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

คณะ, 2553) ด้วยข้อดีดังกล่าวมาข้างต้น จึงเหมาะสำหรับการส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อจำหน่ายในระดับชุมชน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของกากถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด กับปริมาณน้ำมันที่ได้รับ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้ปรับตั้งเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดได้อย่างเหมาะสมกับพืชชนิดต่างๆ และได้ปริมาณน้ำมันตามต้องการ

อุปกรณ์และวิธีการ

ถั่วเหลือง และงาดำ ได้ถูกเลือกมาเปรียบเทียบลักษณะกากที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว โดยทำการทดสอบกับเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด (Figure 1) มีอุปกรณ์ประกอบด้วย a) มอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า b) ชุดเกียร์ทดมอเตอร์ 1:10 และชุดเกียร์ทดที่สกรู 1:3.75 c) กรวยป้อนพร้อมมอเตอร์แบบปรับความเร็วรอบได้ d) เสื้อสกรูอัด (jacket) ภายในประกอบด้วยแท่งเหล็ก 16 ชิ้น เรียงตามแนวยาว ซึ่งสกรูหมุนอยู่ภายในแท่งเหล็กนี้ e) สกรูอัด แบบ maddock type และ f) โครงเครื่อง

การทดสอบประกอบด้วย การปรับเปลี่ยนความเร็วรอบ 5 ระดับได้แก่ 8.5, 11.3, 14.1, 17.0 และ 19.8 รอบ/นาที (พูเล่ขนาด 3, 4, 5, 6 และ 7 นิ้วตามลำดับ) ในทุกเงื่อนไขของการทดสอบ และการปรับตั้งระยะอัดของสกรู a) 3 ระยะได้แก่ 1.9, 2.2 และ 2.5 ซม. สำหรับถั่วเหลือง และ b) 4 ระยะได้แก่ 1.3, 1.5, 1.7 และ 1.9 ซม. สำหรับงาดำ โดยระยะอัดที่สกรูอัดเข้าไปในเสื้อสกรู สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยการเลื่อนสกรูอัดเข้า-ออกภายในเสื้อสกรู โดยดูได้จากสเกลที่ติดตั้งไว้ที่ลิ่ม (Figure 2) ระยะดังกล่าวเรียกว่า ช่องว่างระยะอัดสกรู (compression clearance) ช่องว่างระยะอัด 1.3 ซม. เป็นระยะอัดที่สกรูเคลื่อนที่อัดเข้าไปลึกมากที่สุด จึงอ่านค่าสเกลที่ลิ่มได้น้อย ในขณะที่ ช่องว่างระยะอัด 2.5 ซม. เป็นระยะอัดที่น้อยที่สุด จึงเหลือสเกลที่ลิ่มมาก (ยิ่งตัวเลขน้อย ยิ่งอัดแน่นมาก)

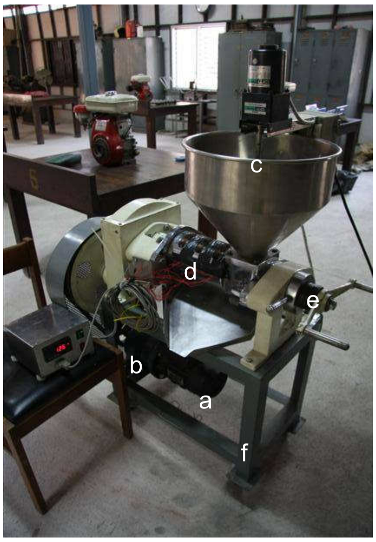


Figure 1 Screw press oil extraction machine

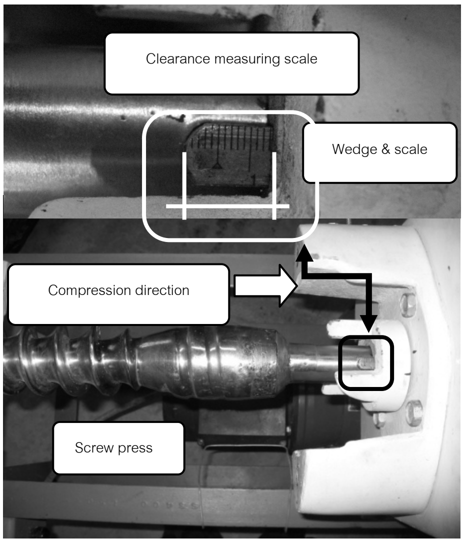


Figure 2 Control of screw and barrel clearance by a scale mounted on the screw shaft

น้ำมันถั่วเหลือง และงาดำที่ได้จากการสกัด ถูกกรองโดยกระดาษกรองเป็นระยะเวลา 48 ชม. ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้คำนวณได้จากสมการที่ 1 ส่วนที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว จะเรียกว่า กาก (press cake) ลักษณะของกาก ได้แก่ เนื้อสัมผัส รูปร่าง ขนาด ความแข็งถูกบันทึกเพื่อใช้คาดคะเนปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

$$\% \text{ Oil} = \frac{W_{oil}}{W_{In}} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ %Oil คือ ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (%), W_{oil} คือ น้ำหนักน้ำมันที่สกัดได้ (กรัม) และ W_{In} คือ น้ำหนักเริ่มต้นของพืชก่อนการสกัด (กรัม)

ผลการทดลอง

ปริมาณน้ำมันเริ่มต้นของถั่วเหลือง และงาดำ หาได้โดยวิธี Soxhlet มีค่าเท่ากับ 19.31 และ 44.35% และความชื้นเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 8.64 และ 5.16% ตามลำดับ จาก Table 1 พบว่า ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้สูงสุดมีค่า

13.22% ที่ช่องว่างระยะอัด 1.9 ซม. และความเร็วรอบ 8.5 รอบ/นาที และ 35.37% สำหรับงาดำ ที่ช่องว่างระยะอัด 1.3 ซม. และความเร็วรอบ 11.3 รอบ/นาที ปริมาณน้ำมันอาจเพิ่มขึ้นอีก หากสามารถลดความเร็วรอบของสกรูลงได้อีก แต่เนื่องจากพูเล่ขนาด 3 นิ้ว (ความเร็วรอบ 8.5 รอบ/นาที) เป็นพูเล่ขนาดเล็กสุดที่มีขายในท้องตลาด ดังนั้นจึงไม่สามารถลดความเร็วรอบของสกรูได้มากกว่านี้

Table 1 Oil content of soybean and sesame at various extraction conditions

Speed of screw press (rpm)	Soybean oil content (%)			Sesame oil content (%)			
	Clearance (cm.)			Clearance (cm.)			
	1.9	2.2	2.5	1.3	1.5	1.7	1.9
8.5	13.22*	12.29	10.78	33.83	34.88	28.69	25.13
11.3	11.33	10.69	9.17	35.37*	32.43	27.76	24.69
14.1	10.19	9.04	8.06	33.38	28.33	24.64	23.31
17.0	9.08	8.39	7.44	31.88	25.86	23.13	22.20
19.8	8.37	7.32	6.52	30.50	22.69	20.63	18.38

* = Maximum oil recovery

Table 2 Pressed cake appearance of soybean and sesame at various conditions

Type	Level of Oil content	Pressed cake appearance	Discharge
Soybean	I (6 – 9%)	soft, small pieces, oily with embedded press cake	Discharged in discontinuous pieces
	II (10 – 11%)	crispy, small flake with shiny and polished one side and dull and coarse on the other	Continuous discharge from machine
	III (More than 12%)	hard and crispy, dry, large flake with shiny and polished one side and dull and coarse on the other	Continuous discharge from machine
Sesame	I (18 – 27%)	soft, crumbled when touch, small pieces, oily visible embedded press cake	Discharged in discontinuous pieces
	II (28 – 32%)	crispy, small flake with shiny and polished one side and dull and coarse on the other	Continuous discharge from machine
	III (More than 33%)	hard and very crispy, dry, large flake with shiny and polished one side and dull and coarse on the other	Continuous discharge from machine

Figure 3 Press cake of Soybean at maximum oil recovery

Figure 4 Press cake of Sesame at maximum oil recovery

จาก Table 2 พบว่า ลักษณะกากของถั่วเหลือง และงาดำที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว มีลักษณะใกล้เคียงกัน และสามารถแยกออกเป็น 3 ระดับ ตามปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ดังนี้ คือ ระดับน้ำมัน I ของผลผลิตทั้งสองชนิด พบว่า มีลักษณะอ่อน ร่วน เป็นชิ้นขนาดเล็ก เมื่อใช้มือสัมผัสกับกากรู้สึกได้ว่ายังมีปริมาณน้ำมันตกค้างอยู่ในกาก ไหลออกจากเครื่องอย่างไม่ต่อเนื่อง ส่วนที่ปริมาณน้ำมันระดับที่ II พบว่า ผลผลิตทั้งสองชนิด มีลักษณะเป็นแผ่นขนาดเล็ก เมื่อจับรู้สึกกรอบแตกหักง่าย ด้านที่สัมผัสกับสกรูมีลักษณะเป็นมันวาว ส่วนอีกด้านมีลักษณะผิวหยาบด้าน ไหลออกจากเครื่องอย่างต่อเนื่อง สำหรับที่ระดับ III กากที่สกัดได้ทั้งสองชนิดมีลักษณะ แข็ง และกรอบแห้ง เป็นแผ่นแบนขนาดใหญ่ ผิวกากด้านสัมผัสกับสกรูมีลักษณะมันวาว อีกด้านมีลักษณะผิวหยาบด้าน ไหลออกจากเครื่องอย่างต่อเนื่อง (Figure 3 และ 4)

วิจารณ์ผล

จาก Table 1 สำหรับตัวอย่างทั้งสองชนิด พบว่า ปริมาณน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบของสกรูอัดมีค่าลดลง ในทุกเงื่อนไขการทดสอบ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจาก เมื่อสกรูอัดหมุนด้วยรอบที่ช้าลงทำให้มีเวลาในการบีบอัด (สกัด) มากขึ้น ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันมากขึ้น ในขณะที่ความเร็วรอบสูง ผลผลิตเกษตรที่อยู่ภายจะเคลื่อนที่ออกจากสกรูไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีน้ำมันติดค้างไปกับกากมาก ปริมาณน้ำมันที่ได้จึงลดลง และเมื่อปรับตั้งค่าช่องว่างระยะอัดให้ลดลง (อัดแน่นมากขึ้น) ปริมาณน้ำมันที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดๆหนึ่ง (8.5 รอบ/นาที, 1.3 ซม. สำหรับงาดำ และ 1.9 ซม. ในทุกๆ ความเร็วรอบ สำหรับถั่วเหลือง ไม่สามารถสกัดน้ำมันได้) จะเกิดการอัดแน่นมากจนเกินไปเริ่มทำให้การอุดตันของกากภายในสกรูอัด (ศุภกิตต์ และคณะ, 2553) ทำให้ปริมาณน้ำมันที่ได้เริ่มมีค่าลง ดังนั้นเมื่อมีการปรับตั้งช่องว่างระยะอัดเลยกว่าจุดนี้ไป แสดงว่าเลยจุดที่ควรจะได้ปริมาณน้ำมันที่สูงที่สุดแล้ว

สาเหตุที่ลักษณะของกากที่ไหลออกจากเครื่องสกัดมีความแตกต่างกันตามระดับน้ำมันที่สกัดได้ เป็นผลเนื่องจากการปรับตั้งช่องว่างระยะอัด และความเร็วรอบ กล่าวคือ เมื่ออัดแน่นมาก และสกรูหมุนช้ามาก ทำให้ผลผลิตที่อยู่ภายในโดนอัดจนแน่น ทำให้กากที่ออกมาจากเครื่องมีลักษณะเป็นแผ่นแบนขนาดใหญ่ แห้ง และออกจากเครื่องอย่างต่อเนื่อง โดยกากด้านที่สัมผัสกับสกรูเมื่อโดนบีบจนแน่นจะเกิดการเสียดสีกับสกรูที่กำลังหมุนอยู่ทำให้เกิดผิวที่มีความมันวาวขึ้น ในทางกลับกันเมื่อปรับตั้งค่าให้อัดแน่นน้อย และสกรูหมุนเร็ว ทำให้ผลผลิตภายในโดนบีบอัดด้วยแรงไม่มาก และเคลื่อนที่ผ่านออกจากเครื่องอย่างรวดเร็ว ผลที่ตามมาคือ กากมีลักษณะเป็นชิ้นเล็ก นิ่ม มีน้ำมันติดค้างไปกับกากซึ่งสามารถรับรู้ได้โดยการสัมผัส หรือสังเกตุได้จากการมองเห็น กากที่มีลักษณะดังกล่าวจึงไหลออกจากเครื่องอย่างไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นผู้ใช้เครื่องจึงสามารถสังเกตุลักษณะกากที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้วจากสายตา แล้วคาดคะเนปริมาณน้ำมันที่จะได้รับได้อย่างแม่นยำ (Sivakumaran และ Goodrum, 1988; ศุภกิตต์ และคณะ, 2553) และสามารถปรับตั้งเครื่องเพื่อให้ได้รับปริมาณน้ำมันตามต้องการ

สรุปผล

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะกากผลผลิตเกษตรที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดกับปริมาณน้ำมันที่ได้รับ ผลการทดสอบพบว่า ปริมาณน้ำมันสูงสุดที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 13.22 และ 35.37% สำหรับถั่วเหลือง และงาดำ ตามลำดับ กากที่ผ่านการสกัดน้ำมัน ณ สภาวะที่ได้รับปริมาณน้ำมันสูงสุด มีลักษณะสำคัญคล้ายกันในทุก ตัวอย่างทดสอบ กล่าวคือ แข็งและกรอบ แห้ง เป็นแผ่นแบนขนาดใหญ่ ผิวกากด้านสัมผัสกับสกรูมีลักษณะมันวาว ไหลออกจากเครื่องอย่างต่อเนื่อง กากที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้วสามารถใช้คาดคะเนปริมาณน้ำมัน ที่ผู้ใช้ได้รับได้อย่างแม่นยำ และช่วยให้ผู้ใช้ปรับตั้งเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันตามต้องการได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่อนุเคราะห์ครุภัณฑ์สนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ศุภกิตต์ สายสุนทร สุดสายสิน แก้วเรือง และปัณณธร ภัทรสถาพรกุล, 2553, การศึกษาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องสกัดแบบสกรูอัด, วารสารวิทยาศาสตรเกษตร, 41(2): 291-302.

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

Sivakumaran, K. and Goodrum, J.W., 1988, Laboratory Oilseed Processing by a Small Screw Press, Journal of American Oil Chemistry Society, 65(6): 932-935.

ผลของเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่สร้างสารคล้ายไอเอเอต่อการเจริญเติบโตของข้าวอินทรีย์

Effect of Endophytic Bacteria with Productivity of IAA-like Substance on Growth and Development of Organic Rice

จักรพล มหากลั่น[1] **และ อรรจนา ด้วงแพง**[1]

Mahaklan, J.[1] and Duangpaeng, A.[1]

Abstract

Endophytic bacteria with its potential to produce IAA-like substances were applied to increase growth and yield of organic rice plant. The effect of endophytic Isolates and application method and on plant growth in Cement pipe cultivation and rice paddy field was investigated. In Cement pipe plots, endophytic bacteria isolates of O-3-S-3(2) and O-1-S-2 were applied into rice plants at sowing day, 14 days after sowing and 28 days after sowing using the experimental design of factorial in CRD. In paddy field, those isolates were applied also in rice seedlings at transplanting day and 14-days after transplanting using the experimental design of Factorial in RCBD. In cement pipe plants, the applications of O-3-S-3(2) at 28 days after sowing increase the highest number of rice tillers. In rice paddy field, O-3-S-3(2) and O-1-S-2 increased rice growth and yield.

Keywords: endophytic bacteria, IAA-like substance, organic rice

บทคัดย่อ

แบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่มีศักยภาพในการผลิตสารคล้ายไอเอเอถูกนำมาศึกษาใช้เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวอินทรีย์ โดยศึกษาผลของชนิดเชื้อเอนโดไฟท์และกรรมวิธีการพ่นเชื้อในต้นข้าวที่เพาะปลูกในท่อซีเมนต์และในสภาพแปลงนา แบคทีเรียเอนโดไฟท์รหัส O-3-S-3(2) และ O-1-S-2 ถูกนำไปพ่นที่ต้นข้าวในวันที่เพาะเมล็ด 14 และ 28 วันหลังเพาะในท่อซีเมนต์ เมล็ดโดยใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ในสภาพแปลงนาเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ถูกนำมาพ่นให้กับต้นกล้าข้าวในวันที่ดำนาและ 14 วันหลังดำนา ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD พบว่า ข้าวที่ปลูกในท่อซีเมนต์ การพ่น O-3-S-3(2) เมื่ออายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ดทำให้การแตกกอสูงสุด ในการทดสอบแปลงนาทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดีขึ้นและผลผลิตเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เอนโดไฟติกแบคทีเรีย IAA-like substance ข้าวอินทรีย์

คำนำ

การปลูกข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ เป็นระบบการปลูกที่พึ่งพาอาศัยธรรมชาติ หลีกเลี่ยงการใช้สารสังเคราะห์ที่อาจก่อให้เกิดมลพิษในสภาพแวดล้อม หลักการของเกษตรอินทรีย์ต้องฟื้นฟูสมดุลและความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ และการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ (วิฑูร, 2547) ในสภาพธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์ บริเวณรอบๆ ต้นพืชทุกส่วนมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ โดยมีความสัมพันธ์ในลักษณะพึ่งพาอาศัยกัน จุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญทั้งในการส่งเสริมการเจริญเติบโต การเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2551) นอกจากนี้ยังมีเอนโดไฟติกแบคทีเรียบางชนิดอาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อพืชและให้ประโยชน์ต่อพืชที่ให้อาศัย สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวและการเจริญของพืช และสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโต เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน หรือจิบเบอเรลลิน เป็นต้น (ธงชัย, 2550; Hung และ Annapurna, 2004) ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่ผลิตออกซินต่อการแตกกอและการเจริญเติบโตของข้าวอินทรีย์ในสภาพที่ปลูกในท่อซีเมนต์และในสภาพแปลงนา

---

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

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

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อไอโซเลต O-3-S-3 (2) และ O-1-S-2 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในท่อซีเมนต์ โดยเลี้ยงเชื้อในอาหาร TSB นาน 48 ชั่วโมง เจือจางในน้ำกลั่นจนเชื้อมีปริมาณ 10^6 เซลล์ต่อมล. ก่อนปลูกเชื้อให้กับต้นข้าวที่เจริญเติบโตในท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม. สูง 40 ซม. วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มีปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ O-3-S-3(2) และ O-1-S-2 และปัจจัยที่ 2 คือ กรรมวิธีการปลูกเชื้อ 3 กรรมวิธี ได้แก่ การปลูกเชื้อก่อนเพาะเมล็ด การปลูกเชื้อหลังเพาะเมล็ด 14 และ 28 วัน และชุดควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อ (control) 1 กรรมวิธี ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เริ่มเพาะเมล็ดวันที่ 5 ตุลาคม 2554 วัดผลการเจริญเติบโตที่อายุ 60 วันหลังเพาะเมล็ด และที่ระยะเก็บเกี่ยว บันทึกข้อมูล จำนวนต้นต่อกอ ความสูงต่อต้น จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์ข้าวเมล็ดเต็ม วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA)

ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อไอโซเลต-3-S-3 (2) และ O-1-S-2 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในสภาพแปลงนา ใช้พื้นที่ทดลองที่แปลงนาสาธิตข้าวอินทรีย์บ้านหันเทา ตำบลปะโค อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี เตรียมแปลงทดลองโดยไถดะเปิดหน้าดิน ทำแปลงทดลองขนาด กว้าง 3.5 ม. ยาว 3.5 ม. คันนากว้าง 75 ซม. สูง 50 ซม. จำนวน 20 แปลง แต่ละแปลงใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวในอัตราส่วน 9 กก.N ต่อไร่ นำเมล็ดแช่น้ำ 1 คืนก่อนเพาะกล้าในวัสดุผสมถ่านแกลบและทราย อัตราส่วน 1:1 ปักดำแบบแถวตรงเมื่อต้นข้าวอายุ 14 วัน เตรียมเชื้อเอนโดไฟติกในอาหาร TSB นาน 48 ชั่วโมง เจือจางในน้ำกลั่น จนมีปริมาณเชื้อ 10^6 เซลล์ต่อมล. นำไปพ่นในแปลงทดลอง วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in RCBD) มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี คือ 1) พ่นเชื้อ O-3-S-3(2) หลังปักดำ 1 วัน 2) พ่นเชื้อ O-3-S-3(2) หลังปักดำ 14 วัน 3) พ่นเชื้อ O-1-S-2 หลังปักดำ 1 วัน 4) พ่นเชื้อ O-1-S-2 หลังปักดำ 14 วัน และ 5) กรรมวิธีควบคุม (Control) หรือพ่นน้ำสะอาด เริ่มเพาะเมล็ดวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2554 บันทึกผลการเจริญเติบโตที่อายุ 55 วัน หลังปักดำ และที่ระยะเก็บเกี่ยว บันทึกข้อมูลจำนวนต้นต่อกอ ความสูงของต้น จำนวนรวงเฉลี่ยต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์ข้าวเมล็ดเต็ม วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อไอโซเลต O-3-S-3 (2) และ O-1-S-2 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในท่อซีเมนต์ พบว่ากรรมวิธีการปลูกเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรีย O-3-S-3(2) หรือ O-1-S-2 ให้กับต้นข้าวก่อนเพาะเมล็ด และที่อายุ 14 หรือ 28 วันหลังจากเพาะเมล็ด ทำให้ต้นข้าวมีการแตกกอสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรีย O-3-S-3(2) ให้กับต้นข้าวที่อายุ 28 วันหลังจากเพาะเมล็ด สามารถส่งเสริมให้ต้นข้าวที่อายุ 60 วันหลังจากเพาะเมล็ด มีการแตกกอสูงสุด มีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ 15.13 ต้น ความสูงของต้นข้าวเฉลี่ย 63.30 ซม. (Table 1) เชื้อไอโซเลต O-3-S-3 (2) และ O-1-S-2 ผลิตสารคล้ายออกซินได้ในปริมาณ5.38 และ 5.44 μg/ml ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำให้ข้าวแตกกอได้ดี เมื่อปลูกในกระถาง (อรรจนา และคณะ, 2553) ในขณะที่ Roesch และคณะ (2007) รายงานถึงแบคทีเรียที่เป็น ตรึงไนโตรเจนจากอากาศและยังผลิตสารเมตะบอไลท์ในการเกษตรซึ่งรวมถึงพวกไฟโตฮอร์โมน เช่น IAA เป็นฮอร์โมนกลุ่มออกซินที่มีบทบาทในการเจริญเติบโตของพืช มีความสามารถในการสังเคราะห์ IAA มีอยู่แพร่หลายในแบคทีเรียที่อาศัยในดินและพวกที่อาศัยอยู่ในพืช อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้การปลูกเชื้อทุกกรรมวิธีไม่ทำให้ต้นข้าวในระยะเก็บเกี่ยวมีการเจริญเติบโตและมีผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยทุกกรรมวิธีมีจำนวนต้นต่อกอ ความสูงของต้นข้าวเฉลี่ยต่อกอ จำนวนรวงเฉลี่ยต่อกอ จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มต่อรวงไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

ผลของการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อไอโซเลต O-3-S-3 (2) และ O-1-S-2 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในสภาพแปลงนาพบว่า กรรมวิธีการปลูกเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรีย O-3-S-3(2) หรือ O-1-S-2 ให้กับต้นข้าวหลังจากปักดำ 1 และ 14 วัน ทำให้ต้นข้าวที่อายุ 60 วันหลังจากปักดำ มีการเจริญเติบโต ด้านการแตกกอ และความสูง ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม ที่ระยะเก็บเกี่ยว การปลูกเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียทุกกรรมวิธีทำให้ต้นข้าวแตกกอสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และการให้เชื้อ O-3-S-3(2) แก่ต้นข้าวหลังจากปักดำ 14 วัน ทำให้การเจริญเติบโตทั้งการแตกกอและความสูงและเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงสุด (Table 3) เช่นเดียวกับรายงานวิจัยของ ชนิกานต์ (2544) ที่ปลูกเชื้อ *Azospirillum* sp. CM15 และ *Azospirillum* sp. CM44 ทำให้ข้าวมีความสูง น้ำหนักแห้งของลำต้นและของรากมากที่สุด และเชื้อทั้งสองไอโซเลตยังสามารถเพิ่มจำนวนกอของข้าวที่ปลูกในดินได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระยะ 45 และ75 วันหลังย้ายปลูกอีกด้วย

Table 1 Effect of endophytic bacteria applications on rice growth and yield in cement pipe at 60-days after sowing

Treatment	Num. of tillers/plant	Shoot length (cm)
O3S3(2) inoculation before sowing	13.80[ab1/]	72.00
O3S3(2) inoculation at 14-days after sowing	12.93[abc]	64.73
O3S3(2) inoculation at 28-days after sowing	15.13[a]	60.03
O1S2 inoculation before sowing	10.40[bc]	74.97
O1S2 inoculation at 14-days after sowing	12.67[abc]	54.27
O1S2 inoculation at 28-days after sowing	11.87[abc]	67.93
Control	9.67[c]	63.30
F-test	*	ns
C.V. (%)	10.81	15.33

[1/]Mean within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0.05

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

Table 2 Effect of endophytic bacteria applications on rice growth and yield in cement pipe at harvesting period

Treatment	Num. of tillers/plant	Shoot length (cm)	Num. of ears/plant	Num. of seeds/ear	%filled seed
O3S3(2) inoculation before sowing	10.78	79.89	10.56	103.92[b1/]	71.20
O3S3(2) inoculation at 14-days after sowing	12.34	82.00	8.78	126.67[ab]	45.47
O3S3(2) inoculation at 28-days after sowing	11.44	81.50	8.44	126.17[ab]	54.10
O1S2 inoculation before sowing	11.22	85.34	10.56	109.67[b]	34.29
O1S2 inoculation at 14-days after sowing	10.33	76.68	7.55	129.33[ab]	51.68
O1S2 inoculation at 28-days after sowing	10.89	57.19	9.11	119.08[ab]	58.77
Control	11.33	84.33	7.00	152.67[a]	52.39
F-test	ns	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	12.37	5.6	15.39	9.24	21.6

[1/]Mean within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0.05

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

Table 3 Effect of endophytic bacteria applications on rice growth and yield in paddy field at harvesting period

Treatment	Num. of tillers/plant	Shoot length (cm)	Num. of ears/plant	Num. of seeds/ear	%filled seed
O3S3(2) inoculation at 1-day after transplanting	27.58[ab]	99.99[ab]	20.55	122.98	92.20[ab]
O3S3(2) inoculation at 14-days after transplanting	31.58[ab]	104.91[a]	23.25	123.17	94.05[a]
O1S2 inoculation at 1-day after transplanting	37.17[a]	101.99[ab]	24.60	119.43	89.02[b]
O1S2 inoculation at 14-days after transplanting	22.17[ab]	96.73[b]	15.60	121.35	87.98[b]
Control	21.58[b]	99.35[ab]	19.00	123.58	90.05[ab]
F-test	*	*	ns	ns	*
C.V. (%)	24.98	4.80	24.13	10.27	4.56

ns = Non-significant difference at *P*=0.05

สรุปผล

กรรมวิธีการปลูกเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรีย O-3-S-3(2) หรือ O-1-S-2 ให้กับต้นข้าวก่อนเพาะเมล็ด และที่อายุ 14 หรือ 28 วันหลังจากเพาะเมล็ด ทำให้ต้นข้าวที่ปลูกในบ่อซีเมนต์มีการแตกกอสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียทุกกรรมวิธีทำให้ต้นข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกกอสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และการให้เชื้อ O-3-S-3(2) แก่ต้นข้าวหลังจากปักดำ 14 วัน ทำให้การเจริญเติบโตทั้งการแตกกอและความสูง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงสุด

คำขอบคุณ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำหรับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2551 และ 2553 สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

เอกสารอ้างอิง

ชนิกานต์ คุ้มนก, 2544, แบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่ตรึงไนโตรเจนในข้าวพันธุ์ปลูกและข้าวป่าในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธงชัย มาลา, 2550, ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตปุ๋ยและการใช้ประโยชน์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร, 2551, ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

วิฑูร ปัญญากุล, 2547, เกษตรอินทรีย์ ทำอย่างไรจึงได้รับการรับรอง, มูลนิธิสายใยแผ่นดิน, กรุงเทพฯ.

อรรจนา และคณะ, 2553, การศึกษาและพัฒนาเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวอินทรีย์ รายงานการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2551 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

Hung, P.Q. and Annapurna, K., 2004, Isolation and Characterization of Endophytic Bacteria in Soybean (*Glycine* sp.),Omonrice, 12:92-101.

Roesch, L.W., Quadros, P.D., de Camargo, F. and Triplett, E.W., 2007, Screening of Diazotrophic Bacteria *Azopirillum* spp. for Nitrogen Fixation and Auxin Production in Multiple Field Sites in Southern Brazil, World J Microbiol Biotechnol, 23: 1377–1383.

ข้าวป่า *Oryza. punctata* แหล่งพันธุกรรมความต้านทานแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อการปรับปรุงพันธุ์

Wild Rice, *Oryza. punctata* Germplasm for Brown Planthopper Resistance in a Breeding Program

กาญจนา กล้าแข็ง[1] กนกพร บุญศิริชัย[2] สุนิยม ตาปราบ[3] อภิชาติ ลาวัณย์ประเสริฐ[4] และ สมหมาย ศรีวิสุทธิ์[1]

Klakhaeng, K.[1], Boonsirichai, K.[2], Taprab, S.[3], Lawanprasert, A.[4] and Seewisut, S.[1]

Abstract

Interspecific hybridization for brown planthopper resistance was conducted, using SPR88096-17-3-2-2 (*Oryza sativa*) as the female parent and the wild rice GS.No.18866 (*Oryza punctata*), a source of brown planthopper resistance, as the male parent. Thirty one hybrid seeds were obtained from a total of 1,152 pollinated florets, yielding 2.69% successful pollination. The F_1 hybrids showed intermediate plant height and tiller morphology when compared with the two parents. Flowers were small similarly to those of *O. punctata* with short awns. The stigma was dark purple similarly to that of *O. punctata* while the *O. sativa* parent had white stigmas. The hybrids were found sterile. Their seeds were small, short, shriveled and unviable due to defective chromosome pairing as the hybrid had either an ABC or AC chromosome set. To induce chromosome doubling, the F_1 hybrid plants were treated with 0.03 percent colchicine for 1, 2 and 4 days and 0.06 percent colchicines for 3 and 4 days.

Keywords: wild rice, brown planthopper resistance, rice breeding

บทคัดย่อ

การผสมข้ามชนิดเพื่อถ่ายทอดลักษณะต้านทานแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระหว่างพันธุ์ข้าวปลูก สายพันธุ์ SPR88096-17-3-2-2 กับพันธุ์ข้าวป่า *Oryza punctata* (GS.No.18866) ซึ่งมีความต้านทานต่อแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยใช้ข้าวป่าเป็นต้นพ่อ พบว่า จำนวนดอกที่ผสม 1,152 ดอก ผสมติดเมล็ด 31 เมล็ด มีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดคิดเป็น 2.69 เปอร์เซ็นต์ ต้นลูกผสมชั่วแรกที่ได้ มีความสูง ทรงกอระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก โดยมีดอกขนาดเล็กเหมือนพันธุ์ป่าและมีหางสั้น สีเกสรตัวเมียเป็นสีม่วงดำเหมือนพันธุ์ป่า ในขณะที่พันธุ์ปลูกมีสีเกสรตัวเมียเป็นสีขาว เมล็ดที่ได้มีขนาดเล็กและสั้นเหมือนพันธุ์ป่าและเมล็ดที่ได้มีลักษณะลีบไม่ติดเมล็ด เนื่องจากการจับคู่กันของโครโมโซมหลังผสมแตกต่างกัน ทำให้ลูกผสมที่ได้ สายพันธุ์ CCS09020 มีชุดของโครโมโซมเป็น ABC หรือ AC จึงได้ตัดหน่อจากต้นชั่วแรกมาแช่ในสารละลายโคลชิซีนที่ระดับความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 1, 2 และ 4 วัน และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 และ 4 วัน เพื่อชักนำให้เพิ่มจำนวนโครโมโซมและติดเมล็ด

คำสำคัญ: ข้าวป่า เพลี้ยกระโดดสีนำตาล การปรับปรุงพันธุ์ข้าว

คำนำ

ข้าวเป็นธัญพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญเป็นอันดับหนึ่งของโลก ประชากรนับกว่าครึ่งโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานแก่ร่างกายที่สำคัญและยังเป็นแหล่งของสารอาหารต่างๆ ประชากรส่วนใหญ่ในทวีปเอเชียบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ประเทศต่างๆ โดยเฉพาะเอเชียและแอฟริกาปลูกข้าวกันมาก นับเป็นพืชที่ปลูกได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายแตกต่างกัน ทั้งในที่ลุ่ม ที่ดอน และที่น้ำลึก ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ตั้งแต่เขตศูนย์สูตรจนถึงเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือในประเทศจีน และเส้นรุ้งที่ 35 องศาใต้ในประเทศอาร์เจนตินา ตั้งแต่ระดับพื้นผิวน้ำ

---

[1] **ศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทรา 79/1 หมู่13 ต.ดอนฉิมพลี อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา 24170**

[1] Chachoengsao Rice Research Center,79/1 Moo13, Donchimplee,Bangnampreow, Chachoengsao 24170

[2] **สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9หมู่7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120**

[2] Thailand Institue of Nuclear Thechnology. (Public Orgazation), 9/9 Moo7, Saimoon,Ongkharak,Nakornnayok 26120

[3] **สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900**

[3] Bureau of Rice Research and Development, Rice Department. Chatuchak, Bangkok 10900

[4] **ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110**

[4] Pathum-thani Rice Research Center, Thanyaburi, Pathum Thani 12110

ทะเลปานกลาง 1,800 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวป่าจะปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมตามลักษณะนิเวศต่างๆ ได้กว้างและเป็นอย่างดี พบได้ทั่วๆ ไปไม่ว่าจะเป็นหนอง บึง ในเขตร้อนชื้น บริเวณเชิงเขาหิมาลัย เขตร้อนแถบหมู่เกาะคาริบเบียน แถบลุ่มน้ำอะเมซอน ตลอดจนหนอง บึง ทางตอนใต้และตะวันตกของแอฟริกาและเขตร้อนซาวันนาในแอฟริกาใต้ จึงนับได้ว่าเป็นพืชที่มีความสามารถในการพัฒนาและปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศได้อย่างกว้างขวาง

ข้าวป่าเป็นข้าวที่ขึ้นเองตามธรรมชาติพบข้างๆ ทางริมแปลงหรือในแปลงข้าวปลูก เรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่าหญ้าข้าวนก ภาคกลางเรียกว่าข้าวละมารหรือหญ้าละมาน ปัจจุบันมีข้าวแพร่กระจายทั่วโลกอย่างน้อย 23 ชนิด แยกเป็นชนิดข้าวปลูกเพื่อบริโภค 2 ชนิด คือ ข้าวปลูกเอเชีย (*O. sativa*) และข้าวปลูกแอฟริกา (*O. glaberrima*) ที่เหลืออีก 21 ชนิดเป็นข้าวป่า การปรับปรุงพันธุ์ข้าวในปัจจุบัน มีการนำข้าวป่ามาใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมของลักษณะความต้านทานต่อโรคและแมลงที่สำคัญหลายชนิด Sitch (1990) ได้รวบรวมลักษณะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ของข้าวป่า เช่น ความต้านทานต่อโรคและแมลงหรือทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ยีนต้านทานโรคขอบใบแห้งของข้าว (*Xa-21*) ได้มาจากข้าวป่าพวก *O. longistaminata* (Khush และคณะ,1989) แหล่งของความเป็นหมันของเกสรตัวผู้ (cytoplasmic male sterile) ที่ใช้ในโครงการข้าวลูกผสมของจีนก็ได้มาจากข้าวป่า *O. rufipogon* (Virmani และ Shinjyo, 1988) การใช้ประโยชน์จากพันธุ์ป่าและพันธุ์ดั้งเดิมเหล่านี้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ขึ้นกับลักษณะธรรมชาติและความสามารถของพันธุ์พืช จากวิวัฒนาการ พบว่า พวกพันธุ์ป่าที่มีชีวิตรอดจากการคัดเลือกจากโรค แมลง และสภาพแวดล้อมที่มีปัญหาต่างๆ มักมีความต้านทานต่อโรคที่เป็น soil-born disease แต่การปรับตัวคุณภาพของสายพันธุ์และผลผลิต สามารถปรับปรุงจากพันธุ์เหล่านี้ ด้วยวิธีการผสมข้าม ผสมกลับ และผ่านการคัดเลือกในแต่ละชั่ว ในที่สุดได้ยีนที่ต้านทานดังกล่าวได้ การนำข้าวป่ามาใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ สิ่งแรก คือ การรวบรวมพันธุ์ให้ได้มากที่สุด จากนั้นจำแนกลักษณะด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งช่วยให้การนำข้าวป่ามาใช้ประโยชน์มีประสิทธิภาพสูงสุด

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (brown planthopper) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nilaparvata lugens* (Stal) เป็นแมลงพาหะจำพวกปากดูด ทั้งตัวอ่อนและตัวแก่ชอบดูดกินน้ำเลี้ยงจากปากใบบริเวณโคนต้นเหนือระดับน้ำ ในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว ทำให้ต้นข้าวชะงักการเจริญเติบโต ถ้ามีการระบาดมาก ต้นข้าวจะมีอาการเหี่ยวแห้งตาย ลักษณะคล้ายถูกน้ำร้อนลวกเป็นวงกว้าง เรียกว่า hopper burn นอกจากนี้ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลยังเป็นพาหะของเชื้อวิสาทำให้เกิดโรคใบหงิก และเชื้อมายโคพลาสม่าทำให้เกิดโรคเขียวเตี้ย (โกศล, 2563; วีรวุฒิ, 2536)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อสร้างสายพันธุ์ต้านทานต่อแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยใช้แหล่งความต้านทานจากข้าวป่า ซึ่งแสดงลักษณะต้านทานต่อแมลงในสภาพของบ้านเรา นับเป็นการขยายฐานทางพันธุกรรม (genetics diversity)ให้กว้างออก เพื่อที่จะได้พันธุ์ใหม่ที่มีความต้านทานต่อแมลงดังกล่าวอย่างแท้จริง

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวป่าจำนวน 52 ตัวอย่าง (ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร) เพื่อเพิ่มจำนวนเมล็ดให้มากพอสำหรับทดสอบความต้านทานต่อแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในปี พ.ศ. 2551 และทดสอบซ้ำอีกครั้งในปี พ.ศ. 2552 โดยใช้พันธุ์พิษณุโลก 2 เป็นพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน และพันธุ์ TN 1. เป็นพันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน ปลูกต้นที่ต้านทาน แล้วผสมกับข้าวปลูกสายพันธุ์ SPR 88096-17-3-2-2

ปี พ.ศ. 2553 ปลูกต้นชั่วที่ 1 (F_1) ของคู่ผสมดังกล่าว แล้วชักนำให้ติดเมล็ดด้วยสารละลายโคลชิซีนที่ระดับความเข้มข้น 0.03% และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1, 2, 3, และ 4 วัน ตามลำดับ

ปี พ.ศ. 2554 ทดสอบความต้านทานของแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลกับเมล็ดที่ได้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบความต้านทานต่อแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลของข้าวป่า ในตอนเริ่มต้นงานทดลองนั้น เนื่องจากข้าวป่าจากแหล่งดังกล่าวมีลักษณะเป็น Heterogeneous populations จึงมีความจำเป็นต้องทดสอบความต้านทานเพื่อให้ได้ตัวแทนที่มีความต้านทานต่อแมลงอย่างแท้จริง ผลการทดสอบความต้านทานแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2552 โดยใช้พันธุ์พิษณุโลก 2 เป็นพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน และพันธุ์ TN 1 เป็นพันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน แสดงใน Table 1

ผสมพันธุ์ข้าวปลูกสายพันธุ์ SPR 88096-17-3-2-2 กับพันธุ์ข้าวป่า *O. punctata* (GS.No. 18866) ใช้พันธุ์ข้าวป่าเป็นต้นพ่อ เนื่องจากข้าวป่ามีลักษณะร่วงง่าย พบว่ามีการติดเมล็ดน้อย โดยจำนวนดอกที่ผสม 1,152 ดอก ผสมติดเมล็ด 31 เมล็ด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด 2.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่ำ และยังมีการพัฒนาของเมล็ดช้ามาก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ กาญจนา และคณะ (2535) ที่ได้ผสมข้ามชนิดระหว่างข้าวปลูก *O.sativa* พันธุ์ IR 70, IR 72 และ IR 74 กับพันธุ์ข้าวป่า *O. minuta* (GS.No. 5510) มีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดคิดเป็น 10.37, 9.33 และ 20.28 ตามลำดับ กาญจนา และคณะ (2551) ได้ผสมข้ามชนิดระหว่างข้าวปลูก ขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวป่า *O. minuta* (GS.No. 8173) จำนวนดอกที่ผสม 6,427 ดอก ผสมติดเมล็ด 29 เมล็ด มีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดคิดเป็น 0.45 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ เนื่องจากชุดของโครโมโซมที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ข้าวปลูกและพันธุ์ข้าวป่า โดยที่ข้าวปลูกมีชุดของโครโมโซมเป็น AA ส่วนข้าวป่ามีชุดของโครโมโซม BBCC,CC

ลักษณะของต้นลูกผสมชั่วที่หนึ่ง (F_1) มีความสูง ทรงกอ ระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก ทรงกอไม่อัดกันแน่น กาบใบมีสีเขียวเหมือนพันธุ์ข้าวปลูก ดอกมีขนาดเล็กเหมือนพันธุ์ข้าวป่าและมีหางสั้น สีเกสรตัวเมียเป็นสีม่วงดำเหมือนพันธุ์ข้าวป่า ในขณะที่พันธุ์ข้าวปลูกมีสีเกสรตัวเมียเป็นสีขาว เมล็ดที่ได้มีขนาดเล็กและสั้นเหมือนพันธุ์ข้าวป่า และเมล็ดที่ได้มีลักษณะลีบไม่ติดเมล็ด ไม่สามารถนำมาปลูกให้เป็นต้นใหม่ได้ ซึ่งให้ผลทำนองเดียวกันกับ กาญจนา และคณะ (2537, 2551)

Table 1 Screening of Brown Planthopper Resistant in 2008 and 2009, respectively.

No.	GS.No.	Name	Source	BPH reaction	
				2008	2009
1	16137	*O. spontanea*	Thailand	R	R
2	18781	*O. glumae patula*	Brazil	R	MR
3	18808	*O. latifolia*	United State	R	R
4	18829	*O. meridionalis*	Australia	R	R
5	18866	*O. punctata*	India	R	R

เนื่องจากการจับคู่กันของโครโมโซมหลังการผสมแตกต่างกัน ทำให้ลูกผสมชั่วแรกที่ได้ (สายพันธุ์ CCS 09020) มีชุดของโครโมโซมเป็น ABC หรือ AC ฉะนั้น ต้นชั่วแรกที่ได้ถ้าต้นใดติดเมล็ดสมบูรณ์ดีแสดงว่าเป็นเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเองของต้นแม่ (คือสายพันธุ์ SPR 88096-17-3-2-2) ต้นใดลีบไม่ติดเมล็ดแสดงว่าเป็นต้นที่ได้จากการผสมข้ามชนิดระหว่างพันธุ์ข้าวปลูกกับพันธุ์ข้าวป่า การที่ลูกชั่วแรกมีชุดของโครโมโซมเป็น ABC หรือ AC นั้น ทำให้เป็นหมันหรือไม่ติดเมล็ดเลย หากลูกผสมดังกล่าวถูกชักนำให้มีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมอีกเท่าตัวด้วยสารละลายโคลชิซีน จึงควรมีชุดของโครโมโซมเป็น AABBCC หรือ AACC ซึ่งจะไม่เป็นหมันหรือติดเมล็ดได้ จึงได้ตัดแยกหน่อจากต้นชั่วแรกที่ไม่ติดเมล็ดเพื่อแช่ในสารละลายโคลชิซีน พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1, 2 และ 4 วัน และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 และ 4 วัน ตามลำดับ สามารถชักนำให้เพิ่มจำนวนโครโมโซมและติดเมล็ดได้ ต้นที่ได้มีลักษณะทางการเกษตรมาทางพันธุ์ข้าวปลูก กล่าวคือ มีสีเกสรตัวเมียเป็นสีขาว สียอดดอกเป็นสีขาว ไม่มีหางข้าว ขนาดเมล็ดและลักษณะทรงกอมีลักษณะมาทางพันธุ์แม่ คือ สายพันธุ์ SPR 88096-17-3-2-2

สรุปผล

การทดสอบความต้านทานต่อแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวป่า พบว่า ข้าวป่า *O. punctata* (GS.No. 18866) แสดงลักษณะต้านทานต่อแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับ R โดยมีพันธุ์พิษณุโลก 2 เป็นพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน และพันธุ์ TN 1 เป็นพันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน การผสมข้ามชนิดเพื่อถ่ายทอดลักษณะต้านทานแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากพันธุ์ข้าวป่า *O. punctata* (GS.No. 18866) มายังพันธุ์ข้าวปลูก สายพันธุ์ SPR 88096-17-3-2-2 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดคิดเป็น 2.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่ำ และยังมีการพัฒนาของเมล็ดช้ามาก ลักษณะของต้นลูกผสมชั่วที่หนึ่ง (F_1) มีความสูง ทรงกอ ระหว่างข้าวป่า และข้าวปลูก กาบใบมีสีเขียวเหมือนพันธุ์ข้าวปลูก ดอกมีขนาดเล็กเหมือนพันธุ์ข้าวป่า และมีหางสั้น สีเกสรตัวเมียเป็นสีม่วงดำเหมือนพันธุ์ข้าวป่า ในขณะที่พันธุ์ข้าวปลูกมีสี

เกสรตัวเมียเป็นสีขาว เมล็ดที่ได้มีขนาดเล็กและสั้นเหมือนพันธุ์ข้าวป่า และเมล็ดที่ได้มีลักษณะลีบไม่ติดเมล็ด จึงได้ตัดแยกหน่อจากต้นชั่วแรกที่ไม่ติดเมล็ดเพื่อแช่ในสารละลายโคลชิซีนที่ระดับความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1, 2 และ 4 วัน และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3, และ 4 วัน ตามลำดับ สามารถชักนำให้เพิ่มจำนวนโครโมโซมและติดเมล็ดได้ ต้นที่ได้มีลักษณะทางการเกษตรมาทางพันธุ์ข้าวปลูก คือ สายพันธุ์ SPR 88096-17-3-2-2

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา กล้าแข็ง ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ หทัยรัตน์ อุไรรงค์ และกัมปนาท มุขดี, 2535, อายุที่เหมาะสมของ Immature Embryo ของข้าวลูกผสมระหว่างพันธุ์ป่ากับพันธุ์ปลูกที่จะนำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2: 76-82.

กาญจนา กล้าแข็ง ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ เผดิม ระติสุนทร สาธิต ทยาพัชร พรรณี รอดแรงบุญ และกัมปนาท มุขดี, 2537, การผลิตข้าว polyploid จากการผสมข้ามชนิด, เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่องการพัฒนางานวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2537 ระหว่างวันที่ 29- 31 มีนาคม 2537, ณ โรงแรมไพลิน จ.สุโขทัย, 15 น.

กาญจนา กล้าแข็ง สุนิยม ตาปราบ กนกพร บุญศิริชัย รังสิต เส็งหะพันธุ์ สมคิด วรวาท เกริก เกษโกศล กัญญา เชื้อพันธุ์ สุนันทา วงศ์ปิยชน และนิวัติ เจริญศิลป์, 2551, ALLOHEXAPLOID, PTT03084, การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551 วันที่ 8 – 10 เมษายน 2551, ณ โรงแรมชลจันทร์ พัทยารีสอร์ท จังหวัดชลบุรี, 51 – 62 น.

โกศล เจริญสม, 2536, ลักษณะการทำลายพืชและความเสียหายจากแมลง, เอกสารประกอบการฝึกอบรมทางวิชาการเรื่องการวินิจฉัยโรค-แมลงศัตรูพืชและการควบคุม, ระหว่างวันที่ 10-14 พฤษภาคม 2536, ณ ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 317 น.

วีรวุฒิ กตัญญูกุล, 2536, การบริหารแมลงศัตรูข้าว, ฟันนี่พับบลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ 119 น.

Khush, G.S., Mackill, D.J. and Sidhu, G.S., 1989, Breeding Rice for Resistance to Baterial Blight, pp,207-217. *In* Proceeding of the International Workshop on Bacterial Blight of Rice, 14-18 March 1988, The Iinternational Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Sitch, L.A, 1990, Incompatibility Barriers Operating in Crosses of *O. sativa* with Related Species and Genera, pp. 77-93. *In* J.P. Gustafson.(ed.), Gene Manipulation in Crop Improvement, Plenum Press, New York.

Virmani, S.S. and Shinjyo, C., 1988, Current Status of Analysis and Symbols for Male-sterile Cytoplasm and Fertility Restoring Genes, Rice Genet. Newl., 5: 9-15

ผลกระทบของสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวแนะนำที่มีต่อศัตรูธรรมชาติในระบบนิเวศข้าวนาชลประทาน

Impact of Recommended Insecticides on Natural Enemies in Irrigated Rice Ecosystem

จินตนา ไชยวงค์[1] วันทนา ศรีรัตนศักดิ์[1] และ สุกัญญา อรัญมิตร[1]

Chaiwong, J.[1], Sriratanasak, W.[1] and Arunmit, S.[1]

Abstract

Impact of recommended insecticides on natural enemies in irrigated rice ecosystem was studied in the farmer's paddy field at Nakhonluang distric in Phra Nakhon Si Ayutthaya province during dry and wet season of 2009 and 2010. Each rice plot was applied with dinotefuran, thiamethoxam, bensultap, clothianidin, ethiprole, bio-extract, *Beauveria brassiana* and water (control). The insecticides were applied at 45, 60 and 75 days after broadcasting. Insects sampling were conducted in experimental plots before and after treatments. In each plot 20 random samplings of natural enemies were conducted on rice plants by visual count in the diagonal direction. Apart from the vistual count, the insects were also collected from each experimental plot by using the D-vac sucking machine on 5 units of 1x1 m^2 each. The decline in the population of natural enemies results from the application of different insecticides were evaluated and compared. The insect diversity index in the insecticide and non insecticide applications were also compared. The results showed that ethiprole, clothianidin, dinotefuran and thiamethoxam were mostly harmless to moderately harmful to the spiders, mirid bug (*Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter)), predators, egg parasites of leafhopper and planthopper and larval parasites of rice leaffolder. Diversity index of natural enemies in wet season was higher than dry season. Ethiprole and bensultap plots had diversity index of natural enemies decreasing compared to control vat 6.71-27.59 and 1.34-16.55%, respectively. While the controlling of the brown planthopper, dinotefuran and ethiprole gave higher efficacy than other insecticides.

Keywords: species diversity, natural enemies, brown planthoppers, insecticides

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวต่อศัตรูธรรมชาติในข้าวนาชลประทาน ได้ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในฤดูนาปีและนาปรัง ปี 2552 และ 2553 มี 8 กรรมวิธี ได้แก่ พ่นสารไดโนทีฟูแรน สารไทอะมีโทแซม สารเบนซัลแทป สารคลอไทอะนิดิน สารอิทิโพรล น้ำหมักชีวภาพ เชื้อราบิวเวอเรีย (*Beauveria brassiana*) และน้ำเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ พ่นสารจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวอายุ 45 60 และ 75 วันหลังหว่าน เก็บตัวอย่างประชากรแมลงก่อนและหลังการใช้สาร โดยใช้เครื่อง D-vac ดูดแมลง แปลงละ 5 จุด จุดละ 1x1 เมตร และตรวจนับแมลงด้วยตาเปล่า แปลงละ 20 จุด พบว่า โดยทั่วไป สารอิทิโพรล สารคลอไทอะนิดิน สารไดโนทีฟูแรน และสารไทอะมีโทแซม ไม่เป็นอันตรายถึงอันตรายปานกลางต่อแมงมุม มวนเขียวดูดไข่ (*Cyrtorhinus lividipennis*) ตัวห้ำ แตนเบียนไข่เพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยกระโดด และแตนเบียนหนอนห่อใบข้าว ส่วนผลกระทบต่อความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติในนาข้าว พบว่า ค่าดัชนีความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติในฤดูนาปีมีค่าสูงกว่าในฤดูนาปรัง และแปลงที่มีการใช้สารอิทิโพรล และสารเบนซัลแทป มีความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติลดลงจากแปลงไม่ใช้สาร 6.71-27.59 และ 1.34-16.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสาร พบว่า สารไดโนทีฟูแรน และสารอิทิโพรล มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงกว่าสารชนิดอื่น

คำสำคัญ: ความหลากชนิด ศัตรูธรรมชาติ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล สารฆ่าแมลง

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว เขตจตุจักร กทม. 10900 โทรศัพท์ 0-2579-8140

[1] Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Chatuchak, Bangkok 10900 Tel. 0-2579-8140

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรมีการใช้สารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในนาข้าวจำนวนมาก ซึ่งสารฆ่าแมลงเหล่านั้นอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ สุวัฒน์ (2545) รายงานว่า การใช้สาร fipronil ซึ่งเป็นสารที่กรมวิชาการเกษตร แนะนำให้ใช้ในการป้องกันหนอนห่อใบข้าว มีผลทำให้ความหลากหลายของแมลงลดลงต่ำกว่าแปลงไม่ใช้สารถึง 7.3 – 17.6% การใช้สารฆ่าแมลงที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลได้ เช่น การใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์บางชนิด ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มการระบาด และทำให้ปริมาณของแมงมุมลดลงอีกด้วย (ปรีชา, 2545; Tanaka และคณะ, 2000) นอกจากการใช้สารฆ่าแมลงแล้ว ยังมีวิธีอื่นที่สามารถป้องกันกำจัดศัตรูข้าวได้ เช่น การใช้เชื้อราบิวเวอเรียในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (เพชรหทัย, 2550) การใช้น้ำหมักชีวภาพ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้ อย่างไรก็ตาม การใช้สารฆ่าแมลงยังมีความจำเป็น เพื่อเป็นข้อมูลให้เกษตรกรเลือกใช้สารฆ่าแมลงที่เหมาะสม การศึกษานี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสารป้องกันกำจัดศัตรูข้าวที่แนะนำต่อศัตรูธรรมชาติที่ในนาข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินงานและกรรมวิธี

ดำเนินการทดลองในนาราษฎร์ อ.นครหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา ปี 2552-2553 ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 นาหว่านน้ำตม แปลงทดลองแต่ละแปลงขนาด 10x20 เมตร จำนวน 8 แปลง ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธี พ่นสาร 1 ชนิด ได้แก่ ไดโนทีฟูแรน ไทอะมีโทแซม เบนซัลแทป คลอไทอะนิดิน อิทิโพรล น้ำหมักชีวภาพ (สูตรของเกษตรกร จ.สุพรรณบุรี) เชื้อราบิวเวอเรีย (กรมส่งเสริมการเกษตร) และน้ำ พ่นตามอัตราแนะนำ เมื่อข้าวอายุ 45 60 และ 75 วันหลังหว่าน

การตรวจนับแมลงก่อนและหลังการทดสอบ

สุ่มตรวจนับแมลงก่อนพ่นสาร 1 วัน และหลังพ่นสาร 7 และ 15 วัน ตรวจนับ 2 วิธี คือ สุ่มนับด้วยตาเปล่าตามแนวทแยงมุม 20 จุด (ข้าว 10 ต้นชิดติดกัน) และใช้เครื่องดูดแมลง D-vac ดูดจับแมลงแปลงละ 5 จุด จุดละ 1x1 เมตร เก็บตัวอย่างแมลงในแอลกอฮอล์ 70% นำมาตรวจจำแนกชนิดและนับจำนวนแมลงศัตรูและศัตรูธรรมชาติภายใต้กล้องจุลทรรศน์สองตา

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ดังนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณ (%) ของศัตรูธรรมชาติที่ลดลงในแปลงสารป้องกันกำจัดแมลง เปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ใช้สาร (control) และเทียบระดับความเป็นอันตรายของสารฆ่าแมลงต่อศัตรูธรรมชาติ ตามเกณฑ์ของ Oomen และคณะ (2001) ดังนี้

ปริมาณแมลงที่ลดลง (%)	ระดับความเป็นอันตรายต่อศัตรูธรรมชาติ
< 25	ไม่เป็นอันตราย (harmless)
25 – 50	อันตรายเล็กน้อย (slightly harmful)
51 – 75	อันตรายปานกลาง (moderately harmful)
> 75	อันตรายมาก (very harmful)

2. เปรียบเทียบดัชนีความหลากชนิดของแมลงในแปลงใช้สารและไม่ใช้สาร จากสมการของ Shannon-Wiener (อินทวัฒน์, 2524) ดังนี้

$H = -\sum (pi)(\log_2 pi)$ โดย H = ดัชนีความหลากชนิดของ Shannon-Wiener (Shannon-Wiener diversity index)

pi = อัตราส่วนระหว่างจำนวนสิ่งมีชีวิตชนิดที่ i ต่อจำนวนสิ่งมีชีวิตที่พบทั้งหมด

3. ประเมินประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง โดยคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง (% Efficacy) จากสมการของ Abbott (Abbott, 1925) ดังนี้

$\% \text{ Efficacy} = [1-(Ta/Ca)] \times 100$ Ta = จำนวนแมลงหลังพ่นสารในแปลงพ่นสารแต่ละชนิด

Ca = จำนวนแมลงหลังพ่นด้วยน้ำเปล่า

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลกระทบต่อศัตรูธรรมชาติในนาข้าว

1.1 ผลกระทบต่อแมงมุม สารที่พบว่าไม่เป็นอันตรายหรืออันตรายน้อย ได้แก่ ไทอะมีโทแซม ไดโนทีฟูแรน น้ำหมักชีวภาพ และคลอไทอะนิดิน ส่วนสารที่มีอันตรายเล็กน้อย-ปานกลาง ได้แก่ อิทิโพรล เบนซัลแทป และเชื้อราบิวเวอเรีย

1.2 ผลกระทบต่อมวนเขียวดูดไข่ สารที่พบว่าเป็นอันตรายน้อย-ปานกลาง ได้แก่ ไดโนทีฟูแรน และไทอะมีโทแซม สำหรับคลอไทอะดินิน บางฤดูปลูกพบว่ามีอันตรายมากต่อมวนเขียวดูดไข่ ส่วนสารที่ไม่ได้กล่าวถึง ไม่เป็นอันตราย

1.3 ผลกระทบต่อตัวห้ำต่างๆ สารที่พบว่าเป็นอันตรายเล็กน้อย-ปานกลาง ได้แก่ คลอไทอะดินินและเชื้อราบิวเวอเรีย สำหรับไดโนทีฟูแรน พบว่าบางฤดูปลูกมีอันตรายเล็กน้อย ส่วนสารที่ไม่ได้กล่าวถึง ไม่เป็นอันตราย

1.4 ผลกระทบต่อแตนเบียนไข่เพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยกระโดด สารที่พบว่าไม่เป็นอันตรายหรืออันตรายเล็กน้อย ได้แก่ เชื้อราบิวเวอเรีย น้ำหมักชีวภาพ และเบนซัลแทป ส่วนสารที่มีอันตรายเล็กน้อย-ปานกลาง ได้แก่ ไดโนทีฟูแรน ไทอะมีโทแซม และคลอไทอะนิดิน สำหรับอิทิโพรล บางฤดูปลูกพบว่ามีอันตรายมากต่อแตนเบียนดังกล่าว

1.5 ผลกระทบต่อแตนเบียนหนอนห่อใบข้าว สารที่พบว่าไม่เป็นอันตรายหรืออันตรายเล็กน้อย ได้แก่ ไทอะมีโท-แซม อิทิโพรล เชื้อราบิวเวอเรีย ไดโนทีฟูแรน และน้ำหมักชีวภาพ สารที่มีอันตรายเล็กน้อย ได้แก่ คลอไทอะดินิน สำหรับสารเบนซัลแทป บางฤดูปลูกพบว่ามีอันตรายปานกลาง

2. ผลกระทบต่อความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติในนาข้าว (Table 1)

ค่าดัชนีความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติในฤดูนาปี มีค่าสูงกว่าในฤดูนาปรัง โดยทั่วไปแปลงที่ใช้สารมีค่าดัชนีความหลากชนิดใกล้เคียงกับแปลงไม่ใช้สาร ยกเว้น แปลงที่มีการใช้สารอิทิโพรล และเบนซัลแทป โดยค่าดัชนีความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติในแปลงใช้สารอิทิโพรล และเบนซัลแทป ลดลงจากแปลงไม่ใช้สาร 6.71-27.59 และ 1.34-16.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รวมทั้งมีผลต่อการลดปริมาณศัตรูธรรมชาติมากกว่าสารอื่นๆ เช่นกัน จากการทดลองนี้กล่าวได้ว่า สารอิทิโพรล และสารเบนซัลแทป มีผลกระทบต่อความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติในนาข้าว ในทุกฤดูปลูก ส่วนสารอื่นๆ มีผลกระทบต่อศัตรูธรรมชาติบ้างบางฤดูปลูก แต่ค่าดัชนีความหลากชนิดใกล้เคียงกับแปลงไม่ใช้สาร ซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

3. ประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว

จากการประเมินประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิด พบว่า ไดโนทีฟูแรน และอิทิโพรล มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเป็นสารที่ทางราชการแนะนำให้ใช้ในนาข้าว ควบคุมได้ 43.96-59.24 และ 24.84-58.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ในสภาพที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีปริมาณสูง แต่ไม่ถึงระดับเศรษฐกิจ) ส่วนเบนซัลแทป มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงที่นำมาทดสอบ ควบคุมได้ 19.11-24.18 เปอร์เซ็นต์ (เบนซัลแทปเป็นสารที่ทางราชการแนะนำให้ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนห่อใบข้าว) ส่วนน้ำหมักชีวภาพ และเชื้อราบิวเวอเรีย มีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารฆ่าแมลง สามารถควบคุมได้ 1.91-20.88 และ 8.28-17.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุปผล

สารที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ได้แก่ ไดโนทีฟูแรน ซึ่งพบว่าเป็นอันตรายเล็กน้อย-ปานกลางต่อมวนเขียวดูดไข่ และแตนเบียนไข่เพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยกระโดด รองลงมา ได้แก่ อิทิโพรล เป็นอันตรายปานกลางต่อแมงมุม เป็นอันตรายเล็กน้อยถึงมากต่อแตนเบียนไข่เพลี้ยฯ และมีผลกระทบต่อความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติทุกฤดูปลูก *สารที่มีประสิทธิภาพปานกลาง* ได้แก่ คลอไทอะนิดิน และพบว่าเป็นอันตรายเล็กน้อยต่อแมงมุม เป็นอันตรายเล็กน้อยถึงปานกลางต่อมวนเขียวดูดไข่ ตัวห้ำ แตนเบียนไข่เพลี้ยฯ และแตนเบียนหนอนห่อใบข้าว และบางฤดูปลูก พบว่ามีอันตรายมากต่อมวนเขียวดูดไข่ สารไทอะมิโทแซม พบว่าเป็นอันตรายเล็กน้อย-ปานกลางต่อมวนเขียวดูดไข่และแตนเบียนไข่เพลี้ยฯ ส่วนเบนซัลแทป มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับปานกลางถึงต่ำ พบว่าเป็นอันตรายเล็กน้อย-ปานกลางต่อแมงมุม แตนเบียนไข่เพลี้ยฯ และแตนเบียนหนอนห่อใบข้าว และมีผลกระทบต่อความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติทุกฤดูปลูก *ส่วนสารที่มีประสิทธิภาพต่ำ* ได้แก่ เชื้อราบิวเวอเรีย และน้ำหมักชีวภาพ โดยทั่วไปไม่เป็นอันตรายต่อมวนเขียวดูดไข่ ตัวห้ำ แตนเบียนไข่เพลี้ยฯ และแตนเบียนหนอนห่อใบข้าว และมีผลกระทบต่อความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติเล็กน้อยบางฤดูปลูก ซึ่งค่าดัชนีความหลากชนิดของศัตรูธรรมชาติใกล้เคียงกับแปลงไม่ใช้สาร จากการศึกษานี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูข้าวได้ โดยเฉพาะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพ และผลกระทบต่อศัตรูธรรมชาติในนาข้าว เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการป้องกันกำจัดศัตรูข้าว และเป็นการรักษาสมดุลของระบบนิเวศในนาข้าว

Table 1 Shannon-Wiener diversity index (H) and percent decreasing of natural enemies in the treated plot comparing with non-treated plot at Amphoe Nakhon Luang, dry seasons and wet seasons, 2009 and 2010

Treatment	Diversity index (H) (Ave. ± SD)				Percent decreasing of natural enemies			
	2009		2010		2009		2010	
	Dry season	Wet season	Dry season	Wet season	Dry season	Wet season	Dry season	Wet season
dinotefuran	1.47 ± 0.46	2.02 ± 0.15	1.91 ± 0.16	2.14 ± 0.30	1.34	0.49	-31.72	-9.74
thiamethoxam	1.29 ± 0.39	2.06 ± 0.22	1.71 ± 0.11	2.20 ± 0.13	13.42	-1.48	-17.93	-12.82
bensultap	1.47 ± 0.46	1.76 ± 0.28	1.21 ± 0.43	1.83 ± 0.19	1.34	13.30	16.55	6.15
clothianidin	1.53 ± 0.43	1.91 ± 0.33	1.78 ± 0.29	2.16 ± 0.17	-2.68	5.91	-22.76	-10.77
ethiprole	1.39 ± 0.64	1.86 ± 0.28	1.05 ± 0.50	1.71 ± 0.12	6.71	8.37	27.59	12.31
Bio-extract	1.48 ± 0.19	1.88 ± 0.36	1.41 ± 0.28	2.02 ± 0.14	0.67	7.39	2.76	-3.59
Beauveria brassiana	1.46 ± 0.26	1.97 ± 0.33	1.40 ± 0.52	1.98 ± 0.16	2.01	2.96	3.45	-1.54
control	1.49 ± 0.13	2.03 ± 0.34	1.45 ± 0.34	1.95 ± 0.13				

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณบุญเลิศ สุขโชติ ที่ได้เอื้อเฟื้อแปลงทดลอง ขอขอบคุณ คุณสุวัฒน์ รวยอารีย์ และคุณเรวัต ภัทรสุทธิ ข้าราชการบำนาญ ที่ได้ให้คำแนะนำ และขอขอบคุณทุกท่านใน สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว ที่ทำให้งานสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ปรีชา วังศิลาบัตร, 2545, นิเวศวิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการควบคุมปริมาณ, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, จตุจักร, กรุงเทพฯ, 117 หน้า.

เพชรหทัย ปฏิรูปานุสร และอัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, 2550, ประสิทธิภาพของเชื้อราทำลายแมลงต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพลี้ยจักจั่นสีเขียว, หน้า 144 – 154. *ใน:* การประชุมวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2550, วันที่ 19-21 กุมภาพันธ์ 2550, ห้องประชุมพิพิธภัณฑ์การเกษตรเฉลิมพระเกียรติฯ, อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี.

สุวัฒน์ รวยอารีย์, 2545, ผลกระทบของสารฆ่าแมลงต่อศัตรูธรรมชาติ โครงสร้างและความหลากชนิดของอาร์โทรปอดในระบบนิเวศนาข้าว, หน้า 1-21. *ใน:* เอกสารวิชาการ การประชุมสัมมนาทางวิชาการ แมลงและสัตว์ศัตรูพืช ครั้งที่ 13 ประจำปี 2545. วันที่ 6 – 9 สิงหาคม 2545, โรงแรมโกลเด้นแซนด์, อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี.

อินทวัฒน์ บุรีคำ, 2524, นิเวศวิทยาของแมลง แนวทางการปฏิบัติ, ภาควิชากีฏวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, จังหวัดนครปฐม, 85 หน้า.

Abbot, W.S., 1925, A Method of Computing Effectiveness of an Insecticide, J. Econ. Entom., 18, 265-267.

Tanaka, K., Endo, S. and Kazano, H., 2000, Toxicity of Insecticides to Predators of Rice Planthoppers: Spiders, the Mirid Bug and the Dryinid Wasp, Appl. Entomol. Zool., 35(1): 177 – 187.

Oomen, P., Rotteveel, T., Poot, S. and Brooimans, C., 2001, Pesticide Management: Use of Pesticides in IPM, International Course on Integrated Pest Management 2001, Wageningen the Natherlands, March 18 – June 30, 2001, International Agricultural Centre (IAC) (mimeographs).

เอนไซม์ทนร้อนย่อยผนังเซลล์พืชจากแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนทนร้อนสูง *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* EPPO5

Thermostable Plant Cell Wall Degrading Enzymes from Thermophilic Anaerobic Bacterium, *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* EPPO5

จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1] สาวิตรี บัวขาว[2] สมพิศ สอนโยธา[2] ภัทรา ผาสอน[1] คิน เลย์ คู[2] อะคิฮิโกะ โคสุกิ[3] ยูทากะ โมริ[3] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]

Tachaapaikoon, C.[1], Buakhaw, S.[2], Sornyotha, S.[2], Pason, P.[1], Kyu, K.L.[2], Kosugi, A.[3], Mori, Y.[3] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

A thermophilic anaerobic bacterium, *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* EPPO5 produced thermostable plant cell wall degrading enzymes including cellulase, cellobiohydrolase, β-glucosidase, xylanase, β-xylosidase, arabinofuranosidase, acetyl esterase, mannanase, pectinase, chitinase and amylase. Optimum temperature and pH of crude enzyme were 80°C and 7.0, respectively. The thermal stability of crude enzyme was in the range of 40-90°C and showed highly thermostable as evidenced by retaining more than 75 and 63% activity after incubation at 90°C for 1 hour and at 80°C for 12 hours, respectively. Native-PAGE of crude enzyme revealed 5 proteins, whereas SDS-PAGE showed at least 25 proteins which seven proteins showed carboxymethyl cellulase and ten proteins showed xylanase activities on zymograms.

Keywords: *C. saccharolyticus*, plant cell wall degrading enzymes, thermophilic anaerobic bacterium, thermostable enzyme

บทคัดย่อ

แบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนทนร้อนสูง *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* EPPO5 ผลิตเอนไซม์ที่ย่อยผนังเซลล์พืชทนร้อนสูง ได้แก่ เซลลูเลส เซลโลไบโอไฮโดรเลส เบต้ากลูโคซิเดส ไซลาเนส เบต้าไซโลซิเดส อะราบิโนฟูราโนซิเดส อะซิติลเอสเทอเรส แมนนาเนส เพคติเนส ไคติเนส และอะไมเลส อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของ crude enzyme เท่ากับ 80 องศาเซลเซียส และพีเอช 7.0 ตามลำดับ crude enzyme มีเสถียรภาพที่ดีในช่วงอุณหภูมิ 40-90 องศาเซลเซียส และยังคงเหลือกิจกรรมของเอนไซม์มากกว่าร้อยละ 75 และ 63 เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนการศึกษารูปแบบโปรตีนของ crude enzyme ด้วยเทคนิค native-PAGE พบโปรตีนอย่างน้อย 5 แถบ ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนอย่างน้อย 25 ชนิดเมื่อตรวจสอบด้วย SDS-PAGE และเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค zymogram พบว่า โปรตีนอย่างน้อย 7 ชนิด แสดงกิจกรรมของคาร์บอกซีเมททิลเซลลูเลส และอย่างน้อย 10 ชนิด แสดงกิจกรรมของไซลาเนส

คำสำคัญ: *C. saccharolyticus* เอนไซม์ย่อยผนังเซลล์พืช จุลินทรีย์ไม่ใช้ออกซิเจนทนร้อนสูง เอนไซม์ทนร้อน

คำนำ

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทยมีเหลือเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้มาใช้ประโยชน์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการทำลายโดยการเผา ผนังเซลล์พืช ในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่างๆ เมื่อถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ให้น้ำตาลกลูโคสและไซโลสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น (building blocks) ในการผลิตสารมูลค่าสูงอื่นๆ เช่น กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน น้ำตาลแอลกอฮอล์ และผลิตเป็นเอทานอลซึ่งสามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ (Doi และคณะ,

---

[1] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรบโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thankham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thankham, Bangkhunthian, Bangkok 10150

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น ทสึคุบะ อิบารากิ 305-8686

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305-8686

2003) วิธีการเปลี่ยนผนังเซลล์พืชให้เป็นน้ำตาลนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การย่อยด้วยกรด ด่าง ความร้อน ความดันสูง หรือเอนไซม์ ซึ่งการย่อยด้วยเอนไซม์มีความจำเพาะมากกว่าและใช้ปฏิกิริยาที่ไม่รุนแรงเหมือนกับการย่อยด้วยสารเคมี จึงได้น้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่า กระบวนการย่อยผนังเซลล์พืชให้เป็นน้ำตาลนั้นต้องมีกระบวนการปรับสภาพของวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ เหล่านี้ก่อนใช้เอนไซม์ซึ่งส่วนใหญ่กระบวนการปรับสภาพนั้นใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง ด้วยเหตุนี้เอนไซม์จึงต้องทำงานและทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี อีกทั้งปัจจุบันมีความสนใจในการนำเอนไซม์ทนร้อนมาประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพอย่างแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่ใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง เช่น เอนไซม์ไซลาเนสสำหรับกระบวนการฟอกสีเยื่อกระดาษ หรือเอนไซม์เซลลูเลสในกระบวนการย่อยเซลลูโลส หรือเอนไซม์ไคติเนสสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง รวมถึงทางการแพทย์ หรือเอนไซม์อะไมเลสในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ขนมปัง และสารซักล้าง เป็นต้น (Haki และ Rakshit, 2003) นอกจากนี้เอนไซม์ที่ทนต่อความร้อนและทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงยังสามารถช่วยลดขั้นตอนและเวลาของกระบวนการผลิตได้ โดยไม่ต้องรอให้อุณหภูมิของกระบวนการผลิตลดลง จึงเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

Caldicellulosiruptor saccharolyticus EPPO5 คัดแยกจากกองชานอ้อยของโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ จังหวัดนครสวรรค์ เพาะเลี้ยง *C. saccharolyticus* EPPO5 ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนและอุณหภูมิสูง ใน Basal medium พีเอช 7.0 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่มีเซลลูโลสแบบผลึก (crystalline cellulose, CP) ร้อยละ 0.5 เป็นแหล่งคาร์บอน เป็นเวลา 8 วัน (Buakhaw และคณะ, 2010) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นแยกด้วยแรงเหวี่ยง ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอนเซลล์ออกจากน้ำเลี้ยง ส่วนใสของน้ำเลี้ยงที่ได้ใช้เป็น crude enzyme เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเอนไซม์โดยการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ตามวิธีของ Pason และคณะ (2006) ตรวจวัดปริมาณโปรตีนในน้ำเลี้ยงด้วยวิธีของ Lowry และคณะ (1951) โดยใช้ bovine serum albumin ในการเตรียมกราฟมาตรฐาน ส่วนอุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของ crude enzyme และเสถียรภาพของเอนไซม์ตรวจสอบโดยวัดกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส ส่วนการศึกษารูปแบบของโปรตีนและเอนไซม์ด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสชนิด SDS-PAGE (Laemmli, 1970) xylanase-zymogram และ carboxymethylcellulase-zymogram ทำตามวิธีของ Nakamura และคณะ, 1993 และ Pason และคณะ (2006) ตามลำดับ สำหรับ native-PAGE ทำเช่นเดียวกับ SDS-PAGE แต่ไม่มีการเติมสาร SDS, β-mercaptoethanol และการต้มตัวอย่าง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

C. saccharolyticus EPPO5 เป็นแบคทีเรียทนร้อนสูงและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต ที่สามารถผลิตเอนไซม์ทนร้อนที่ย่อยผนังเซลล์พืชได้ดี ภายหลังจากการเพาะเลี้ยง *C. saccharolyticus* EPPO5 ในอาหารที่มี CP เป็นแหล่งคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พีเอช 7.0 พบว่าสามารถตรวจพบกิจกรรมเซลลูเลส เซลโลไบโอไฮโดรเลส เบต้ากลูโคซิเดส ไซลาเนส เบต้าไซโลซิเดส อะราบิโนฟูราโนซิเดส อะซิติลเอสเทอเรส แมนนาเนส เพคติเนส ไคติเนส และอะไมเลสในน้ำเลี้ยง (Table 1) เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของ crude enzyme ในช่วงอุณหภูมิ 40-100 องศาเซลเซียส พบว่า crude enzyme ที่ผลิตจาก *C. saccharolyticus* EPPO5 สามารถทำงานได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส โดยมีค่ากิจกรรมสัมพัทธ์เหลืออยู่สูงถึงร้อยละ 75 นอกจากนี้พบว่าที่อุณหภูมิ100 องศาเซลเซียส crude enzyme ยังคงมีค่ากิจกรรมสัมพัทธ์เหลืออยู่ร้อยละ 50 (Figure 1A) ส่วนการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อเสถียรภาพของเอนไซม์นั้นเมื่อนำเอนไซม์บ่มที่อุณหภูมิในช่วง 40-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงจากนั้นนำมาตรวจวัดกิจกรรมของเซลลูเลส พบว่า crude enzyme มีเสถียรภาพสูงในช่วงอุณหภูมิ 40-90 องศาเซลเซียส (Figure 1B) โดยที่ 90 องศาเซลเซียส ยังมีกิจกรรมเหลืออยู่สูงถึงร้อยละ 73 นอกจากนี้เมื่อตรวจสอบเสถียรภาพต่ออุณหภูมิสูงของ crude enzyme

Table 1 Enzyme activities of the crude enzyme produced by *C. saccharolyticus* EPPO5.

Enzymes	Specific activities (U/ g of protein)
Carboxymethyl cellulase	273.5
Cellobiohydrolase	6.1
β-Glucosidase	18.9
Xylanase	157.4
β-Xylosidase	8.1
Arabinofuranosidase	17.3
Acetyl esterase	2.0
Mannanase	2,742.9
Pectinase	101.0
Amylase	14.9
Chitinase	8.3

ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่า crude enzyme มีกิจกรรมเซลลูเลสเหลืออยู่มากกว่าร้อยละ 63 และ 40 เมื่อบ่มเป็นเวลา 12 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ (Figure 1C) จากคุณสมบัติดังกล่าวของ crude enzyme ที่ผลิตจากจุลินทรีย์สายพันธุ์ EPPO5 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการเอนไซม์ที่สามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูง (Haki และ Rakshit, 2003)

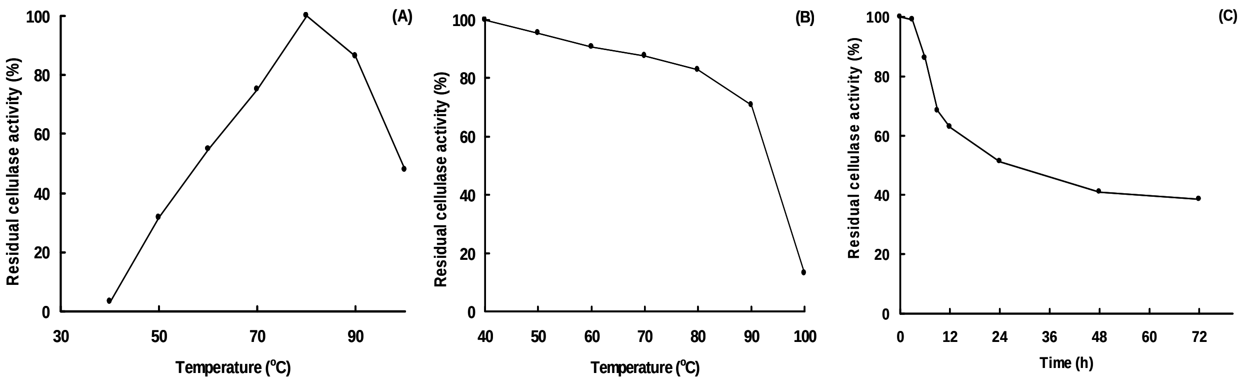


Figure 1 Influence of temperature (A) and thermostability (B and C) of the crude enzyme of *C. saccharolyticus* EPPO5. For thermostability profile, the crude enzyme was incubated at various temperatures for 1 h (B) and was incubated at 80°C for designated time periods (C).

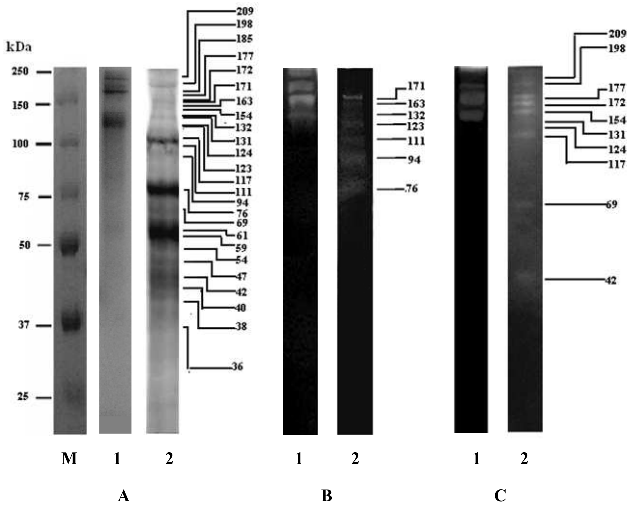


Figure 2 Protein patterns (A), carboxymethylcelllulase-zymogram (B) and xylanase-zymogram (C) of crude enzyme produced by *C. saccharolyticus* EPPO5

เมื่อตรวจสอบรูปแบบของโปรตีนใน crude enzyme ที่ผลิต จาก *C. saccharolyticus* EPPO5 ด้วยเทคนิค native- PAGE, SDS-PAGE และ zymogram พบว่า native-PAGE พบโปรตีนอย่างน้อย 5 แถบ (Figure 2A-1) โดยแสดงกิจกรรมของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูเลสและไซลาเนสอย่างน้อย 4 แถบ ดังแสดงใน Figure 2B-1 และ 2C-1 ตามลำดับ และเมื่อตรวจ สอบด้วย SDS-PAGE พบว่า มีโปรตีนใน crude enzyme อย่างน้อย 25 ชนิด ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 36 ถึง 209 กิโลดาลตัน (Figure 2A-2) โดยพบว่าโปรตีนขนาด 76, 94, 111, 123, 132, 163 และ 171 กิโลดาลตัน แสดงกิจกรรมของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูเลส และโปรตีนขนาด 42, 69, 117, 124, 131, 154, 172, 177, 198 และ 209 กิโลดาลตัน แสดงกิจกรรมของไซลาเนส (Figure 2B-2 และ 2C-2 ตามลำดับ) ซึ่งจากคุณสมบัติของการจับกันเป็นโปรตีนขนาดใหญ่และแยกออกเป็นเอนไซม์หน่วยย่อยที่สามารถทำงานได้อย่างอิสระ จึงเป็นไปได้ว่าเอนไซม์ที่ถูกผลิตขึ้นใน crude enzyme อาจจะเป็นเอนไซม์เชิงซ้อน ดังรายงานก่อนหน้านี้ที่พบคุณลักษณะดังกล่าวใน *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 (Pason และคณะ, 2006)

สรุปผล

C. saccharolyticus EPPO5 ผลิตเอนไซม์ทนร้อนที่ย่อยผนังเซลล์พืชได้ดีออกมาภายนอกเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มเอนไซม์เซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติก รวมถึงเอนไซม์ที่ย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบของผนัง

เซลล์พืช เช่น แมนนาเนส เพคติเนส ไคติเนส และอะไมเลส เอนไซม์ที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์สายพันธุ์ดังกล่าวสามารถทำงานและมีเสถียรภาพดีที่อุณหภูมิสูง และยังสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเอนไซม์ที่ผลิตได้นี้อาจอยู่ในรูปของเอนไซม์เชิงซ้อน จากคุณสมบัติของเอนไซม์ที่ผลิตจาก *C. saccharolyticus* EPPO5 ที่ทำงานและทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีนั้น จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่ใช้อุณหภูมิสูง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา เงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี และจาก Japan International Research Center for Agricultural Sciences

เอกสารอ้างอิง

Buakhaw, S., Tachaapaikoon, C., Kyu, K.L., Kosugi, A., Mori, Y. and Ratanakhanokchai, K., 2010, Isolation of Thermostable Cellulase-producing Extremely Thermophilic Anaerobic Bacteria from Sugarcane Bagasse Pile and Characterization of their Enzymes, Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference (TISD2010), 370-375.

Doi, R.H., Kosugi, A., Murashima, K., Tamaru, Y. and Han, S.O., 2003, Cellulosome from Mesophilic Bacteria, Journal of Bacteriology, 185: 5907-5917.

Haki, G.D. and Rakshit, S.K., 2003, Developments in industrially Important Thermostable Enzymes, Bioresource Technology, 89: 17-34.

Laemmli, U.K., 1970, Clavage of Structural Protein during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature (London), 227: 680-685.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal of Biological Chemistry, 193: 265-275.

Nakamura, S., Wakabayashi, K., Nakai, R., Auno, R. and Horikoshi, K., 1993, Purification and Some Properties of an Alkaline Xylanase from Alkaliphilic *Bacillus* sp. strain 41M-1, Applied and Environmental Microbiology, 59: 2311-2316.

Pason, P., Kyu, K.L. and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* strain B-6 xylanolytic-cellulolytic Enzyme System that Degrades Insoluble Polysaccharides, Applied and Environmental Microbiology, 72: 2483-2490.

การผลิตน้ำตาลจากฟางข้าวอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เอนไซม์เชิงซ้อนเซลลูโลโซม ร่วมกับเอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดส

Effective Saccharification of Rice Straw Using a Combination of the Cellulosome and β-Glucosidase

รัตติยา แววนุกูล[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1] ภัทรา ผาสอน[1] คิ่น เลย์ คู[2] โคสุกิ อะคิฮิโกะ[3] ยูทากะ โมริ[3] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]
Waeonukul, R.[1], Tachaapaikoon, C.[1], Pason, P.[1], Kyu, K. L.[2], Akihiko, K.[3], Mori, U.[3] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

An anaerobic, thermophilic, and cellulolytic bacterium, *Clostridium thermocellum* strain S14 (NITE P-627), which was originally isolated from bagasse paper sludge in Thailand, produces a multienzyme complex called the cellulosome with strong cellulolytic activity. However, to bring out the maximum cellulolytic abilities of the cellulosome, it is required to eliminate inhibition of the cellulosome by the major end product, cellobiose. Combining recombinant β-glucosidase from *Thermoanaerobacter brockii* with the cellulosome from *C. thermocellum* S14, accumulated cellobiose was hydrolyzed thereby resulting in significant enhancement of microcrystalline cellulose degradation. On the other hand, when ammonia pretreated rice straw was hydrolyzed by the combination of cellulosome loading of 2 mg protein/g glucan and 10 units of β-glucosidase, the maximum saccharification rate was achieved to 91%. Hydrolysates from rice straw hydrolysis by the combination of β-glucosidase and cellulosome also could be fermented to ethanol by yeast *Saccharomyces cerevisiae* without any inhibitions in theoretical yield of approximately 95%. These results strongly suggest that the combination of cellulosome and β-glucosidase has great potential as an effective lignocellulose degradation system.

Keywords: cellulosome, β-glucosidase, ethanol, rice straw

บทคัดย่อ

Clostridium thermocellum สายพันธุ์ S14 (NITE P-627) เป็นเซลลูโลไลติกแบคทีเรียชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตที่แยกได้จากกากตะกอนเยื่อกระดาษชานอ้อยในประเทศไทย สามารถผลิตกลุ่มเอนไซม์เชิงซ้อนที่เรียกว่า เซลลูโลโซมซึ่งแสดงกิจกรรมของเอนไซม์กลุ่มเซลลูเลสที่สูงมาก แต่อย่างไรก็ตามการทำงานของเซลลูโลโซมถูกยับยั้งด้วยน้ำตาลเซลโลไบโอส ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากการย่อย ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลลูโลโซมให้ดียิ่งขึ้น จำเป็นต้องมีการกำจัดน้ำตาลเซลลโลไบโอสในปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่าการใช้รีคอมบิแนนท์เอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดสจากเชื้อ *Thermoanaerobacter brockii* ร่วมกับเซลลูโลโซมจาก *C. thermocellum* สายพันธุ์ S14 ในการย่อยสลายเซลลูโลสชนิดที่เป็นผลึก ทำให้น้ำตาลเซลโลไบโอสที่สะสมถูกย่อยสลาย ส่งผลให้การย่อยสลายเซลลูโลสเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำมาย่อยฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยแอมโมเนีย โดยใช้ปริมาณเซลลูโลโซม 2 มิลลิกรัมโปรตีนต่อกรัมกลูแคน และเอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดส 10 ยูนิต พบว่าน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยฟางข้าวสูงถึง 91% และน้ำตาลที่ได้สามารถนำมาหมักเพื่อเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้ด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โดยไม่เกิดการยับยั้งใดๆในกระบวนการหมัก และได้ผลผลิตของเอทานอลสูงถึง 95% จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการรวมกันของเซลลูโลโซมและเอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดสเป็นระบบเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลส

คำสำคัญ: เซลลูโลโซม เบต้ากลูโคซิเดส เอทานอล ฟางข้าว

[1] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150 ประเทศไทย
[1] Pilot plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok 10150, THAILAND
[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150 ประเทศไทย
[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok, 10150, THAILAND
[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น ทสึกุบะ อิบารากิ 305-8686 ประเทศญี่ปุ่น
[3] Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS), Tsukuba, Ibaraki 305-8686, JAPAN

Introduction

Lignocellulosic biomass, rice, wheat straw and corn stover, consisting of the three major polymers, cellulose, hemicellulose and lignin, are not only the most abundant agricultural residues in the world (Kim and Dale, 2004), but also have a huge potential to be able to yield biofuel such as ethanol if efficient technologies can be developed to convert them to fermentable sugars. However, the plant cell wall is difficult to hydrolyze because the cellulose is surrounded by a lignin seal which has a limited covalent association with hemicellulose, and cellulose has a crystalline structure with a tightly packed structure. Thus, the rate-limiting step in biomass degradation is the conversion of the cellulose and hemicellulose polymers to sugars. Many microorganisms capable of producing cellulose and hemicellulose degrading enzymes have been reported and characterized (Lynd *et al*., 2002). An anaerobic, thermophilic, and cellulolytic bacterium, *Clostridium thermocellum*, is known to produce a multienzyme complex called the cellulosome with efficient plant cell wall degradation (Bayer *et al*., 2004). In a previous study, we successfully isolated *C. thermocellum* S14 from bagasse paper sludge in Thailand (Tachaapaikoon *et al*., 2011). The cellulosome prepared from *C. thermocellum* S14 showed not only higher activity against microcrystalline cellulose and hemicellulose, but also for alkaline treated rice straw than the cellulosome from *C. thermocellum* ATCC27405 (Tachaapaikoon *et al*., 2011). In this research, we describe effective saccharification of rice straw soaked in aqueous ammonia by a combination of cellulosome prepared from *C. thermocellum* S14 and β-glucosidase from *T. brockii*.

Materials and Methods

Cellulosome was prepared from cell-free broths using *C. thermocellum* S14 grown in BM7CO culture medium supplemented with 1% (w/v) microcrystalline cellulose (Johnson *et al*.,1981) using the affinity digestion method (Morag *et al*., 1992). The recombinant β-glucosidase CglT (rCglT) of *T. brockii* was purified from *E. coli* BL21 (DE3) strains harboring pET19CglT. Protein concentrations were determined with Bradford protein assay kits (PIERCE; Thermo Fisher Scientific) with bovine serum albumin as the standard. β-Glucosidase activity was determined using *p*-nitrophenyl β-D-glucopyranoside (*p*NPG) (Sigma-Aldrich) as the substrate (Wood and Kellog, 1988). For the pretreatment, rice straw was ground and soaked in 28% (v/v) aqueous ammonia in screw-capped laboratory bottles at 60°C for 7 days with no agitation. After soaking, the solids were separated by filtering, washed with DI water until its pH was around 7.0, and then subjected to the solid compositional analysis. Microcrystalline cellulose (Sigmacell type-20) and pretreated rice straws were enzymatically hydrolyzed at different concentrations of prepared cellulosome and rCglT per gram of glucan. The reactions were initiated by mixing of the cellulosome and rCglT, and then incubated at 60°C with gentle agitation. Samples were taken periodically and the supernatants were analyzed for sugar products by high performance liquid chromatography (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan). The rice straw hydrolysates were supplemented with yeast extract and yeast nitrogen base with amino acids (Difco Laboratories, Detroit, MI). The media were filtered with aseptic filter discs (0.22-μm, Advantec, Tokyo, Japan). Precultured *Saccharomyces cerevisiae* strain K7 was inoculated into the medium and incubated at 30°C. Samples were collected every 12 h from fermentation broths and analyzed for ethanol by gas chromatograph (model GC-2014: Shimadzu, Kyoto, Japan) with a flame-ionization detector (FID).

Results and Discussion

Cellulose hydrolysing enzymes including cellulosome are known to be inhibited by cellobiose, their major end product. Thus, to eliminate inhibition of hydrolysis activity by accumulated cellobiose in the reaction, a combination of β-glucosidase and cellulolytic enzymes is generally required to obtain efficient degradation of cellulose. However, when we tested hydrolysis activity by a combination of cellulosome and commercial β-glucosidase from *A. niger* against microcrystalline cellulose, no significant enhancement of hydrolysis activity

was observed, compared to that of cellulosome alone (Figure 1A). On the other hand, CglT, β-glucosidase from *T. brockii* has been reported to possess high hydrolysis activity, temperature stability, and inhibition resistibility by glucose (Breves *et al*, 1997). In addition, CglT appears to be suitable for use in combination with *C. thermocellum* cellulosome compared with β-glucosidase from *A. niger*, since CglT shows not only unique properties described above, but also acts under conditions of the hydrolysis reaction such as optimum pH and temperature corresponding to that of the cellulosome. When cellulosome was combined with purified recombinant β-glucosidase CglT (rCglT), the hydrolysis activity against microcrystalline cellulose was facilitated dramatically compared to that of cellulosome alone or in combination with commercial β-glucosidase from *A. niger* (Figure 1A). Near-complete conversion of 100 g/L microcrystalline cellulose could achieve by the combination system (Figure 1B). These results indicate that cellulosome can work effectively for cellulose degradation by supplemented with β-glucosidase from *T. brockii*.

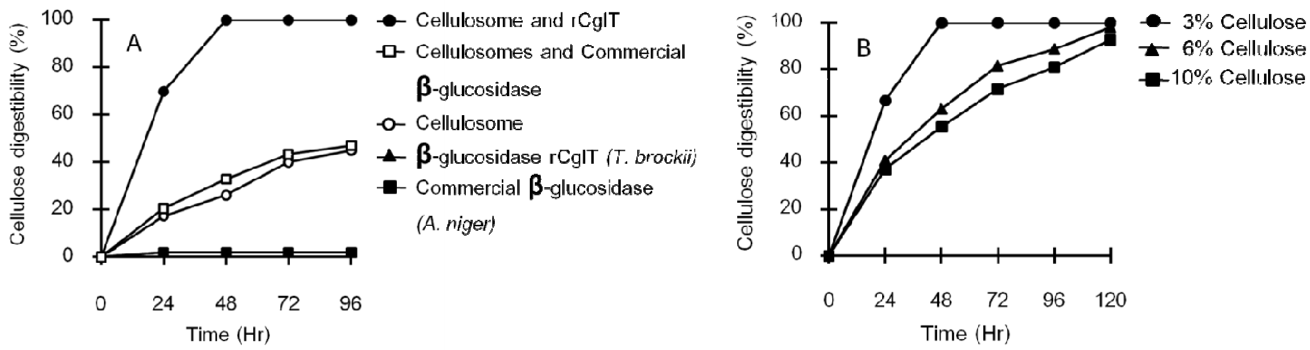


Figure 1 Enhancement of cellulose degradation ability by a combination of cellulosome and β-glucosidase. All β-glucosidases were used as 1 unit as *p*NPG assay per gram cellulose. Hydrolysis tests were carried out using 1 mg of cellulosome per gram cellulose. Microcrystalline cellulose was used as substrate at 1% (w/v) concentration (A) and effect of substrate loading on cellulose degradation ability of combination of cellulosome and *T. brockii* β-glucosidase (B).

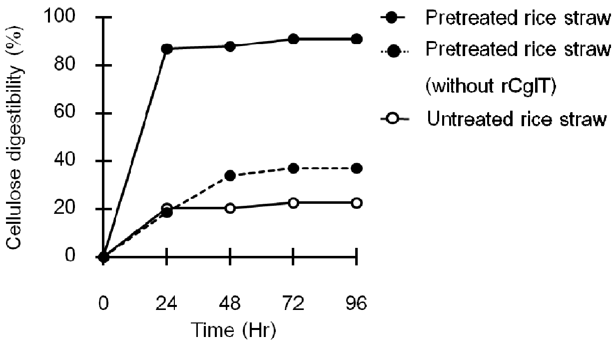


Figure 2 Saccharification tests of ammonia pretreated rice straw using a combination of cellulosome and rCglT. Hydrolysis tests were carried out using 2 mg of cellulosome and 10 units of rCglT as *p*NPG assay per gram glucan.

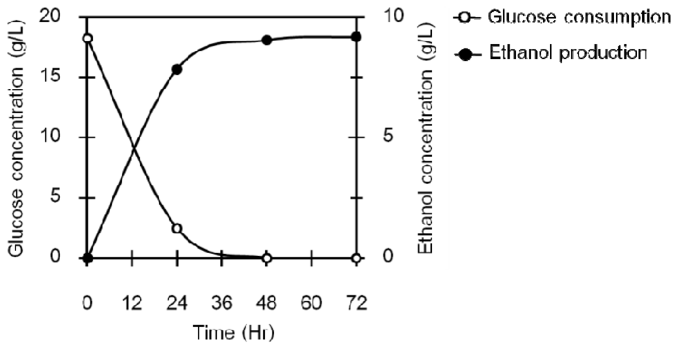


Figure 3 Ethanol fermentation profile using ammonia soaked rice straw hydrolysates by combination of cellulosome and rCglT.

When rice straw treated by soaking in aqueous ammonia (28%) for 7 days at 60°C was hydrolyzed by the combination of cellulosome loading of 2 mg protein/g glucan and rCglT of 10 units, maximum saccharification rate was achieved to 91% (Figure 2). On the other hand, when raw rice straw without pretreatment was used, the glucan digestibility was observed at a level as low as 23%, suggesting that ammonia soaked pretreatment facilitated

enzyme accessibility to cellulose by efficient removal of the lignin seal in rice straw. In addition, when only cellulosome was applied to the hydrolysis reaction of ammonia soaked rice straw, glucan digestibility was drastically reduced to 37%, indicating that the presence of a suitable β-glucosidase such as CglT was necessary to enhance the performance of cellulosome. These results clearly indicated that the combination of cellulosome and rCglT could achieve remarkable efficient saccharification not only for hydrolysis of pure microcrystalline cellulose, but also for lignocellulosic material such as rice straw. Hydrolysates from rice straw through the combination of cellulosome and β-glucosidase also could be fermented to ethanol by yeast *S. cerevisiae* without any inhibitions in theoretical yield of approximately 95% (Figure 3). These results strongly suggest that the combination of cellulosome and β-glucosidase has great potential as an effective lignocellulose degradation system.

Summary

This study investigated the effectiveness of ammonia soaked rice straw degradation using a combination of *T. brockii* β-glucosidase CglT and *C. thermocellum* S14 cellulosome. The enzyme combination enhanced not only degradation of microcrystalline cellulose, but also that of ammonia soaked rice straw. Saccharification of 91% was achieved when ammonia soaked rice straw was hydrolyzed by a combination of cellulosome and rCglT. Hydrolysates from rice straw derived through the combined action of cellulosome and rCglT also was fermented to ethanol without any inhibition. These results strongly indicated that the combination of cellulosome and β-glucosidase from a thermophilic anaerobic microorganism has great potential as an effective lignocellulose degradation system.

Acknowledgements

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission and Japan International Research Center for Agricultural Science.

Literature cited

Bayer, E.A., Belaich, J.-P., Shoham, Y. and Lamed, R., 2004, The Cellulosomes: Multienzyme Machines for Degradation of Plant Cell Wall Polysaccharides, Annual Review of Microbiology, 58: 521-554.

Breves, R., Bronnenmeier, K., Wild, N., Lottspeich, F., Staudenbauer, W.L. and Hofemeister, J., 1997, Genes Encoding Two Different β-glucosidases of *Thermoanaerobacter brockii* are Clustered in a Common Operon, Applied and Environmental Microbiology, 63(10): 3902-3910.

Johnson, E.A., Madia, A. and Demain, A.L., 1981, Chemically Defined Minimal Medium for Growth of the Anaerobic Cellulolytic Thermophile *Clostridium thermocellum*, Applied and Environmental Microbiology, 41(4): 1060-1062.

Kim, S. and Dale, B.E., 2004, Global Potential Bioethanol Production from Wasted Crops and Crop Residues, Biomass and Bioenergy, 26(4): 361-375.

Lynd, L.R., Weimer, P.J., van Zyl, W.H. and Pretorius, I.S., 2002, Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology, Microbiology and Molecular Biology Reviews, 66(3): 506-577.

Morag, E., Bayer, E.A. and Lamed, R., 1992, Affinity Digestion for the Near-total Recovery of Purified Cellulosome from *Clostridium thermocellum*, Enzyme and Microbial Technology, 14(4): 289-292.

Tachaapaikoon, C., Kosugi, A., Pason, P., Waeonukul, R., Ratanakhanokchai, R., Kyu, K.L., Karita, S., Arai, T., Murata, Y. and Mori, Y., 2011, Isolation and Characterization of a New Cellulosome-producing *Clostridium thermocellum* strain, Biodegradation, In press.

Wood, W.A. and Kellog, S.T., 1988, Methods in Enzymology, Academic Press, New York, 160 p.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 85-88 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 85-88 (2554)

การศึกษาหน้าที่ของตัวควบคุมการถอดรหัสพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทนต่อสภาวะเครียดจากสิ่งแวดล้อมผ่านทางลักษณะฟีโนไทป์ในยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

Phenotypic Analysis of Transcriptional Regulators Associated with Environmental Stress Tolerance in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae*

ชาลินี ตั้งสมบัติวิจิตร[1] นิษก์นิภา สุนทรกุล[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]
Tangsombatvichit, C.[1], Soontorngun, N.[1] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

Currently, increasing incidences of plant fungal infection cause negative impact on growth and production of agricultural plant worldwide. The yeast *Saccharomyces cerevisiae* has been used widely as a genetic model organism to study stress adaptation in fungal pathogen. This study is conducted to gain insights into the molecular basis, linked to plant-disease resistance. Regulation of gene expression in several important stress responsive pathways is controlled by a group of sequence-specific transcriptional factors. We have selected one putative zinc cluster regulator of unknown function and studied the effect of its absence on growth under different environmental conditions including, increased temperature and high osmolarity in *S. cerevisiae*. Interestingly, our results showed that the deletion mutant strain named FZP was sensitive to high temperature at 39^{O}C when compared to the wild-type strain. Moreover, this strain displayed slight growth in the presence of NaCl or KCl but not on LiCl. The knowledge gained from our study indicates new transcriptional regulator involved in adaptation to heat and salinity which will be useful for design new antifungal agent for control of fungal infection in economic plants.

Keywords: transcription factor, phenotypes, salt stress, heat sensitivity, *Saccharomyces cerevisiae*

บทคัดย่อ

เชื้อราก่อโรคในพืชส่งผลกระทบทางลบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชเกษตรทั่วโลก ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ได้ถูกนำมาใช้เป็นสิ่งมีชีวิตต้นแบบเพื่อศึกษาการปรับตัวต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆของเชื้อราก่อโรค ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลเชิงลึกในทางชีววิทยาโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการแสดงออกของยีนที่มีผลต่อการต้านทานสภาวะเครียดในยีสต์ การตอบสนองต่อสภาวะเครียดจะถูกควบคุมโดยตัวควบคุมการถอดรหัสพันธุกรรมที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อกลุ่มยีนเป้าหมาย กลุ่มผู้วิจัยจึงได้เลือก zinc cluster protein ที่ยังไม่ทราบหน้าที่ มาทำการศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ปกติและสายพันธุ์ที่ขาดตัวควบคุมการถอดรหัสพันธุกรรม โดยศึกษา สภาวะที่เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และ การทนต่อเกลือ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า strain ชื่อ FZP มีความไวเพิ่มขึ้นต่ออุณหภูมิสูงที่ 39 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับสายพันธุ์ปกติ (wild-type) นอกจากนี้ strain FZP ไม่เจริญในอาหารที่มีเกลือลิเทียมคลอไรด์ และเติบโตได้น้อยในอาหารที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้บ่งชี้หน้าที่ใหม่ของตัวควบคุมการถอดรหัสพันธุกรรม FZP ว่ามีส่วนร่วมในการปรับตัวต่อสภาวะอุณหภูมิสูงและความทนเค็ม ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนายาต้านเชื้อราก่อโรคในพืชและช่วยลดปัญหาคุณภาพของผลผลิตต่ำในพืชเศรษฐกิจ

คำสำคัญ: ตัวควบคุมการถอดรหัสพันธุกรรม ฟีโนไทป์ ความทนเค็ม ความไวต่ออุณหภูมิสูง *Saccharomyces cerevisiae*

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวเคมี, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Biochemical Technology Division, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Soi Tienthalay 25, Bangkhuntien-Chaythalay Road, Thakham, Bangkhuntien, Bangkok, Thailand 10150

Introduction

Global environmental and climate changes severely affect growth and production of agricultural plants worldwide. In particular, the fungal pathogens that can withstand harsh conditions (increased temperature, flooding, drought and salinity) will flourish and cause serious effects in economic plants. The soilborne fungi in the genus *Fusarium* have been known for a long time as important plant pathogens with worldwide distribution, for example, the most common species *F. oxysporum* that causes vascular wilt in a wide variety of crops (Roncero *et al.,* 2003). During the stages of the interaction, fungal pathogens must sense stimuli from the plant and respond with appropriate morphogenetic and biochemical changes. Once, they perceive environmental signals via cell receptors, the signals will be transduced through the signaling cascades which then lead to the expression of necessary genes required for pathogenesis.

Zinc cluster proteins (or binuclear cluster proteins) are found exclusively in fungi. They are classified by the well-conserved zinc cluster motif $CysX_2CysX_6CysX_{5\text{-}12}CysX_2CysX_{6\text{-}8}Cys$ with cysteines binding to two zinc atoms thereby coordinating the folding of the DNA-binding domain (MacPherson *et al*., 2006). This domain was first characterized in the *Saccharomyces cerevisiae* Gal4 protein (Pan and Coleman, 1990). Importantly, most of these proteins function as transcriptional regulators of genes involved in a wide variety of pathways (MacPherson *et al*., 2006). Some of these proteins are involved in the regulation of plant-pathogen interactions. For example, *FTF1* (Fusarium transcription factor 1), member of zinc cluster transcription regulators has been reported to regulate the expression of *F. oxysporum* virulence gene in bean (Ramos *et al.,* 2007). However, there is still little information regarding the mechanism of action during plant infection and virulence. Secondly, the zinc finger transcription factor PacC has also been reported to regulate expression of *ENA1* gene involved in salt tolerance in the vascular wilt causing pathogen *F. oxysporum* (Caracuel *et al*., 2003). In this work, we performed a phenotypic analysis to investigate the roles of some putative zinc cluster transcription factors of unknown function in *S. cerevisiae* during growth under different environmental stresses, including high temperature or osmotic stress condition.

Materials and Methods

Saccharomyces cerevisiae strains used in this study were derived from the wild-type FY73 (MATα *ura3-52 his3-*Δ*200*). The zinc cluster deletion strains were generated as listed in Table 1. Yeast cells were grown overnight in YPD media containing 1% yeast extract, 2% peptone and 2% dextrose. After that, yeast cells were washed twice with distilled water and diluted to OD_{600} of 0.1. Then, they were serially diluted to OD_{600} 0.02, 0.004, 0.0008 prior to be spotted on appropriated plates. Spotting or phenotypic assays were performed with the wild-type strain and the zinc cluster deletion strains as listed in Table 1.

To test for heat tolerance, the wild-type and zinc cluster deletion strains were grown on plates containing glucose as a sole carbon source, following by incubation at the temperature of 30°C, 37°C or 39°C for a period of 3 days. Assays were done in triplicate. To test for osmotic stress response, sodium chloride (NaCl) was added to glucose media at a final concentration of 0, 1.0 or 1.2M, lithium chloride (LiCl) was added to media at a final concentration of 0, 0.5 or 1.0M, or potassium chloride (KCl) was added to media at a final concentration of 0, 1.0 or 1.5M. Growth assays were done as previously described in triplicate.

Results and Discussion

S. cerevisiae wild-type and zinc cluster deletion strains were cultured in YP-glucose under different conditions including, high temperature and under osmotic stress. Our phenotypic analysis, at temperature of 30°C, showed that the zinc cluster deletion strains grew as well as the wild-type strain on glucose containing media (Table 1, Figure 1). In contrast, at high temperature of 37°C (data not shown) and 39°C, the strain named FZP showed moderate and impaired growth when compared to the wild-type strain, respectively (Table 1, Figure 1). We hypothesized that increased temperature may trigger cellular signals that affect the binding of

the regulator at promoters of its target genes involved in heat tolerance thereby interfering with the normal transcriptional process and eventually resulting in impaired growth.

Table 1 *S. cerevisiae* strains used in this study

Strain name	Deletion*
FA	aa 24-167
FB	aa 25-166
FC	aa 23-206
FI	aa 27-200
FZI	aa 25-122
FZJ	aa 115-319
FZO	aa 25-166
FZP	aa 25-196

* Deletion means deletion of ORFs in the cysteine-rich region (putative DNA binding domain) of zinc cluster gene, encoding for putative zinc cluster transcriptional regulator.

Table 2 Phenotypic analysis of the wild-type and zinc cluster deletion strains during growth under different environmental stress conditions.

Strain name	Temperature (^{O}C)		Salt concentration			
	30	39	No salt	0.5M LiCl	1.0M NaCl	1.5M KCl
Wild-type	++	+	++	X	+	+
FA	++	+	++	X	+	+
FB	++	+	++	X	+	+
FC	++	+	++	X	+	+
FI	++	+	++	X	+	+
FZI	++	+	++	X	+	+
FZJ	++	+	++	X	+	+
FZO	++	+	++	X	+	+
FZP	++	X	++	X	X	X

++ normal growth + moderate growth X impaired growth

Again, our results provide one example that emphasizes the importance of regulatory mechanism required for heat tolerance. On the other hand, it is also possible that FZP may function directly as heat shock transcription factor. Assaraf *et al.* (2002) reported that, when exposed to heat such as at increasing temperature (from 36^{O}C to 42^{O}C), the *F. oxysporum* germinating conidia was reduced. The survival rate is also decreased as shown by increasing number of dead soil fungi population during heat treatment. Similarly, under salt stress condition, our results indicated that the strain named FZP shows poorer growth in the presence of high salt concentration, when compared to the wild-type strain (Table 1, Figure 2). We assumed that this zinc cluster transcriptional regulator FZP may be important for the expression of genes linked to salt stress adaptation. In fact, it was previously reported in a study done by Caracuel *et al.* (2003) that one of the transcription factors called PacC is involved in the transcriptional control of sodium pump by regulating the expression of the P-type Na^{+}-ATPase *ENA1* in *F. oxysporum.*

Summary

Our phenotypic analysis of zinc cluster proteins provides a basis for better understanding of the roles of putative zinc cluster transcriptional regulator. Based on our results, the zinc cluster protein FZP appears to be involved in heat tolerance and adaptation to salt stress. Future work will be required to identify the target genes involved in stress tolerance as they can be potential candidates for development of new anti-fungal agents against plant fungal pathogen.

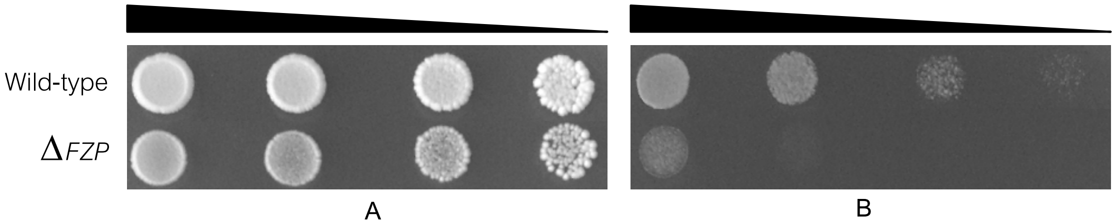


Figure 1 Spotting test of *S. cerevisiae* wild-type and zinc cluster deletion (Δ*FZP)* strains in glucose. These strains were grown overnight to OD_{600} of 0.1, serially diluted, spotted on different plates and incubated at (A) 30^{O}C or (B) 39^{O}C for 3 days.

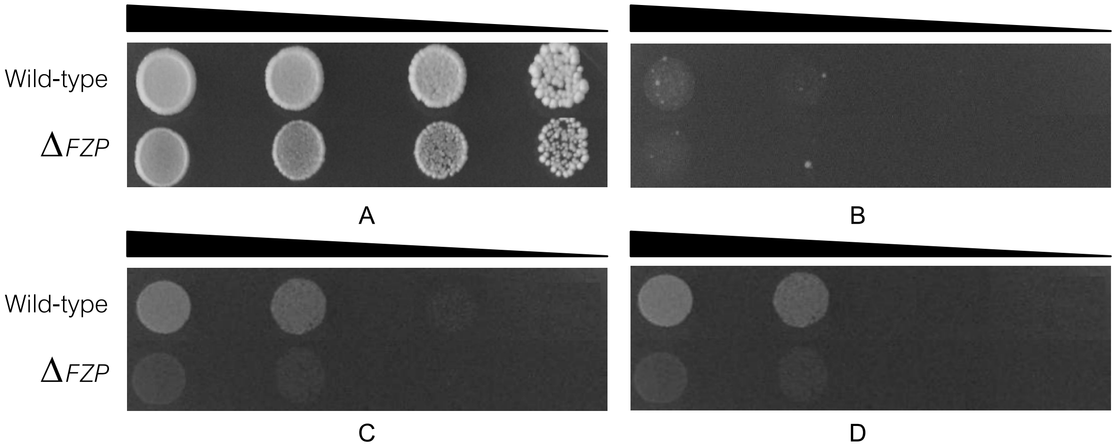


Figure 2 Spotting test of *S. cerevisiae* wild-type and zinc cluster deletion (Δ*FZP)* strains on media containing different salt including, (A) no salt, (B) 0.5M LiCl, (C) 1.0M NaCl or (D)1.5M KCl, respectively. These strains were grown overnight to OD_{600} of 0.1, serially diluted, spotted on different plates and incubated at 30^{O}C for 3 days.

Acknowledgments

We are greatful to Assoc.Prof.Dr. Bernard Turcotte for generous gift of strains. This work was supported by Office of National Research Council of Thailand and Strategic Scholarships Fellowships Frontier Research Networks from Office of the Higher Education Commission.

Literature cited

Assaraf, M.P., Ginzburg, C. and Katan, J., 2002, Weakening and Delayed Mortality of *Fusarium oxysporum* by Heat Treatment: Flow Cytometry and Growth Studies, Phytopathology, 92(9): 956-963.

Caracuel, Z., Casanova, C., Roncero, M.I.G., Di Pietro, A. and Ramos, J., 2003, pH Response Transcription Factor Pacc Controls Salt Stress Tolerance and Expression of the P-Type Na^{+}-ATPase Ena1 in *Fusarium oxysporum,* Eukaryotic Cell, 2(6): 1246–1252.

MacPherson, M., Larochelle, M. and Turcotte, B., 2006, A Fungal Family of Transcriptional Regulators: the Zinc Cluster Proteins, Microbiology and Molecular Biology Reviews, 70(3): 583-604.

Pan, T. and Coleman, J., 1990, GAL4 transcription factor is not a "zinc finger" but forms a $Zn(II)_2Cys_6$ binuclear cluster, Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 87:2077-2081.

Ramos, B., Alves-Santos, F.M., Garcıa-Sanchez, M.A., Martın-Rodrigues, N., Eslava, A.P., Dıaz-Mınguez, J.M., 2007 The gene coding for a new transcription factor (ftf1)of *Fusarium oxysporum* is only expressed during infection of common bean, Fungal Genetics and Biology, 44: 864–876.

Roncero, M.I.G., Hera, C., Ruiz-Rubio, M., Maceira, F.I.G., Madrid, M.P., Caracuel, Z., Calero, F., Delgado-Jarana, J., Roldan-Rodrguez, R., Martnez-Rocha, A.L., Velasco, C., Roa, J., Martn-Urdiroz, M., Cordoba, D. and Di Pietro, A., 2003, Fusarium as a Model for Studying Virulence in Soilborne Plant Pathogens, Physiological and Molecular Plant Pathology, 62: 87–98.

การตอบสนองของ transcription factor ต่อสภาวะ oxidative stress ใน *Saccharmyces cerevisiae*

Responses of Transcription Factor to Oxidative Stress in *Saccharomyces cerevisiae*

ปิยสุดา เทพนอก[1] กนก รัตนะกนกชัย[1] และ นิษก์นิภา สุนทรกุล[1]
Thepnok, P.[1], Ratanakanokchai, K.[1] and Soontorngun, N.[1]

Abstract

Saccharomyces cerevisiae is served as a pioneer model organism for study of eukaryotic transcription. In this yeast spices, zinc cluster regulators form a major group of transcription factor that regulate genes in several cellular processes. Previous studies show that when glucose is absent, other alternative carbon sources such as fatty acids can be alternatively used for growth. Therefore, the purpose of our study is to identify a new regulatory protein involved in fatty acid utilization and oxidative stress, a process commonly occurs during non-fermentation. The phenotypic analysis of the wild-type strain and the strain carrying a deletion of gene encoding for putative zinc cluster protein FZP was performed. The results showed that zinc cluster regulator FZP is indeed involved in the utilization of fatty acids and oxidative stress, suggesting for its regulatory role in fatty acid metabolism, a process fundamental to all eukaryotes. Ultimately, knowledge gained from this study may be beneficial for development of new antifungal agents against plant-pathogens via metabolic engineering processes.

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, zinc cluster regulator, fatty acid metabolism, oxidative stress

บทคัดย่อ

ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ถูกนำไปใช้เป็นสิ่งมีชีวิตต้นแบบในศึกษาถึงกระบวนการถ่ายทอดรหัสทางพันธุกรรมของยูคาริโอต โดย zinc cluster regulators เป็นกลุ่มหลักของตัวควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม (transcription factors) ที่พบในยีสต์ดังกล่าว ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการแสดงออกของยีนในกระบวนการต่างๆภายในเซลล์ จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าเมื่อไม่มีกลูโคสในแหล่งอาหาร ยีสต์สามารถใช้แหล่งคาร์บอนทางเลือกอื่นๆเช่น กรดไขมัน เพื่อการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการใช้กรดไขมันและความไวต่อสภาวะ oxidative stress ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักแบบ non-fermentation จากการศึกษาลักษณะทางฟีโนไทป์ของยีสต์สายพันธุ์ปกติและสายพันธุ์ที่มีการตัดยีนที่แปลรหัสให้ putative zinc cluster protein FZP ออกจากจีโนม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า FZP มีความเกี่ยวข้องกับการใช้กรดไขมันและการปรับตัวในสภาวะ oxidative stress ซึ่งเมตาบอลิซึมของกรดไขมันเป็นกระบวนการพื้นฐานในสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอตทุกชนิด ในท้ายที่สุด งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงยีนเป้าหมายที่อาจนำไปทำวิศวกรรมทางเมตาบอลิซึม ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสารต่อต้านเชื้อราเพื่อการควบคุมเชื้อราก่อโรคในพืช

คำสำคัญ: *Saccharomyces cerevisiae* ตัวควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เมตาบอลิซึมของกรดไขมัน oxidative stress

Introduction

Most zinc cluster proteins are transcriptional regulators that have been identified exclusively in fungi. The crystal structures of well-known zinc cluster regulators reveal a protruding “finger-like” shape called the zinc finger (MacPherson, 2006). The majority of zinc finger proteins binds to DNA and plays important roles in several cellular processes. Complete sequencing of *S. cerevisiae* genome has allowed for the identification of 55 members within this sub-family, based on the well conserved zinc cluster motif. However, a number of putative zinc cluster proteins has unknown role.

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] Biochemical Technology Division, School of Bioresources and Technology, King Mongkut’s University of Technology Thonburi,
49 Soi Tienthalay 25, Bangkhuntien-Chaythalay Road, Thakham, Bangkhuntien, Bangkok, 10150

Peroxisome biogenesis has been studied in various organisms ranging from yeast to humans. Peroxisomes are ubiquitous eukaryotic organelle that performs a wide variety of metabolic processes, including β-oxidation of fatty acids, decomposition of hydrogen peroxide by catalase, and glyoxylate metabolism. The induction of *S. cerevisiae* genes encoding for peroxisomal proteins such as catalaseA (*CTA1*) and thiolase (*FOX3*) is mediated via a positive gene control sequence called the oleate response element (OREs). OREs have recently been shown to act as the binding target for the zinc cluster regulators Pip2 (Rottensteiner *et al.*, 1996) and Oaf1 (Luo *et al.*, 1996). Strains with deletion at either locus were unable to grow on oleate as the sole carbon source. We have previously shown by the phenotypic analysis that the yeast strain carrying deletion of zinc cluster gene FZP displayed impaired growth on oleic acid or linoleic acid as a sole carbon source. In this study, we further examined the sensitivity of this deletion strain to oxidative stress, a process commonly occur during non-fermentation.

Materials and Methods

Yeast and Media: Wild-type *S.cerevisiae* strain used to generate the gene deletion was: FY73 (MATα *his3-Δ*200 *ura3-52*). A list of yeast deletion strains were showed in Table 1. The YP media contained 1% yeast extract, 2% peptone, 2% bacto agar, and the synthetic media (SD) contained 0.67% yeast nitrogen base without amino acids, 0.1% yeast extract, 2% bacto agar and 0.5% potassium phosphate at pH 6.0. In addition plates were prepared with or without 3mM H_2O_2 or 3mM diamide. For SD media, histidine, leucine, methionine and tryptophane were added at a final concentration of 0.004% and 0.4% of uracil.

Growth assay: The spot assays were performed as followed. The wild-type and deletion yeast strains were grown overnight in liquid YPD media. Cells were then spun, washed, diluted 20 times in YPD media and serially diluted to OD_{60} of 0.1. The cells were spotted on both the synthetic SD and rich YP plates, containing 2% glucose, with or without 3 mM H_2O_2 or 0.4 mM diamide (highly fresh plates). Plates were incubated at 30°C for 3 days to perform monitor growth of the wild-type and *ΔFZP* and *ΔFZI* deletion strains on plates, containing glucose a sole carbon source.

Table 1 *S. cerevisiae* strains used in this study

Systematic name	Gene name	Deletion
YOR380W (FZP)	*RDR1*	aa 25-196
YLL054C (FZI)	-	aa 25-220

Results and Discussion

Our previous phenotypic analysis showed that the wild-type strain could grow on media containing glucose, oleic acid or linoleic acid as a sole carbon source; however, deletion of putative zinc cluster protein FZP renders poor growth on plates, containing either oleic acid or linoleic acid as a sole carbon source. When compared to the wild-type and other zinc cluster deletion strains tested in this study, only the *ΔFZP* strain was sensitive to oxidative agents diamide and H_2O_2 (Figure 1). Similarly, this deletion strain also showed impaired growth on oleic acid or linoleic acid (data not shown). The inability of FZP to grow in the presence of oxidative agents suggested that it may function to regulate genes encoding for the peroxisomal biogenesis (*PEX* gene) such as gene encoding for peroxisomal membrane protein (peroxin). The formation of peroxisomes may conceptually be divided into three processes: peroxisomal membrane synthesis, protein transport, and peroxisome proliferation. Genes controlling peroxisome biogenesis are collectively named *PEX* genes, the majority of which are linked to matrix protein import. Alternatively, it may be involved in the induction of

peroxisomal matrix enzyme encoding genes, for example, those involved in the β-oxidation of fatty acids, the synthesis of certain membrane proteins and the lipid components of the peroxisomal membrane (Figure 2).

In addition, fatty acid metabolism normally generates the oxidative stress. H_2O_2 produced during the dehydrogenation in β-oxidation can induce such a stress response which lead to membrane damage, causing impaired growth on fatty acids. Therefore, yeast cells must adapt to promptly response to such stress. Our study suggests that FZP plays important role to ensure the survival under this condition.

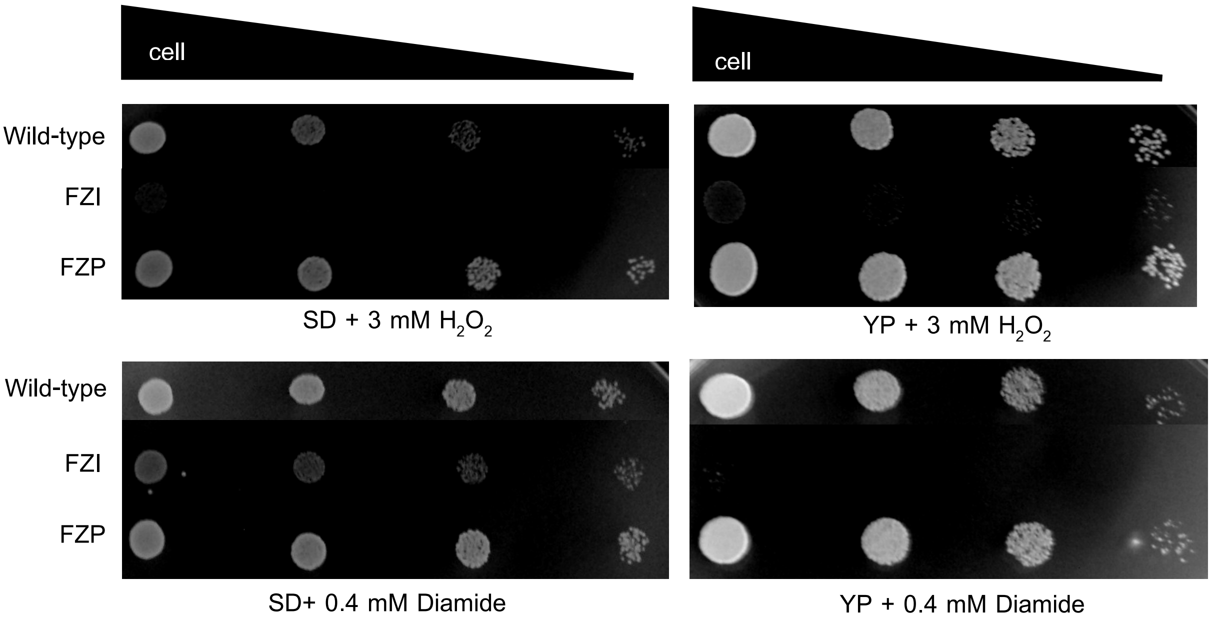


Figure 1 Growth assay of the zinc cluster *ΔFZP* and *ΔFZI* strains on glucose in the presence of 3 mM H_2O_2 and 0.4 mM Diamide.

Summary

Deletion of the zinc cluster *FZP* impairs the utilization of oleic acid or linoleic acid for growth. The sensitivity to oxidative agents such as H_2O_2 and diamide is also affected in the *ΔFZP* strain, when compared to the wild-type strain. Thus, the putative zinc cluster regulator FZP may function to regulate genes encoding for protein necessary for fatty acid utilization and tolerance to oxidative stress. Ultimately, knowledge gained from this study may be beneficial for development of new antifungal agents against plant-pathogens.

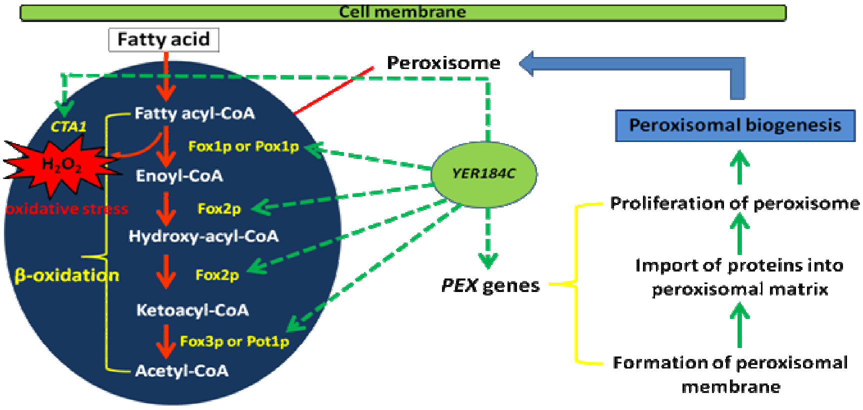


Figure 2 Putative target genes of the zinc cluster protein FZP in the pathway of fatty acid β-oxidation and peroxisomal biogenesis.

Acknowledgements

We would like to thank Assoc. Prof. Dr. Bernard Turcotte for generous gift of strains. This work was supported by Thai Government Science and Technology Scholarship and Thailand Research Fund

Literature cited

Akache, B., Wu, K. and Turcotte, B., 2001, Phenotypic Analysis of Genes Encoding of Yeast Zinc Cluster Proteins, Nucleic Acids Research, 29: 2181-2190.

Gurvitz, A., Rottensteine, H., Kilpelainen, H.S., Hartig, A., Hiltunen, J.K., Binderi, M., Dawes, Ian W. and Hamilton, B., 1997, The *Saccharomyces cerevisiae* Peroxisomal 2,4-Dienoyl-Co A Reductase Is Encoded by the Oleate-inducible Gene *SPS19*, The Journal of Biological Chemistry, 272(35): 22140–22147.

Gurvitz, A., Hamilton, B., Ruis, H. and Hartig, A., 2001, Peroxisomal Degradation of *trans*-Unsaturated Fatty Acids in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae*, The Journal of Biological Chemistry, 276(2): 895-903.

MacPherson, S., Larochelle, M. and Turcotte, B., 2006, A Fungal Family of Transcriptional Regulators: the Zinc Cluster Proteins, Microbiology and Molecular Biology Reviews, 70: 583-604.

Rottensteiner, H., Kal, A.J., Filipits, M., Binder, M., Hamilton, B., Tabak, H.F. and Ruis, H., 1996, Pip2p: a Transcriptional Regulator of Peroxisome Proliferation in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae,* EMBO Journal, 15: 2924–2934.

Rottensteiner, H., Stein, K., Sonnenhol, E. and Erdmann, R., 2003, Conserved Function of Pex11p and the Novel Pex25p and Pex27p in Peroxisome Biogenesis, Molecular Biology of the Cell, 14: 4316–4328.

Soontorngun, N., Larochelle, M., Drouin, S., Robert, F. and Turcotte, B., 2007, Regulation of Gluconeogenesis in *Saccharomyces cerevisiae* is Mediated by Activator and Repressor Functions of *RDS2*, Molecular Cell Biology, 27: 7895-7905.

Roermund, van C.W.T., Hettema, E.H., Kal, A.J., Berg, van den M., Tabak, H.F. and Wanders, R.J.A., 1998, Peroxisomal β-oxidation of Polyunsaturated Fatty Acids in *Saccharomyces cerevisiae*: Isocitrate Dehydrogenase Provides NADPH for Reduction of Double Bonds at Even Positions, The EMBO Journal, 17: 677–687.

วิธีการคัดเลือกเอนไซม์ แอลฟา อะไมเลสแอกติวิตีจาก ผลไม้ไทยบางชนิด โดยการใช้ซับสเตรต AZCL-amylose

Method of Screening for α- Amylase Activity from some of Thai Fruits by Using AZCL-amylose Substrate

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 aim of this study is to screen source of α-amylase from some of Thai fruits by using specific insoluble chromogenic substrate AZCL-amylose agar plate diffusion technique. The samples selected were 89 fruit samples ripe and filtrate from homogenize were used to determine the α-amylase activity. Crude enzyme of samples was extracted with 0.1 M sodium acetate buffer pH 5.5. The determination of the α-amylose activity from the crude enzyme obtained by using AZCL-amylose with agar plate diffusion method and observed blue zone in positive test. The selected 45 fruit sources of the α-amylase enzyme showed positive result in scale +, ++, +++, and ++++ with total fruit types number of 2, 19, 17 and 7, respectively. The fruit sample Kaewlermrung Mango (*Mangifera indica*) was selected based on diameter of the blue zone in agar plate diffusion to further study on α-amylase purification by affinity chromatography and characterization.

Keywords: α-amylase, AZCL-amylose, agar plate diffusion

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแหล่งของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากผลไม้ในเมืองไทยบางชนิด โดยใช้ซับสเตรตจำเพาะที่ไม่สามารถละลายได้ชนิด AZCL-amylose ด้วยเทคนิด agar plate diffusion ผลไม้ที่ทำการศึกษามีจำนวน 89 ตัวอย่าง โดยใช้ผลไม้ที่กำลังเริ่มสุกนำเนื้อปั่นแล้วกรองกากเพื่อศึกษาแอลฟา อะไมเลส แอกติวิตี นำเอนไซม์ที่สกัดแบบหยาบด้วย 0.1 M โซเดียม อะซีเตต บัฟเฟอร์ pH 5.5 มาทดสอบแอลฟา อะไมเลส แอกติวิตี โดยการย่อยบน AZCL-amylose plate ด้วยเทคนิค agar plate diffusion สังเกตผลการทดสอบที่เป็นบวก blue zone ที่เกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่าตัวอย่างผลไม้ให้ผลบวก จำนวน 45 ตัวอย่าง โดยให้ผลเป็นบวก +,++,+++และ++++ จำนวน 2,19,17 และ 7 ตัวอย่างตามลำดับจากนั้นได้ทำการคัดเลือกผลไม้ตัวอย่างมะม่วงแก้วลืมรัง โดยพิจารณาจากเส้นผ่าศูนย์กลางของ blue zone ใน agar plate diffusion ที่จะนำมาศึกษาต่อในการแยกเอนไซม์ให้บริสุทธิ์โดยวิธี แอฟฟินิตี โครมาโตกราฟีและศึกษาลักษณะเฉพาะของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ต่อไป

คำสำคัญ: แอลฟา อะไมเลส AZCL-amylose, agar plate diffusion

คำนำ

ผลไม้ในเมืองไทยนับว่ามีอยู่หลากหลายชนิด สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แร่ธาตุต่างๆ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำ ทำให้ประเทศไทยมีผลผลิตพวกไม้ผลที่มีคุณภาพ ทั้งรสชาติ กลิ่น และคุณค่าอาหารทางโภชนาการ เอนไซม์อะไมเลส (amylase หรือ amylolytic enzyme)เป็นเอนไซม์ที่สามารถพบได้ในพืช ผัก ผลไม้ สัตว์ และจุลินทรีย์ ประกอบด้วยเอนไซม์กลุ่มย่อย 3 กลุ่ม คือ α-amylase, β-amylaseและ γ– amylase (มีปริมาณน้อยที่สุด) ได้มีการนำเอนไซม์อะไมเลสมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ การแพทย์และยารักษาโรค เป็นต้น (Burhan และคณะ, 2003; Carlsen และ Neilsen, 2001; FAO, 2001; Shaw และคณะ, 1999)

ปัจจุบันประเทศไทยยังต้องนำเข้าเอนไซม์อะไมเลสจากต่างประเทศดังนั้นต้นทุนในการผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวก็สูงด้วย ถ้าเราสามารถทำการวิจัยและพัฒนาหาแหล่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการคัดเลือกเอนไซม์โดยเฉพาะเอนไซม์

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce Vibhavadee Rangsit Road Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

แอลฟา - อะไมเลสในผลไม้เมืองไทยก็จะเป็นการช่วยลดต้นทุน อีกทั้งเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับประเทศได้ และที่สำคัญคือองค์ความรู้ใหม่ในการหาแหล่งผลิตเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากผลไม้

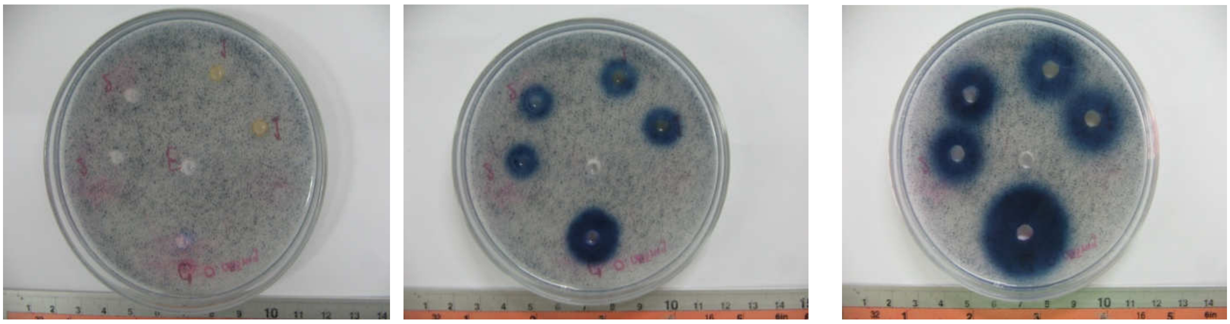
อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

แหล่งของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการคัดเลือกเอนไซม์ ตัวอย่างจำพวกผลไม้ จำนวน 89 ชนิด โดยส่วนที่นำมาใช้ในการทดสอบจะใช้ส่วนเนื้อที่กินได้ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจะซื้อจากตลาดสด หรือ ซุปเปอร์มาเก็ต และแหล่งอื่นๆ

การคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส

ทำการคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากผลไม้โดยนำตัวอย่างผลไม้ชนิดต่างๆ มาสกัดเอนไซม์ด้วย sodium acetate buffer pH 5.5 ในอัตราส่วน 1:1 นำตัวอย่างบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ กรองเอากากทิ้ง จะได้ส่วนใส หรือ crude enzyme จากนั้นนำ crude enzyme ที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรต บน AZCL-amylose plate ด้วยเทคนิค agar plate diffusion สังเกต blue zone ที่เกิดขึ้น (Figure 1)



A B C

Figure 1 Detection of amylose degrading of crude α-amylase in agar plate diffusion.Plate (A) AZCL-amylose agar plate ;incubation: 0 h,35 °C. Plate (B) AZCL-amylose agar plate and crude α-amylase; incubation: 5 h,35 °C. Plate (C) AZCL-amylose agar plate and crude α-amylase; incubation: 24 h, 35°C.

การทดสอบแอกติวิตีบน AZCL-amylose plate

เตรียมสารละลายวุ้นให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v) ใน sodium acetate buffer pH 5.5 จากนั้นนำไปต้มเดือดนำมาเติมซับสเตรต AZCL – amylose ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 คนให้ AZCL – amylose กระจายทั่วสารละลาย เทใส่จานเลี้ยงเชื้อปริมาตร 25 มิลลิลิตร เพื่อให้มีความหนาของวุ้นเท่ากันทุกจานทิ้งให้วุ้นแข็งตัวจากนั้นเจาะวุ้นให้เป็นหลุมเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร นำ Crude enzyme ที่สกัดได้มาหยดในหลุมๆ ละ 70 ไมโครลิตร (Figure 1A) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ตรวจผลการทดลองโดยดูการเกิด blue zone ทุก 30 นาที (รัชนี และคณะ, 2552) ในการทดลองจะใช้ crude α-amylase ที่ได้จากเชื้อรา (*Aspergillus oryzae*) เป็น positive control และใช้สารละลาย sodium acetate buffer pH 5.5 เป็น negative control

การตรวจสอบชนิดของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส

จากผลการคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส พบว่ามีตัวอย่างที่น่าสนใจที่จะนำมาศึกษาต่อหลายตัวอย่างคือ ส้มเขียวหวาน มะม่วงอาร์ทูอีทู ข้าวโพดข้าวเหนียว มะม่วงมหาชนก เชอรี่ มะม่วงอกร่อง และมะม่วงแก้วลืมรัง

ผลการทดลอง

ผลการคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส

จากการนำตัวอย่างผลไม้จำนวน 89 ตัวอย่างมาตรวจสอบประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรต บน AZCL-amylose พบว่าตัวอย่างจากผลไม้สุก ที่ให้ผลบวก เกิด blue zone ขึ้นบริเวณรอบๆหลุมที่หยดตัวอย่าง (Figure 1B, C) จำนวน 45 ตัวอย่าง (Table 1) การเกิด blue zone สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนเนื่องจากใช้ซับสเตรตจำเพาะคือ AZCL-amylose(Azurine-Crosslinked-amylose), (Megazyme, Ireland) โดยเตรียมจากสี Azurine จับกับ amylose หรือ polysaccharide ชนิดอื่นๆ ซึ่งจะเป็น insoluble substrate และเป็นซับสเตรตที่มีความจำเพาะต่อเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

เมื่อทำการทดสอบความสามารถในการไฮโดรไลซ์คาร์โบไฮเดรต พบว่าถ้าในตัวอย่างที่นำมาศึกษามีเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสจะไฮโดรไลซ์คาร์โบไฮเดรตทำให้ปลดปล่อยสีน้ำเงินออกมา เป็น blue zone ดังแสดงใน Figure 1B และ 1C ซึ่งมีความกว้าง ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาต่างกันแปรตามปริมาณของเอนไซม์ที่มีอยู่ในผลไม้

Table 1 Identification amylose degrading activities of selected Thai fruits.

ตัวอย่าง	**ผลการทดสอบ***	**ตัวอย่าง**	**ผลการทดสอบ***
1. Sodium acetate buffer pH 5.5	-	23. ทุเรียนชะนีไข่	+++
2. ลำไย	+	24. มะละกอฮอลแลนด์	+++
3. ชมพู่แดง	+	25. ละมุด	+++
4. สับปะรด	++	26. แก้วมังกร(เนื้อแดง)	+++
5. องุ่นแดง	++	27. กล้วยน้ำว้า	+++
6. ส้มสายน้ำผึ้ง	++	28. ทุเรียนหมอนทอง	+++
7. องุ่นเขียว (ไร้เมล็ด)	++	29. มะม่วงทวายเดือนเก้า	+++
8. ส้มโอขาวน้ำผึ้ง	++	30. ส้มซันคิส	+++
9. อินทผลัม (สุกแห้ง)	++	31. ส้มเช้ง	+++
10. ขนุน	++	32. แอปเปิ้ลทอง	+++
11. มะม่วงน้ำดอกไม้	++	33. ทุเรียนก้านยาว	+++
12. สาลี่หอม	++	34. ข้าวโพดหวาน	+++
13. ลูกพลับ	++	35. มะละกอแขกดำ	+++
14. มะยงชิด	++	36. กล้วยเล็บมือนาง	+++
15. มะขามเทศ	++	37. มะม่วงสามฤดู	+++
16. เงาะนาสาร	++	38. แก้วมังกร(เนื้อขาว)	+++
17. อ้อย	++	39. มะม่วงแก้วลืมรัง	++++
18. เนื้อลูกตาล	++	40. มะม่วงอกร่อง	++++
19. สาเก	++	41. ส้มเขียวหวาน	++++
20. พีชเออลิแกรนด์	++	42. มะม่วงมหาชนก	++++
21. สับปะรด(ศรีราชา)	++	43. มะม่วงอาร์ทูอีทู	++++
22. สับปะรด(ภูเก็ต)	++	44. เชอรี่	++++
23. มะม่วงโชคอนันต์	+++	45. ข้าวโพดข้าวเหนียว	++++
		Crude alpha amylase	++++

* + indicates positive control in AZCL-amylose plate with blue zone

- indicates positive control in AZCL-amylose plate without blue zone

+	indicates	< 1.0	centimetre
++	indicates	$1.0 \geq 1.5$	centimetre
+++	indicates	$1.5 \geq 2.0$	centimetre
++++	indicates	> 2.0	centimetre

Sodium acetate buffer pH 5.5 negative control

Crude α- amylase positive control

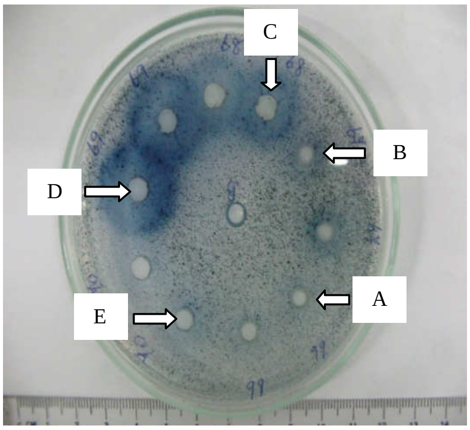


Figure 2 Detection of amylase degrading of crude α-amylase in agar plate diffusion (A) Pineapple Phulae (B) Manila Tamarind (C) Sweet Corn (D) Glutinous Corn (E) Rambutan Nasarn

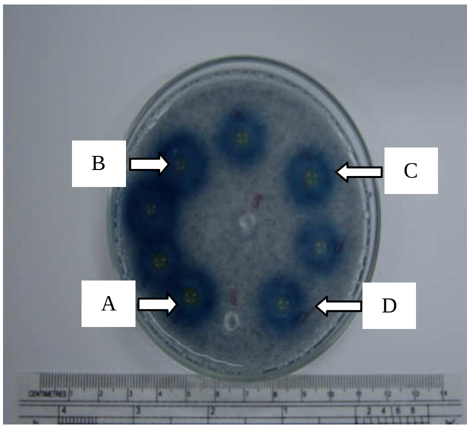


Figure 3 Detection of amylase degrading of crude α-amylase in agar plate diffusion (A) Mango Chokeanan (B) Mango Kaew Lerm Rung (C) Mango Nam Dok Mai (D) Mango Ook Rong

วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง

จากการนำตัวอย่างผลไม้ 89 ตัวอย่าง มาคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส พบว่าตัวอย่างจากผลไม้ให้ผลบวก จำนวน 45 ตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1(+) มี 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ลำไย และชมพู่แดง กลุ่มที่ 2 (++) มี 19 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ให้ blue zone ค่อนข้างกว้างได้แก่ ส้มสายน้ำผึ้ง องุ่นเขียวไร้เมล็ด อินทผลัม อ้อย สาเก ขนุน กลุ่มที่ 3(+++) มี 17 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ให้ blue zone ค่อนข้างกว้างได้แก่ ละมุด ส้มซันคิส ส้มเช้ง มะม่วงสามฤดู มะม่วงทวายเดือนเก้า มะม่วงโชคอนันต์ แก้วมังกร(ขาว แดง) ข้าวโพดหวาน ทุเรียนชะนีไข่ ทุเรียนก้านยาว แอ็บเปิ้ลสีทอง และกลุ่มที 4 (++++) มี 7 ตัวอย่างได้แก่ ส้มเขียวหวาน มะม่วงอีทูอาร์ทู ข้าวโพดข้าวเหนียว มะม่วงมหาชนก เชอรี่ มะม่วงอกร่อง และมะมวงแก้วลืมรังในกลุ่มที่4 นี้พบว่ามีแอคติวิตีของ crude enzyme อยู่สูงที่สุด สังเกตจาก blue zone ที่กว้าง (Figure 1C) ในกลุ่มนี้ผู้วิจัยคิดว่าจะนำไปคัดเลือกเป็นแหล่งเอนไซม์เพื่อทำการศึกษาต่อในการแยกเอนไซม์ให้บริสุทธิ์โดยวิธี แอฟฟินิตี โครมาโตกราฟี และศึกษาลักษณะเฉพาะของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

รัชนี ไสยประจง สุรพงษ์ พินิจกลาง และกนก รัตนะกนกชัย, 2552, รายงานการวิจัยเรื่องการทำให้บริสุทธิ์และลักษณะจำเพาะของเอนไซม์ซีสเตอีน โปรติเนส จากผักและผลไม้, 62 หน้า

Burhan, A., Nisa, U., Gohan, C., Ashabil, A. and Osmair, G., 2003, Enzymatic Properties of a Novel Thermostable Thermophilc Alkaline and Chelator Resistant Amylase from and Alkaphilic *Bacillus* sp. Isolate ANT-6, Process Biochemistry, 38: 1397-1403.

Carlsen, M. and Neilsen, J., 2001, Influence of Carbon Source on α-amylase Production by *Aspergillus oryzae*. Applied Microbiology and Biotechnology, 57(3): 346 – 349.

FAO, 2001, Review: Enzyme Applications for Agro-processing in Development Countries. An Inventory of Current and Potential Application [Online], Available: http://www.FAO. Org,ag/ags/ags.

Shaw, J.F., Lans, F.P., Chen, S.C. and Chen, H.C., 1999, Purification and Properties of an Extracellular Alpha Amylase from *Thermos* sp, Botanical Bulletin of Academic Sinica, 36: 195-299.

การศึกษาคุณลักษณะของเอนโดไซลาเนสหน่วยย่อยของเอนไซม์เชิงซ้อนจากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

Characterization of a Endo-xylanase, Subunit of Multienzyme Complex form *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

ภัทรา ผาสอน[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1] สมพิศ สอนโยธา[1] รัตติยา แววนุกูล[1] คิน เลย์ คู[2] อาคิฮิโกะ โคสุกิ[3] ยูทากะ โมริ[3] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]

Pason, P.[1], Techaapaikoon, C.[1], Waeonukul, R.[1], Sonyotha, S.[1], Kyu, K.L.[2], Kosugi, A.[3], Mori, U.[3] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

The high molecular weight xylanase subunit assembly core protein of multienzyme complex from *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 was purified by affinity chromatography with insoluble cellulose (Avicel) followed by size exclusion chromatography, ion exchange chromatography and hydrophobic chromatography. The characterization of purified protein, 280-kDa, showed xylanase activity for birch wood xylan and oat spelt xylan, but no activities for cellulose and other polysaccharides. The optimum conditions for xylanase activity of the protein were pH 6.0 and 60°C. The analysis of xylohexose hydrolysis products was series of xylooligosaccharides, indicating an endo-xylanase. Moreover, cellulose/xylan binding ability and the bacterial cell wall attachment could be detected by the xylanase. The results found that the 280-kDa xylanase was multi-domain and it has at least three functional domains as hydrolysis of xylan, binding to substrate and binding to bacterial cell wall.

Keywords: multienzyme complex, multi-domain, xylanase

บทคัดย่อ

ไซลาเนสหน่วยย่อยขนาดโมเลกุลใหญ่ซึ่งมีลักษณะคล้ายโปรตีนแกนกลางของเอนไซม์เชิงซ้อนจาก *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 ถูกทำให้บริสุทธิ์ โดยอาศัยเทคนิคการยึดเกาะและหลุดออกอย่างจำเพาะกับเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ (อะไวเซล) ร่วมกับ size exclusion chromatography ion exchange chromatography และ hydrophobic chromatography จากการศึกษาคุณลักษณะของโปรตีนบริสุทธิ์ขนาด 280 กิโลดาลตัน พบว่าแสดงกิจกรรมของไซลาเนสเมื่อย่อยสลายไซแลนจาก birch wood และ oat spelt แต่ไม่ย่อยเซลลูโลสและพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอื่นๆ เมื่อศึกษาสมบัติของไซลาเนสบริสุทธิ์ พบว่ามีพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานที่พีเอช 6.0 และ 60 องศาเซลเซียส เอนไซม์บริสุทธิ์ย่อยไซโลเฮ็กโซสได้อนุกรมของน้ำตาลเป็นผลิตภัณฑ์ แสดงว่าจัดอยู่ในกลุ่มเอ็นโดไซลาเนส นอกจากนี้ไซลาเนสบริสุทธิ์สามารถยึดเกาะกับไซแลนและเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำได้ รวมถึงสามารถยึดเกาะกับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ด้วย จากผลการทดลองพบว่าไซลาเนส ขนาด 280 กิโลดาลตันเป็นมัลติโดเมนที่ประกอบด้วยอย่างน้อยสามโดเมน ได้แก่ โดเมนซึ่งทำหน้าที่ย่อยสลายสับสเตรทที่เป็นไซแลน ยึดเกาะกับสับสเตรท และยึดเกาะกับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์

คำสำคัญ: เอนไซม์เชิงซ้อน มัลติโดเมน ไซลาเนส

คำนำ

P. curdlanolyticus B-6 เป็นแบคทีเรียชนิดแรกที่ผลิตเอนไซม์เชิงซ้อน เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไซแลนเป็นแหล่งคาร์บอนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยสามารถผลิตไซลาโนโซมที่มีขนาดใหญ่ประมาณ 1,400 กิโลดาลตัน ประกอบด้วยโปรตีนที่แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสอย่างน้อย 12 ชนิด คาร์บอกซีเมททิลเซลลูเลสอย่างน้อย 9 ชนิด

[1] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150 ประเทศไทย

[1] Pilot plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkuntien, Bangkok 10150, THAILAND

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150 ประเทศไทย

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkuntien, Bangkok 10150, THAILAND

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น ทสึกุบะ อิบารากิ 305-8686 ประเทศญี่ปุ่น

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), Tsukuba, Ibaraki 305-8686, JAPAN

และเอนไซม์อื่นๆ ในกลุ่มไซลาโนไลติกและเซลลูโลไลติก ไซลาโนโซมสามารถยึดเกาะและย่อยสลายไซแลนและเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำในรูปที่บริสุทธิ์หรือเป็นองค์ประกอบในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ดี (Pason และคณะ, 2006) อย่างไรก็ตามหน่วยย่อยต่างๆ ของเอนไซม์เชิงซ้อนทำให้บริสุทธิ์ได้ยาก เนื่องจากแต่ละหน่วยย่อยยึดกันด้วยพันธะเคมีต่างๆ ที่เหมาะสม งานวิจัยที่รายงานว่าสามารถทำให้หน่วยย่อยบางส่วนของเอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจาก *P. curdlanolyticus* B-6 บริสุทธิ์ขึ้นโดยอาศัยโครมาโตรกราฟฟี 4 ชนิด ได้แก่ affinity chromatography, size-exclusion chromatography, ion-exchange chromatography และ hydrophobic chromatography (Pason และคณะ, 2010) พบว่าโปรตีนขนาด 280 กิโลดาลตัล แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและทำหน้าที่คล้ายโปรตีนแกนกลางของไซลาโนโซม เนื่องจากข้อมูลและคุณสมบัติเกี่ยวกับไซลาโนโซมยังมีการศึกษาเพียงส่วนน้อย ดังนั้นการศึกษาลักษณะของโปรตีนแกนกลางของไซลาโนโซมจึงเป็นเรื่องใหม่ที่น่าสนใจ และน่าจะมีโอกาสพบโปรตีนชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากเซลลูโลโซมซึ่งผลิตภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ งานวิจัยนี้จึงศึกษาคุณลักษณะของไซลาเนสบริสุทธ์ขนาด 280 กิโลดาลตันต่อการย่อยสลายสับสเตรทชนิดต่างๆ รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติในการยึดเกาะกับพอลิแซ็กคาไรด์และการยึดเกาะกับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเลี้ยง *P. curdlanolyticus* B-6 ในอาหารเหลวสูตรของ Berg (Berg และคณะ, 1972) ที่พีเอช 7.0 ปริมาตร 400 มิลลิลิตร โดยมี birchwood xylan เป็นแหล่งคาร์บอน บ่มในเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 วัน ปั่นแยกน้ำเลี้ยงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็ว 8000 xg ทำให้โปรตีนหน่วยย่อยบริสุทธิ์โดยการยึดเกาะกับอะไวเซล (avicel) ตามด้วย size exclusion chromatography, ion-exchange chromatography และ hydrophobic chromatography (Pason และคณะ, 2010) จากนั้นศึกษาคุณลักษณะของเอนไซม์โดยตรวจวัดปริมาณโปรตีน (Lowry และคณะ, 1951) กิจกรรมไซลาเนส (Ratanakhanokchai และคณะ, 1999) และรูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค native-PAGE และ SDS-PAGE (Laemmli, 1970) และ zymogram (Ratanakhanokchai และคณะ, 1999) ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดต่างๆ (Pason และคณะ, 2006) และวิเคราะห์อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงาน จากนั้นนำโปรตีนบริสุทธิ์ (100 มิลลิกรัม) ย่อยไซโลเฮ็กโซสที่พีเอช 6.0 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เกิดขึ้นด้วย thin layer chromatography ตรวจสอบความสามารถในการยึดเกาะกับผนังเซลล์ของ *P. curdlanolyticus* B-6 รวมทั้งการยึดเกาะกับไซแลนและเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ (Kosugi และคณะ, 2002)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

P. curdlanolyticus B-6 ผลิตเอนไซม์เชิงซ้อนในสภาวะที่มีอากาศโดยใช้ไซแลนเป็นแหล่งคาร์บอน เพื่อศึกษาคุณสมบัติของหน่วยย่อยต่างๆ ในเอนไซม์เชิงซ้อน โปรตีนปนเปื้อนต่างๆ ถูกแยกออกจากเอนไซม์เชิงซ้อนโดยอาศัยเทคนิคการยึดเกาะและหลุดออกอย่างจำเพาะระหว่างโปรตีนกับอะไวเซลซึ่งเป็นเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ โปรตีนที่แยกได้ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยเอนไซม์เชิงซ้อนและโปรตีนอิสระอื่นที่มี carbohydrate-binding domain (CBD) เกาะกับเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ จากนั้นแยกเอนไซม์เชิงซ้อนที่มีขนาดใหญ่ออกจากโปรตีนอิสระขนาดเล็กด้วย size exclusion chromatography และแยกหน่วยย่อยต่างๆ ออกจากกันด้วย ion exchange chromatography และ hydrophobic chromatography (Pason และคณะ, 2010) ผลการทดลองพบว่า *P. curdlanolyticus* B-6 ผลิตเอนไซม์เชิงซ้อนที่ประกอบด้วยโปรตีนในรูปแบบธรรมชาติอย่างน้อย 2 แถบ ใน native-PAGE (Figure 1A lane 1) ซึ่งสามารถแตกออกเป็นโปรตีนหน่วยย่อยอย่างน้อย 13 ชนิด เมื่อทำให้โปรตีนเสียสภาพด้วยเทคนิค SDS-PAGE (Figure 1B lane 1) โดยมีโปรตีนที่แสดงกิจกรรมของไซลาเนสอย่างน้อย 11 ชนิดใน xylanase zymogram (Figure 1C lane 1) หลังจากทำให้บริสุทธิ์ตรวจพบเพียง 1 แถบ ใน native-PAGE (Figure 1A lane 2) และ SDS-PAGE ขนาดประมาณ 280 กิโลดาลตัน (Figure 1B lane 2) และแสดงกิจกรรมของไซลาเนสใน xylanase zymogram (Figure 1C lane 2)

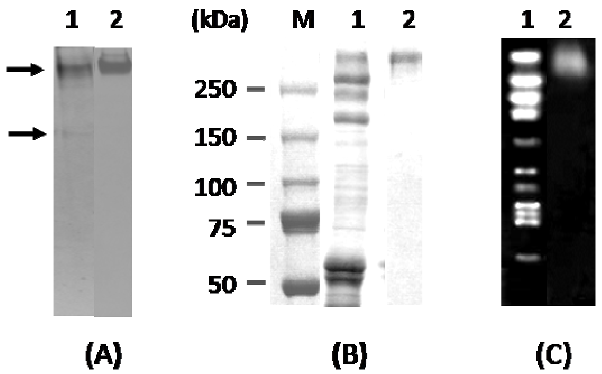


Figure 1 Coomassie blue staining of native-PAGE (A), SDS-PAGE gel (B) and Zymogram for xylanase (C) of purified protein contain 100 ug of protein. Lane M, molecular mass markers; lane 1, culture supernatant; lane 2, purified protein in a 4-10% gradient polyacrylamide gel.

โปรตีนบริสุทธิ์ไม่สามารถย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ในกลุ่มเซลลูโลสหรือแป้งได้ แต่สามารถย่อยไซแลนจาก birchwood และ oat spelt ได้ดีตามลำดับ เมื่อตรวจสอบความจำเพาะต่อการย่อยสลายไซโลเฮ็กโซสซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายสั้นของไซแลนพบว่าได้ผลิตภัณฑ์เป็นอนุกรมของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีกิจกรรมของเอ็นโดไซลาเนส (Figure 2) ไซลาเนสบริสุทธิ์มีพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานที่พีเอช 6.0 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อทดสอบความสามารถในการยึดเกาะระหว่างโปรตีนบริสุทธิ์กับผนังเซลล์จุลินทรีย์และสับสเตรท (Figure 3) พบว่าโปรตีนบริสุทธิ์สามารถยึดเกาะกับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ได้แสดงว่าประกอบด้วย SLH-domain

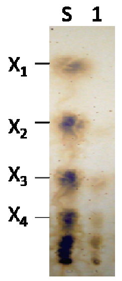


Figure 2 Thin-layer chromatography. Lane S, Standard xylo-oligosaccharide (Megazyme); Lane 1; hydrolysis product of xylohexose by purified protein 280 kDa at 60 °C for 15 min.

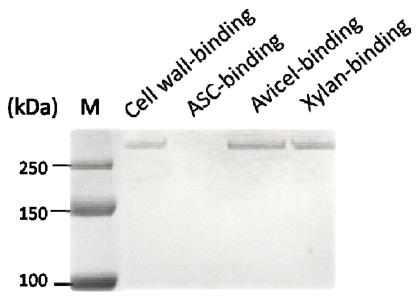


Figure 3 Binding of purified protein 280 kDa to bacterial cell wall and insoluble cellulose and xylan. When 200 mg protein was add in 10% polysaccharide.

นอกจากนี้ยังประกอบด้วย CBD ทำหน้าที่ยึดเกาะกับพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำโดยยึดเกาะได้ดีกับพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างผลึกแข็งแรงในอะไวเซล และ insoluble xylan ได้ดีกว่า acid swollen cellulose (ASC) ซึ่งมีโครงสร้างแบบหลวม เนื่องจากผ่านการปรับสภาพด้วยกรด CBD ช่วยเพิ่มความจำเพาะและความใกล้ชิดระหว่างเอนไซม์กับสับสเตรทช่วยให้เอนไซม์ย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาต่อในระดับยีนทำให้ทราบลำดับกรดอะมิโนซึ่งสามารถบอกความแตกต่างของโดเมนต่างๆ และจัดแบ่งเป็นแฟมิลี่ได้ ซึ่งโปรตีนขนาด 280 กิโลดาลตันนี้ น่าจะจัดเป็นแฟมิลี่ใหม่ทั้งในส่วนของไซลาเนส SLH และ CBD

สรุปผล

ไซลาเนสบริสุทธิ์ขนาด 280 กิโลดาลตัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบในเอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตจาก *P. curdlanolyticus* B-6 สามารถทำให้บริสุทธิ์โดยอาศัยเทคนิคการยึดเกาะและหลุดออกอย่างจำเพาะกับเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ (อะไวเซล) ร่วมกับ size-exclusion chromatography, ion-exchange chromatography และ hydrophobic chromatography โปรตีนบริสุทธิ์แสดงออกเพียงกิจกรรมของไซลาเนส โดยมีพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานที่พีเอช 6.0 และ 60 องศาเซลเซียส เอนไซม์บริสุทธิ์จัดอยู่ในกลุ่มเอ็นโดไซลาเนส นอกจากทำหน้าที่ย่อยสลายไซแลนยังมีทำหน้าที่ในการยึดเกาะกับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์และไซแลน/เซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ แสดงว่าโปรตีนขนาด 280 กิโลดาลตันนี้ประกอบด้วยโดเมนหลายชนิดซึ่งส่งผลต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของไซลาโนโซม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554-2555 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น

เอกสารอ้างอิง

Berg, B., Hofstan, B.V. and Petterson, G., 1972, Growth and Cellulase Formation by *Cellvibrio fulvus*, Journal of Applied Bacteriology, 35: 201-214.

Kosugi, A., Murashima, K., Tamaru, Y. and Doi, R.H., 2002, Cell-surface-anchoring Role of N-Terminal Surface Layer Homology Domains of *Clostridium cellulovorans* EngE, Journal of Bacteriology, 184: 884-888.

Laemmli, U.K., 1970, Clevage of Structural Protein During the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature (London), 227: 680-685.

Lowry, O.H., Roasebrough, N.J., Fan, A.L. and Randail, R.S., 1951, Protein Measurement with the Folin phenol Reagent, Journal of Biological Chemistry, 193: 265-275.

Pason, P., Khin, K.L. and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* Strain B-6 xylanolytic-Cellulolytic Enzyme System that Degrades Insoluble Polysaccharides, Applied and Environmental Microbiology, 72: 2483-2490.

Pason, P., Kosugi, A., Waeonukul, R., Tachaapaikoon, C., Ratanakhanokchai, K., Arai, T., Murata, Y., Nakajima, J. and Mori, Y., 2010, Purification and Characterization of a Multienzyme Complex Produced by *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6, Applied Microbiology and Biotechnology, 85: 573-580.

Ratanakhanokchai, K., Kyu, K.L. and Tanticharoen, M., 1999, Purification and Properties of a Xylan-binding Endoxylanase from Alkaliphilic *Bacillus* sp. strain K-1, Applied and Environmental Microbiology, 85: 694-697.

Somogyi, M., 1952, Notes on Sugar Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

การศึกษาบริเวณเร่งปฏิกิริยาตำแหน่ง S_1subsite เอนไซม์ปาเปนทำปฏิกิริยากับซับสเตรตสังเคราะห์อนุพันธ์พารา-ไนโตรอะนิไลด์

Study on Active Site at S_1 Subsite Position of Papain Reaction with Synthesized *p*-nitroanilide Derivative Substrates

สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] ศิริพร จิรเจริญผล[2] คิน เลย์ คู[2] รัชนี ไสยประจง[1] และ กนก รัตนกนกชัย[2]

Pinitglang, S.[1], Jirajarounpol, S.[2], Kyu, K.L.[2], Saiprajong, R.[1] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

The aim of this research is to investigate amino acids specificity in active centre region at S_1 subsite position of purified papain reaction with synthesized p-nitroanilide derivative substrates. Papain was extracted from the latex of the unripe papaya fruit (*Carica papaya*). Papain was purified by the Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC) with Hiload 26/10 SP-Sepharose HP column and showed only one band on SDS-Polyacrylamide Gel Electrophoresis, with a low molecular weight of purified papain was estimated at 29 kilodaltons. The p-nitroanilide derivative substrate, N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Phe-*p*NA and N-Ac-L-Phe-Glu-*p*NA were synthesized in our laboratory and proved to be pure compound by thin layer chromatography, optical rotation, nuclear magnetic resonance, mass spectroscopy and elemental analysis. The kinetic study showed that k_{cat}/K_m of purified papain toward N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA and N-Ac-L-Phe-Glu-*p*NA were 269.77, 1367.00, 1469.37 and 473.49 $M^{-1}.S^{-1}$, respectively. The result of this study reveals that the broad specificity of S_1 subsite pocket located in active centre region of papain.

Keywords: papain, S_1 subsite, *p*-nitroanilide derivative substrate

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความจำเพาะกรดอะมิโนบริเวณเร่งปฏิกิริยาตำแหน่ง S_1 subsite ของเอนไซม์ปาเปนบริสุทธิ์ที่ทำปฏิกิริยากับซับสเตรตสังเคราะห์อนุพันธ์พารา-ไนโตรอะนิไลด์ เอนไซม์ปาเปนแยกได้จากน้ำยางมะละกอดิบ (*Carica papaya*) เอนไซม์ปาเปนแยกให้บริสุทธิ์โดย Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC) โดยใช้ Hiload 26/10 SP-Sepharose HP เป็นคอลัมน์ และตรวจสอบความบริสุทธิ์เอนไซม์ปาเปนโดยวิธี SDS Polyacrylamide Gel Electrophoresis พบแถบโปรตีนเพียงแถบเดียว มีน้ำหนักโมเลกุล 29 กิโลดาลตัน จากนั้นทำการสังเคราะห์ซับสเตรตอนุพันธ์พารา-ไนโตรอะนิไลด์ได้แก่ N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA และ N-Ac-L-Phe-Phe-*p*NA และ N-Ac-L-Phe-Glu-*p*NA จากการตรวจสอบความบริสุทธิ์ซับสเตรตที่สังเคราะห์ได้ด้วย thin layer chromatography, optical rotation, nuclear magnetic resonance, mass spectroscopy และ elemental analysis พบว่าซับสเตรตมีความบริสุทธิ์สูง การศึกษาจลนพลศาสตร์ k_{cat}/K_m ของเอนไซม์ปาเปนที่ทำปฏิกิริยากับซับสเตรตสังเคราะห์ N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA และ N-Ac-L-Phe-Glu-*p*NA มีค่าเท่ากับ 269.77, 1367.00, 1469.37 และ 473.49 $M^{-1}.S^{-1}$ ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าบริเวณเร่งปฏิกิริยาตำแหน่ง S_1 subsite ของเอนไซม์ปาเปนมีสมบัติแบบ broad specificity

คำสำคัญ: ปาเปน S_1 subsite ซับสเตรตอนุพันธ์ พารา-ไนโตรอะนิไลด์

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce Vibhavadee Rangsit Road Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok,Thailand

บทนำ

ปาเปนเป็นเอนไซม์โปรติเนสอยู่ในกลุ่มซีสเตอีน โปรติเนสมีสมบัติในการย่อยโปรตีนให้มีขนาดเล็กลง เอนไซม์ปาเปนพบมากในน้ำยางมะละกอโดยเฉพาะผลดิบของมะละกอจะมีน้ำยางมะละกอมาก ปาเปนเป็นเอนไซม์ประเภทเอนโดเพปติเดสเช่นเดียวกับเอนไซม์โบรมิเลน แอกทินิเดน และไฟเซน เป็นพอลิเพปไทด์สายเดียวมีกรดอะมิโนเป็นส่วนประกอบจำนวน 212 residues แบ่งได้เป็นสองโดเมนคือ L-โดเมนประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ตำแหน่ง 12-112 และ 208-212 และ R-โดเมนประกอบด้วยกรดอะมิโน 1-11 และ 113-207 บริเวณเร่งปฏิกิริยามีกรดอะมิโน Cys25 อยู่บน L-โดเมนและกรดอะมิโน His159อยู่บน R-โดเมน (Pinitglang และคณะ 1994; Pinitglang และคณะ 1996) เอนไซม์ปาเปนมีความจำเพาะบริเวณ S_2 subsite จะมีลักษณะเป็นโพรงไฮโดรโฟบิกที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโน Val133, Val157, Tyr67, Pro68, Trp69, Ser205 และ Phe207 (Pinitglang และคณะ, 1997; Pinitglang และคณะ, 1997)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกเอนไซม์ปาเปนให้บริสุทธิ์

นำ crude เอนไซม์ปาเปนละลายใน 0.1 M โซเดียม อะซิเตรต บัพเฟอร์ pH 4.0 ที่มี 1 mM EDTA ผสมอยู่และเติมสารละลาย 2,2´-diridyl disulphide เพื่อยับยั้งการแอคติวิตีแล้วทำการตกตะกอนโปรตีนด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว 80 เปอร์เซนต์ นำสารละลายที่ตกตะกอนโปรตีนมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 rpm เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเก็บตะกอนโปรตีนละลายด้วย 0.1 M โซเดียม อะซิตรต บัพเฟอร์ pH 4.0 ที่มี 0.1 mM EDTA ผสมอยู่ และทำการไดอะไลซิสเพื่อกำจัดเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตออกจาก crude เอนไซม์ปาเปน เพื่อนำไปผ่านกระบวนการโครมาโตกราฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุบวกโดยมี SP-Sepharose เป็นคอลัมน์โดยใช้เครื่อง FPLC เมื่อล้างโปรตีนที่ไม่จับกับคอลัมน์ออกหมดแล้วจึงชะเอนไซม์ปาเปนออกจากคอลัมน์โดยการทำ linear gradient 0-1M สารละลายโซเดียม คลอไรค์ที่ผสมอยู่กับสารละลาย 0.1 M โซเดียม อะซิเตรต บัพเฟอร์ pH 4.0 และมี 0.1 M EDTA ผสมอยู่ นำสารละลายที่แยกออกมาจากคอลัมน์ไปตรวจแอคติวิตีเอนไซม์ปาเปนต่อไปโดยการทำปฏิกิริยากับ α-N-benzoyl-L-arginine-4-nitroanilide ซึ่งเป็นซับสเตรตสังเคาระห์ เอนไซม์ปาเปนที่แยกได้จะทำการการตรวจสอบความบริสุทธิ์โดยวิธี Sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis ต่อไป

2. การสังเคราะห์ซับสเตรต

การสังเคราะห์ซับสเตรตที่เป็นอนุพันธ์ของพารา-ไนโตรอะนิไลด์ 5 ชนิดได้แก่ N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Phe-*p*NA, N-Ac-L-PheGlu-*p*NA และ N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA โดยทำการเปลี่ยนเฉพาะตำแหน่ง P1 ของซับสเตรตเป็น Gly, Arg, Phe, Glu และ Leu ตามลำดับและคงตำแหน่ง P_2 ของซับสเตรตเป็น Phe และ P1´เป็น pNA เพื่อทำการตรวจสอบว่าบริเวณ S_1-subsite ของเอนไซม์ปาเปนบริสุทธิ์มีความจำเพาะกับกรดอะมิโนชนิดใด ซึ่งเมื่อทราบความจำเพาะของบริเวณ S_1-subsite ของเอนไซม์ปาเปนจะทำให้สามารถนำมาใช้อธิบายกลไกการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้ดียิ่งขึ้น ซับสเตรตที่เป็นอนุพันธ์ของพารา-ไนโตรอะนิไลด์ที่สังเคาระห์ได้จะทำการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของซับสเตรตโดยทำการวิเคาระห์ด้วย Thin layer chromatography เพื่อติดตามการเกิดผลิตภัณฑ์ของซับสเตรตที่เกิดขึ้นและตรวจสอบปริมาณธาตุ C, H และ N โดยวิธี Elemental analysis และตรวจสอบซับสเตรตที่ได้ว่าเป็น L-form ตามที่ต้องการโดยวิธี Optical analysis และตรวจสอบมวลโมเลกุลของซับสเตรตว่าตรงตามทฤษฎีโดยวิธี Mass Spectrophotometer และตรวจสอบหาโครงสร้างของซับสเตรตว่าตรงตามที่กำหนดโดยวิธี NMR Analysis

3. การศึกษาพลนจลศาสตร์บริเวณเร่งปฏิกิริยา S1-subsite ของเอนไซม์ปาเปนบริสุทธิ์

ศึกษาจลนพลศาสตร์ของเอนไซม์ปาเปนบริสุทธิ์ด้วยซับสเตรตสังเคราะห์ที่เป็นอนุพันธ์ของพารา-ไนโตรอะนิไลด์ทั้ง 5 ชนิดซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับอัตราเร็วของปฏิกิริยาและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความเร็วของปฏิกิริยารวมทั้งกลไกการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ปาเปนโดยมีขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้คือ กำหนดปริมาณเอนไซม์ปาเปนให้ความเข้มข้นคงที่ 4.0-4.8 μMและความเข้นข้นของซับสเตรต 80 μM โดยให้ [E]<[S]<<Km เปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของซับสเตรต [S] วัดค่า initial velocity (ν_i) ของปฏิกิริยา เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ (ν_i) และ [S] คำนวณค่า maximum velocity (ν_{max}) และ Michaelis constant (K_m) โดยใช้โปรแกรม Sigma Plot และเลือกสมการ Hyperbolar single rectangular คำนวณค่า k_{cat}/K_m เขียนกราฟ k_{cat}/K_M กับpH-dependence โดยกำหนดให้ k_{cat}/K_m เป็นแกน Y และค่า pH เป็นแกน X เพื่อเขียนกราฟ pH-dependence สำหรับการวิเคาระห์ค่า pK_a ที่เกี่ยวข้องในการเร่งปฏิกิริยา

ผลการทดลอง

การศึกษาค่า k_{cat}/K_m ของเอนไซม์ปาเปนด้วยซับสเตรตสังเคราะห์ที่เป็นอนุพันธ์ของ พารา-ไนโตรอะนิไลด์ พบว่าเอนไซม์ปาเปนสามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายซับสเตรต N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA, N-Ac-L-Phe-Phe-*p*NA และ N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA ได้ดีตามลำดับ

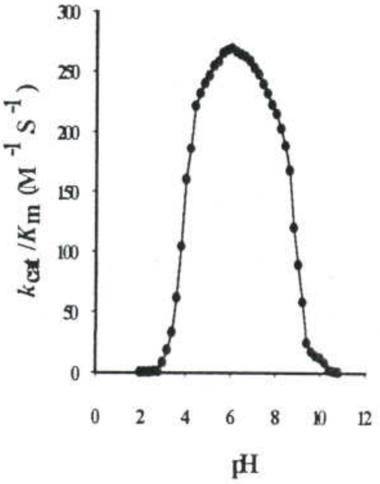


Figure1 pH-dependence of kcat/Km for the papain catalysed hydrolysis of N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA.

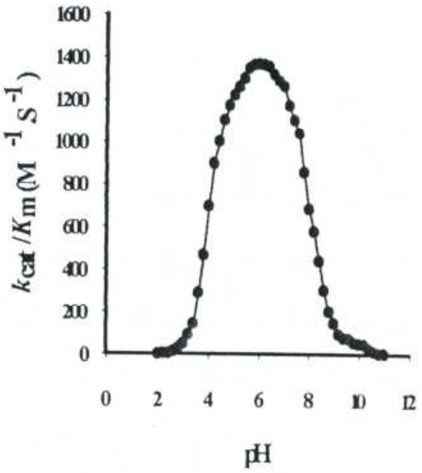


Figure 2 pH-dependence of kcat/Km for the papain catalysed hydrolysis of N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA.

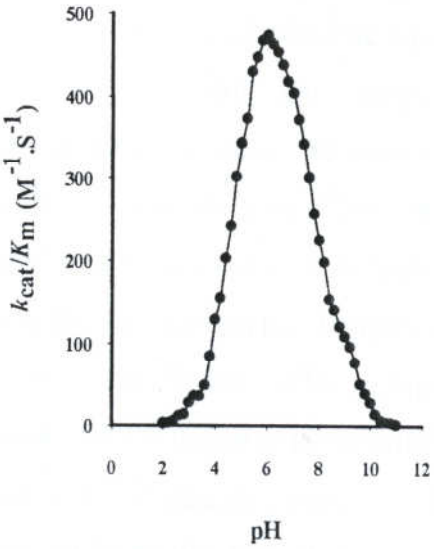


Figure 3 pH-dependence of kcat/Km for the papain catalysed hydrolysis of N-Ac-L-Phe-Phe-*p*NA.

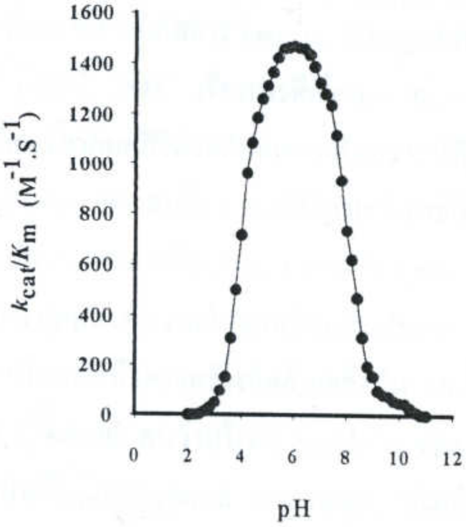


Figure 4 pH-dependence of kcat/Km for the papain catalysed hydrolysis of N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA.

Table 1 pH optimum and K_{cat}/K_m for the papain catalysed hydrolysis synthesized *p*-nitroanilide derivative substrates

Substrate	pH optimum	k_{cat}/K_m maximum($M^{-1}S^{-1}$)
N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA	6.0	209.77
N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA	6.2	1367.00
N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA	6.2	1469.37
N-Ac-L-Phe-Phe-*p*NA	5.8	473.49

Table 2 Elemental analysis(C, N, H) of synthesized p-nitroanilide derivative substrates

Substrate	%C	%N	%H
N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA	(1) 59.338	14.538	5.182
($C_{19}H_{20}N_4O_5$)	(2) 59.096	14.602	5.287
	ค่าเฉลี่ยการทดลอง 59.217	14.570	5.235
	ค่าตามทฤษฎี 59.364	14.575	5.244
N-Ac-L-Phe-Phe-*p*NA	(1) 64.694	12.245	5.328
($C_{26}H_{26}N_4O_5$)	(2) 64.940	12.070	5.647
	ค่าเฉลี่ยการทดลอง 59.217	12.158	5.487
	ค่าตามทฤษฎี 59.364	12.160	5.490
N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA	(1) 57.945	13.172	6.650
($C_{23}H_{28}N_4O_5$)	(2) 58.107	13.382	6.897
	ค่าเฉลี่ยการทดลอง 58.107	13.277	6.773
	ค่าตามทฤษฎี 58.136	13.282	6.780
N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA	(1) 39.793	22.854	4.709
($C_{23}H_{19}N_7O_5$)	(2) 39.083	22.623	4.922
	ค่าเฉลี่ยการทดลอง 39.438	22.739	4.816
	ค่าตามทฤษฎี 39.500	22.745	4.820

วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง

เอนไซม์ปาเปนสามารถทำให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโตรกราฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุบวกโดยใช้คอลัมน์ SP-Sepharose การศึกษา k_{cat}/K_m ของเอนไซม์ปาเปนด้วยซับสเตรตสังเคราะห์สังเคาระห์ที่เป็นอนุพันธ์ของพารา-ไนโตรอะนิไลด์พบว่าเอนไซม์ปาเปนสามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายซับเสตรต N-Ac-L-Phe-Arg-*p*NA และ N-Ac-L-Phe-Leu-*p*NA ได้ดีรองลงมาได้แก่ N-Ac-L-Phe-Phe-*p*NA และ N-Ac-L-Phe-Gly-*p*NA ตามลำดับ ดังนั้นจากผลการทดลอง การศึกษาจลนพลศาสตร์ของเอนไซม์ปาเปนบริสุทธิ์เพื่อศึกษาบริเวณเร่งปฏิกิริยา S_1-subsite สามารถสรุปได้ว่ามีบริเวณ S_1-subiteมีลักษณะ broad specificity ต่อกรดอะมิโนชนิดต่างๆที่ตำแหน่ง P_1

เอกสารอ้างอิง

Pinitglang, S., Noble, M., Verma, C., Thomas, E.W. and Brocklehurst, K., 1996, Studies on the Enhancement of the Reactivity of the (Cys-25)-S-/(His159)-Im $^+$H ion-pair of Papain by Deprotonation Across *p*Ka 4, Biochemical Society Transactions, 24(3): 468s.

Pinitglang, S., Patel, M., Thomas, E.W. and Brocklehurst, K., 1994, Existence of the Cys-His ion-pair State of Cysteine Proteinases may be an Insufficient Condition for Catalytic Competence, Biochemical Society Transactions, 22(2): 215s.

Pinitglang, S., Patel, M., Noble, M., Sreedharan, S.K., Verma, C., Thomas, E.W. and Brocklehurst, K., 1997, Effects of the Quality of the P2-S2 Hydrophobic Contacts on the Catalytic Activities of Papain, Caricain and Ficin and their Generation by Electrostatic Switche, Biochemical Society Transactions, 25(1): 88S.

Pinitglang, S., Watts, A.B., Patel, M., Reid, J.D., Noble, M., 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 Competence until Modulated Electrostatically, Biochemistry, 36(33): 9968-9982.

องค์ประกอบทางเคมี และประสิทธิภาพการเป็นสารต้านแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากใบ *Persicaria odorata*

Antibacterial Activity of the Essential Oil from *Persicaria odorata* Leaves

พราโมโน สาสงโก้[1,2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] และ อรพิน เกิดชูชื่น[2]

Sasongko, P.[1,2], Laohankunjit, N.[2] and Kerdchoechuen, O.[2]

Abstract

This study conducted to identify physicochemical properties and antibacterial activity of the essential oils from Vietnamese Coriander (*Persicaria odorata*). Hydrodistillation was used to extract the essential oil from the fresh and dry leaves of *Persicaria odorata*. Using a Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS analysis), dodecanal, caryophyllene, alpha-caryophyllene, drimenol and decanal were identified as a major volatile compounds. The antibacterial testing was conducted by disc diffusion method. The essential oils from both of fresh and dry leaves of *Persicaria odorata* exhibited antibacterial activity against both of gram positive bacteria such as *Staphylococcus aureus* and gram negative bacteria such as *Escherichia coli.* Moreover, the highest antibacterial activity was shown by essential oil from dry leaves which against *S. aureus* exhibited an inhibition zone at 26 mm for 100µl/ml concentration.

Keywords: *Persicaria odorata,* essential oil, gas chromatography-mass spectrometry, antibacterial activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และประสิทธิภาพการเป็นสารต้านแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากผักแพว (*Persicaria odorata*) อบแห้งและสด ที่สกัดโดยการต้มกลั่น ซึ่งน้ำมันผักแพวมีสารหอมระเหยได้ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) ได้แก่ dodecanal, caryophyllene, alpha-caryophyllene, drimenol และ decanal เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารต้านแบคทีเรียด้วยวิธี disc diffusion method พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบผักแพวสดและแห้ง มีความสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก เช่น *Staphylococcus aureus* และแกรมลบ เช่น *Escherichia coli* ได้ นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากผักแพวอบแห้งมีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้สูงสุด เมื่อใช้ความเข้มข้น 100µl/ml โดยมีค่า inhibition zone เท่ากับ 26 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: *Persicaria odorata* น้ำมันหอมระเหย gas chromatography-mass spectrometry ประสิทธิภาพการต้านเชื้อแบคทีเรีย

Introduction

Essential oils have a significant role in the society where they are variously used in medicine, pharmacy, cosmetics, chemical and food-processing industries (Yentema *et al.*, 2007). Essential oils are important constituent of some higher plants comprising monoterpenes, sesquiterpenes, arylpropanoids and other derivatives. The antimicrobial properties of essential oils have been recognized for long time and they have been scientifically established (Sadashiva *et al.*, 2010). Essential oils are very complex natural mixtures which contain about 20–60 components at quite different concentrations. They are characterized by two or three major components at fairly high concentrations (20–70%) compared to other components present in trace amounts (Bakkali *et al.*, 2008). Moreover, it has been reported that essential oil has biological activities such as an antimicrobial, antioxidant, antifungal and anticancer activity. The simple and complex derivatives of phenol are main antimicrobial compounds in essential oils from spices (Conner, 1993). *Coriandrum sativum* essential oil was reported that has an antibacterial activity against either gram positive or gram negative bacteria (Matasyoh *et al.*, 2009). Furthermore, Laohakunjit *et al.* (2008) concludes that essential oil from

[1] Faculty of Agriculture Technology, University of Brawijaya, Malang 65141, Indonesia

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 83 Moo 8 Tha-kam, Bangkhuntien, Bangkok 10150

Kaempferia (*Boesenbergia pandurata* Holtt.) and Bastard cardamom (*Amomum xanthioides* Wall) has an antibacterial effect towards *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* and *Listeria monocytogenes*. *Persicaria odorata* is a native plant of southeastern Asia. The taste of *Persicaria odorata* is described as being pungent and spicy, and its smell is similar to coriander with hints of a lemon scent. Volatile compound from essential oil of *Persicaria odorata* contains aldehyde such as decanal (Anonymous, 2010). Furthermore, the plant was extracted by different condition and extraction methods. The difference in organoleptic profile indicates a difference in the composition of oils which were obtained by different condition and this may also influence on chemical and volatile properties (Hashemi *et al.*, 2008). This study was aimed to identify physicochemical properties and antibacterial activity of the essential oil from fresh and dry leaves of Vietnamese Coriander (*Persicaria odorata*).

Materials and Methods

Plant materials: Leaves of *Persicaria odorata* were purchased from a local vegetable and fruit market of the Thungkru District, Bangkok, Thailand. For dry sample, the leaves were washed to remove soil, peeled, chopped and dried by oven dryer at 40°C for 24 h to reduce the water content.

Oil Isolation: 1000 g and 500 g of fresh and dried leaves of *Persicaria odorata* were hydrodistilled in Clevenger-type apparatus for 24 h. Essential oil was collected and stored in the dark vial at 4°C.

Physical properties analysis. Physical properties such as percentage of yield extraction, color and refractive index were observed. Color of essential oil was determined using Hunterlab mini scanEZ Color Reader. Refractive index of the oil was determined by Hand-held Refractometer.

Gas Chromatography-Mass Spectrometry analysis: An aliquot of 1 µl oils (dissolved in ethanol) was adjusted to 100 ppm after that it was directly injected into GC-MS Agilent 7890A which was carried out in GC-MS system, fitted with a 30 m 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: 3 psi, oven temperature: 70^{o}C then rate at 10^{o}C/min to 140^{o}C, and then rate at 5^{o}C/min to 240^{o}C.

Antibacterial activity: Antibacterial activity assays were carried out by disc diffusion method. Overnight *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacterial suspension (50 µl) adjusted to contain $1x10^{6}$ CFU/ml of bacteria by spectrophotometer compared with MacFarland no. 0.5, which OD must be between 0.008-0.1. Bacterial suspension was spread by a sterile glass spreader on Muller-Hinton Agar (MHA) medium. Sterile 6 mm filter paper (Whatman No.1) disc was impregnated with 100µl/ml of the essential oil that dissolved in sterile dimehtylsulfoxide (DMSO) and put in the inoculated plates. The inoculated plates were incubated at 37±2^{o}C for 24h and then the inhibition zones were measured in diameter (mm) around of the disc. DMSO was used as negative control. Streptomycin (5mg/ml) was used for positive control. The assays were performed with three replicates.

Minimum Inhibition Concentration (MIC) value: MIC value was carried out in disc diffusion assay. Plant extracts dissolved in DMSO were first diluted to the highest concentration (50 µl/ml) 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 each extract showing a clear of inhibition was taken as the MIC levels. DMSO was used as negative control and streptomycin (5mg/ml) was used for positive control.

Results and Discussion

The essential oil was recovered from 1000 g fresh and 500g from dry leaves of *Persicaria odorata* which extracted by hydrodistillation methods showed a % yield at 0.274% and 0.12%, respectively (Table 1). Yield of essential oil from dry leaves was lower than fresh leaves because some of volatile compound from dry

leaves has been vaporized in drying process. Color measurement result showed that the color of essential oil from fresh and dry leaves in 2000 ppm concentration was light yellow green. Moreover, refractive index values of essential oil from fresh and dry leaves are 1.472 and 1.471, respectively, this refractive index value was similar to refractive index of some spice and herbs oil which in range of 1.462-1.600 (Singhal *et al*., 2001).

Gas Chromatography-Mass Spectrometry chromatogram results were compared with Wiley275 and NIST library used a % quality greater than 85%. RI value was calculated with a DB-5ms stationary phase using a series of *n-alkanes* standard between C_{10} and C_{20}. There are 26 volatile compounds contained in essential oil from fresh and dry leaves of *Persicaria odorata* (Table 2). The major volatile compounds from both of fresh and dry leaves are eupatoriochromene (21.71% and 20.94%), dodecanal (19.96% and 18.72%), alpha-caryophyllene (12.57% and 11.62%), beta-caryophyllene (11.07 % and 11.40%) and decanal (7.32 % and 4.47%), respectively. Others compound such as eucalyptol, alpha,-curcumene, eremophilene and drimenol were also detected in trace amount.

Furthermore, as shown in Table 3, the essential oil from fresh and dry leaves of *Persicaria odorata* possess strong antibacterial activity against gram positive bacteria: *Staphyloccocus aureus* and gram negative bacteria such as *Escherichia coli*. Essential oil from fresh and dry leaves produced an average zone of inhibition (ZOI) of 21 and 26 mm against *S. aureus* and average ZOI against *E. coli* are 13 and 19 mm, respectively. Essential oil from *Persicaria odorata* leaves has been known as source of aldehyde and terpene compound such as dodecanal, decanal, caryophyllene, eremophillene and alpha-curcumene which are possess antibacterial properties (Sadashiva *et.al*., 2010). The lowest concentrations that can inhibit the growth of bacteria were shown by MIC values at 6.25 µl/ml for *S. aureus* and 12.5 µl/ml for *E.coli*. Although, average ZOI of the *E. coli* was lower than *S. aureus*, the MIC value of essential oil against *E. coli* was higher than against *S. aureus* because the essential oil has a better activity against gram positive bacteria (*S. aureus*) than gram negative bacteria (*E. coli*) and gram negative bacteria was more resistant. A gram negative bacteria resistance was influenced by the structure of cell wall. Gram negative bacteria have an outer and inner membrane in their cell wall which is more complicate compared with gram positive bacteria cell membrane (Anonymous, 1999).

Summary

The major volatile compounds of essential oil from fresh and dry leaves of *Persicaria odorata* was eupatorichromene, dodecanal, alpha-caryophyllene, beta-caryophyllene and decanal. Furthermore, this oil has a strong antibacterial activity against both of gram positive and gram negative bacteria. The MIC value of essential oil from fresh and dry leaves of *Persicaria odorata* against *S.aureus* and *E.coli* are 6.25 µl/ml and 12.5 µl/ml, respectively.

Acknowledgement

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

Anonymous, 2010, Persicaria odorata [online], available: http://en.wikipedia.org/wiki/Vietnamese_coriander [2011, 11th February].

Anonymous. 1999, Physiology & Biochemistry Of Microorganisms, [online], available: http://www.micro.siu.edu micr425/425Notes/01-Introduction.html. SIUC / College of Science / Microbiology. [2010, November 28th].

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, M., 2008, Biological Effects of Essential Oils – A review, Journal of Food and Chemical Toxicology, 46(2): 446-475.

Conner, D.E., 1993, Naturally Occurring Compounds, pp. 441-468. In P.M. Davidson and A.L. Branen (eds.). Antimicrobials in Foods. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.

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.

Matasyoh, J.C., Maiyo, Z.C., Ngure, R.M. and Chepkorir, R., 2008, Chemical Composition and Antimicrobial Activity of The Essential Oil of *Coriandrum sativum*, Journal of Food Chemistry, 113(2): 526-529.

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.

Singhal, R.S., Kulkarni, P.R. and Rege, D.V., 2001, Quality Indices for Spice Essential Oils, Chapter 3 pp. 30.In Peter, K.V., Handbook of Herbs and Spices, CRC Press, USA.

Sadashiva, C.T., Sharanappa, P., Remashree, A.B., Raghu, A.V., Udayan, P.S. and Balachandran, I., 2010, Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil from Bark of *Pittosporum dasycaulon* Miq., Advances in Biological Research, 4(6): 301-304.

Yentema, O., Alioune, O. and Dorosso, S.A., 2007, Chemical Composition and Physical Characteristic of the Essential oil of *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng of Burkina Faso, Journal of Applied Sciences, 7(4): 503-506.

Table 1 Physical properties of essential oil from fresh and dry leaves of *Persicaria odorata*

Sample	Yield of extraction (%)-dry basis	L*	a*	b*	c*	Hue angle	Color appearance	Refractive index
Fresh	0.274	70.61	-0.86	2.50	2.64	108.99	Light green	1.472
Dry	0.120	69.96	-0.86	2.26	2.42	110.83	Light yellow	1.471

Table 2 Constituent of the essential oil from fresh and dry leaves of *Persicaria odorata*

No.	Volatile compounds	RI[a]	Composition (%)		No.	Volatile compounds	RI[a]	Composition (%)	
			Fresh	Dry				Fresh	Dry
1.	eucalyptol	1051	0.31	-	14.	alpha,-curcumene	1490	3.16	4.49
2.	undecane	1108	-	0.14	15.	eremophillene	1508	6.89	4.20
3.	1-nonanol	1174	-	0.09	16.	7-epi-alpha-selinene	1537	-	2.59
4.	decanal	1212	7.32	4.47	17.	ledol	1550	5.99	-
5.	decanol	1274	-	3.34	18.	nerolidol	1564	-	3.67
6.	undecanal	1311	0.58	0.57	19.	globulol	1587	0.95	-
7.	n-decanoic acid	1358	0.21	-	20.	caryophyllene oxide	1601	2.04	5.64
8	1-nonene	1374	-	2.02	21.	cubenol	1640	0.08	-
9.	beta-elemene	1401	0.64	-	22.	eupatoriochromene	1664	21.71	20.94
10.	dodecanal	1417	19.96	18.72	23.	drimenol	1790	4.74	4.34
11.	beta-caryophyllene	1441	11.07	11.40	24.	hexahydro farnesyl acetone	1842	-	0.60
12.	allo-aromadendren	1456	0.49	-	25.	isophytol	1945	0.39	0.17
13.	alpha.-caryophyllene	1476	12.57	11.62	26.	n-hexadecanoic acid	1959	0.91	0.99

[a] Retention indices calculated based on *n-alkane* standard (C_{10}-C_{20})

Table 3 Antibacterial activity and Minimum inhibitory concentration (MIC) value of essential oil from fresh and dry leaves of *Persicaria odorata*

Bacterial species	Inhibition zones (mm)*				MIC value(μl/ml)	
	Fresh	Dry	DMSO**	Streptomycin (5mg/ml)***	Fresh	Dry
S. aureus	21	26	-	23	6.25	6.25
E. coli	13	19	-	20	12.5	12.5

*Inhibition zone including the diameter of the paper disc (6 mm); ** Negative control (DMSO); *** Positive control (5mg/ml Streptomycin)

การเปลี่ยนแปลงสารหอมระเหยและคุณภาพทางเคมี กายภาพของส้มโอตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา
Changes of Volatile Compounds and Physicochemical Qualities of Fresh Cut Pomelo 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 pomelo are important for consumer acceptance. This research was to evaluate the volatile compounds changes and physicochemical qualities; volatile compounds, pH, titratable acidity, % total soluble solid (^{o}Brix), sugar content, fruit colour and firmness of fresh cut pomelo cv. Khao yai during storage under ambient conditions (25^{o}C$\pm$3). Three main volatile compounds were found in fresh cut pomelo during storage. Although cyclopentyl-4-ethylbenzoate was increased during storage, δ- cadinene and β caryophyllene were increased at the first stage of three days and decreased at the end of four days storage. Fresh cut pomelos were more lighten (L*) than the control but a* (redness) was decreased while b* (yellowness), hue and chroma were stable during storage. Moreover, fruit firmness, pH and sucrose content slowly decreased during the storage conditions but %titratable acidity, fructose and glucose content slightly increased.

Keywords: pomelo, volatile compounds, physicochemical qualities, storage

บทคัดย่อ

สารหอมระเหยและคุณภาพทางเคมี-กายภาพของส้มโอตัดแต่งมีความสำคัญต่อการเลือกซื้อของผู้บริโภค ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารหอมระเหยและคุณภาพทางเคมี-กายภาพของส้มโอตัดแต่งพันธุ์ขาวใหญ่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25^{o}C$\pm$3) คุณสมบัติทางเคมีได้แก่ สารหอมระเหย pH ความเป็นกรด ปริมาณของแข็งทั้งหมด (^{o}Brix) ปริมาณและชนิดน้ำตาล ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และ ค่าความแน่นเนื้อ พบการเปลี่ยนแปลงของสารหอมระเหยหลัก 3 ชนิดในส้มโอตัดแต่งสด โดย cyclopentyl-4-ethylbenzoate มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บ ขณะที่ δ- cadinene และ β-caryophyllene เพิ่มขึ้นวันที่ 1 ถึงวันที่ 3 และลดลงเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บในวันที่ 4 ในระหว่างการเก็บรักษา ค่าความสว่างของส้มโอตัดแต่งเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดงลดลง ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง hue angle และ chroma ไม่เปลี่ยนแปลง ค่าความแน่นเนื้อ pH และปริมาณซูโครสค่อยๆ ลดลง แต่ค่าความเป็นกรด ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ส้มโอ สารหอมระเหย คุณภาพทางเคมี-กายภาพ การเก็บรักษา

Introduction

Pomelo is an economically important fruit in Thailand. The pomelo is a non-climacteric fruit which contains rich of nutritions such as vitamin C, potassium, phosphorus, folic acid, citric acid, etc. (Igual *et al*., 2010). The flavour of pomelo is mild, not sour like a grapefruit and sweet as an orange but pomelo is difficultly eaten and difficultly observed senescence in whole fruits. Thus, minimally process or fresh cut pomelo is developed but storage period of pomelo is not detected. Fruit storage involves many physicochemical qualities changes which influence on the consumer satisfaction. Flavour studies in different fruit samples have been of increasing interests due to their relationship with quality. As a result, there are many researches of volatile compound changes of whole fruit during storage such as apricot (Gonzalez *et al*., 2009), pineapple (Umano *et al*., 1992) and pomelo (Phaungsombut *et al*., 2008). Although previous work on the quality of pomelo in the whole fruit had been studied, the monitoring of chemical and physical qualities in fresh cut pomelo during storage has

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซ.เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Soi Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

lack of information. The objective of this research was to report the volatile compounds and physicochemical changes in pomelo cv.Khao yai during storage at ambient conditions.

Materials and Methods

Plant materials preparation: Pomelo (*Citrus maxima*) cv. Khao yai was harvested at 100% maturity and transported from the orchard to the laboratory. Fruits were selected for uniformity in size (1.6 -1.9 kg) and colour. After that, fresh pomelo pulps were taken out from the fruit. The pulps were placed on polystyrene trays and wrapped with a commercially film. Fruits were packaged and kept at an ambient temperature of 25°C $\pm$ 3. Volatile compound, colour, fruit firmness, pH, %titratable acidity, total soluble solid and sugar content were measured every day and all analyses were performed in three replicates. Analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using the SAS Program Version 6.0 (SAS Institute, 1997,USA)

Isolation of volatile compounds using headspace-solid-phase microextraction gas chromatography (HS-SPME-GC-MS): A 50/30μm DVB/CAR/PDMS fiber was used in this study. Five milliliters of pomelo juice were transferred into a 30 ml vial. Juice samples were placed in a vial heater at 40°C 10 min. Sampling time was 45 min at 40°C. Desorption temperature at the GC injection port was 220°C for 5 min. Juice sample was analyzed using 7890A GC-MS(DB-WAX column, 30m x 0.25mm x 0.25μm) and the temperature program was: 40°C, then 40 °C to 240°C at rate 4°C min^{-1}, and held at 240°C for 5 min. The splitless was applied. Mass spectra were collected at a rate of 30 spectra/s over a range of m/z 33–500. The ionization energy was 70 eV. Data was identified according to NIST v2.0 library and Wiley. Compounds were then confirmed by GC retention time (RT) and MS spectra. The RTs from a series of aliphatic alkanes (C_8–C_{20}) were used to calculate retention indices (RIs) for all identified compounds.

Colour assessment and Fruit firmness: The colour change of pomelo pulp in ambient conditions was determined by a Hunter Lab Colorimeter. Fruit pulps colour was recorded using the CIE-L*, a*, b*, hue angle and chroma values. Fruit firmness of fruit was measured by Texture analyzer, fitted with a 10 mm cylindrical probe to the probe carrier. The test was carried out at the probe speed of 1 mm/s to compress the fruit for 3 mm from the contact point. A 250 N load cell was used. The force was recorded in kilogramforce.

pH and titratable acidity: Pomelo pulps were squeezed to pomelo juice. The pH of pomelo juice was measured using an electrode pH meter. After pH determination, the juice was added by some drops of phenolphtaleine as indicator solution and titrated against 0.1N NaOH to end point of pH 8.1. The juice acidity was expressed as gram of citric acid (g citric acid/1 g fresh weight).

Total soluble solid: Pomelo pulps were squeezed to pomelo juice. Total soluble solid of samples were measured using a hand refractrometer. Total soluble solid determination to give °Brix at 25°C.

Determination of sugars content: The fruit juice (7 ml) was filtered through filter paper whatman#1 by vacuum pump, and then centrifuged at 6,000 x g for 20 min. Supernatant was filtered through a 0.45-μm Millipore filter and frozen at -18°C until sugars before analysis. Sugar content (glucose, fructose, sucrose) was analyzed by HPLC following method from Kelebek (2010) with the column of LiChrospher® 100 NH_2 and RI detector was used for sugar analysis. The mobile phase was 86% acetronitrile/de-ionized water with the flow rate of 1.5 ml min^{-1}. Sugars content in each sample were identified and quantified by external standard method using a commercial standard of sucrose, glucose, and fructose.

Results and Discussion

In order to evaluate aroma changes under ambient conditions, Table 1 shows 34 volatile compounds were identified in pomelo which odor description gave wood, citrus, herb, green and floral odor description during storage. The major volatile compounds in fresh pomelo were 3 compounds, cyclopentyl-4-ethylbenzoate increased during storage, δ-cadinene and β-caryophyllene were increased at three days and decreased at the

end of storage. Amounts of other terpene compounds, such as α-ylangene, germacrene D and aromadendrene were rather different from the other citrus fruit varieties. When storage pomelo at room temperature for four days, it found that volatile compounds, which gave wood, citrus, herb and floral odor, were decreased. While volatile compounds, gave musty, green, and earthy odor, were increased. The most other volatile compounds increased during storage because harvested fruits are living tissues and continue to respire and loss water in transpiration. PVC film wrap has good gas permetration rate so the living tissue of pomelo can use oxygen to produce terpenoid by mevalonic acid pathway (Perez *et al*., 1992) or alcohol, aldehyde, acid and ester produce by oxidation reduction pathway (Umano *et al*., 1992). But some volatile compound decreased, it may be use degradation pathway. When storage of pomelo at room temperature, fruit pulps were more lighten (L*) than the day 1 as same hue angle, a* was decreased but b* and chroma were not changed (Table 2). Similar trend was also reported by Singh and Reddy (2006). Fruit firmness of fresh cut pomelo was diminished significantly under ambient at the end of 4 days of storage might be due to the action of pectic enzymes and weight loss during fruit transpiration. The trend is in agreement with the results reported by Muramatsu *et al*. (1996). pH generally decreased but acidity increased with storage period under ambient temperature (Table 3). However, total soluble solid was not changed under ambient storage. Fructose and glucose slightly increased in the 4 days of storage. The sucrose reduced in pomelo stored under ambient might be attributed to the change in sucrose to fructose and glucose due to the monosaccharides being used in the respiration process during storage. The trend in sucrose reduced of pomelo with storage period was in agreement with Perez *et al*. (1992).

Summary

This study demonstrates that the volatile compounds and physicochemical qualities of fresh cut pomelo changes can use for indicating the quality and storage period of fruit. Fresh cut pomelo has shelf life for 3 days at 25°C. After 3 days of storage, pomelo pulps have 6-methyl-5-hepten-2-ol, 3-methylpentanol, 1-octen-3-ol and heptanol which they gave musty odor description, and it is consistent with sensory evaluation by fifteen panelists (data not show), colour, texture and chemical quality was changed. The data of this study obtained can be used for decision of consumer.

Acknowledgements

This research was supported by a grant from The Royal Golden Jubilee Ph.D Program.

Literature cited

Gonzalez-Aguero, M., Troncoso, S., Gudenschwager, O., Campos-Vargas, R., Moya-Leon, M.A. and Defilippi, B.G., 2009, Differential Expression Levels of Aroma-Related Genes During Ripening of Apricot (*Prunus armeniaca L.*), Plant Physiology and Biochemistry, 47: 435–440.

Igual, M., Martinez, E.G., Camacho, M.M. and Navarrete, N. M., 2010, Effect of Thermal Treatment and Storage on the Stability of Organic acids and the Functional value of Grapefruit juice, Food Chemistry, 118: 291–299.

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.

Muramatsu, N., Kiyohide, K. and Tatsushi, O., 1996, Relationship between Texture and Cell wall Polysaccharides of Fruit Flesh in Various Species of Citrus, Horticulture Science, 31(1): 114–116.

Perez, A.G., Rios, J.J., Sanz, C. and Olias, J.M., 1992, Aroma Components and Free Amino Acids in Strawberry Variety Chandler During Ripening, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 2232-2235.

Phaungsombut, A., Pathaveerat, S. and Terdwongworaku, A., 2008, Maturity Assessment of Pomelo Based on Impact Method, Agricultural Science Journal, 39(3)(Suppl.): 27-30.

Singh, K.K. and Reddy, B.S., 2006, Post-Harvest Physico-Mechanical Properties of Orange peel and Fruit, Journal of Food Engineering, 73: 112–120.

Umano, K., Hagi, Y., Nakahara, K., Shoji, A. and Shibamoto, T., 1992, Volatile Constituents of Green and Ripened Pineapple *(Ananas comosus* [L.] Merr.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 599-603.

Table 1 Volatile compound in pomelo storage at ambient temperature (25°C ±3)

Volatile compounds	RI	% Relative peak area				Odor description*
		Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	
α-phellandrene	1210	0.58	0.46	0.37	0.21	citrus, green
α-limonene	1244	0.53	1.40	1.39	1.75	citrus, mint
α-terpinyl acetate	1248	1.86	0.59	0.45	0.00	herbal, citrus, spicy, woody, floral, waxy
β-terpinene	1254	0.11	0.64	3.19	3.80	refreshing
p-cymene	1322	0.70	0.55	0.57	0.37	solvent, citrus
3-methyl- 2-buten-1-ol	1378	0.00	0.25	0.22	0.38	fruity mango odor with apple, nuances
6-methyl -5-hepten-2-one	1390	0.00	0.00	0.20	0.56	fruity,citrus, musty, ketonic and creamy
3-methylpentanol	1412	0.54	0.78	1.01	1.10	roasty
3-hexen-1-ol	1444	0.64	0.84	0.81	1.04	green, grassy
1-octen-3-ol	1509	0.00	0.00	1.42	1.57	earthy, green, oily, vegetative and mushroom
acetic acid	1511	3.05	2.58	2.28	1.36	sour
heptanol	1516	0.00	0.00	1.42	1.72	musty, pungent, leafy green
δ-elemene	1523	4.39	3.89	3.43	3.00	wood
α-ylangene	1538	0.58	0.91	0.92	0.93	fruity
α-copaene	1547	0.80	1.26	1.56	1.66	woody, spice
2-ethyl-1-hexanol	1552	1.95	1.19	1.06	1.03	citrus, fresh, floral, oily, sweet
β-bourbonene	1574	0.44	0.75	1.09	1.24	herb
valencene	1633	1.68	1.55	0.91	1.11	green, oil
β-elemene	1649	1.88	1.82	1.57	1.39	wood
β-caryophyllene	1655	8.23	8.62	9.53	9.45	wood, spice
α-elemene	1698	1.61	1.35	1.33	1.22	wood
α-gurjunene	1725	3.15	3.13	2.55	2.26	wood, balsamic
α-humulene	1730	2.07	2.08	2.15	2.18	wood
isoledene	1736	3.00	2.94	2.87	2.58	-
α-amorphene	1751	5.44	5.37	5.48	4.74	wood
δ-selinene	1755	4.94	4.82	4.57	3.83	-
germacrene D	1771	0.17	1.96	2.24	2.54	wood, spice
aromadendrene	1781	5.43	5.30	5.09	4.47	wood
α-selinene	1787	4.31	4.23	4.14	3.60	pepper-like, orange
δ-cadinene	1823	15.08	15.91	15.95	15.15	thyme, medicine, wood
cyclopentyl-4-ethylbenzoate	1835	16.13	16.16	16.89	16.96	-
γ-selinene	1844	2.86	2.96	3.20	3.82	wood
α-muurolene	1858	2.14	2.02	1.97	1.82	wood
L-calamenene	1899	3.69	2.70	2.25	2.05	herb, spice

*odor description from flavornet

Table 2 Colour assessment and firmness of pomelo pulp during storage in ambient conditions.

Day	Ambient temperature (25°C±3)					
	L*	a*	b*	Chroma	h	Firmness (kgf)
1	65.194^{a}±2.49	0.939^{a}±0.306	17.969^{a}±0.654	17.995^{a}±0.659	87.009^{a}±0.947	0.813^{a}±0.17
2	64.831^{a}±2.76	0.742^{a}±0.33	18.186^{a}±1.77	18.21^{a}±1.77	87.413^{a}±1.29	0.804^{a}±0.24
3	67.147^{a}±1.53	0.669^{a}±0.12	17.924^{a}±1.78	17.964^{a}±0.80	87.878^{a}±0.40	0.794^{a}±0.25
4	67.381^{a}±1.33	0.58^{a}±0.28	17.765^{a}±0.75	17.776^{a}±0.75	88.349^{a}±0.89	0.745^{b}±0.11

$^{a, b, c, ...}$ letters indicate significantly different (P≤0.05) according to DMRT.

Table 3 pH, acidity, total soluble solid and sugar contents of pomelo pulp storage at 25°C during storage period.

Day	Ambient temperature (25°C±3)					
	pH	% Titratable acidity (g citric acid/g sample)	Total soluble solid (° Brix)	Fructose (mg/g fruit)	Glucose (mg/g fruit)	Sucrose (mg/g fruit)
1	3.673^{a}±0.10	3.16^{c}±0.19	11.55^{a}±0.25	4.319^{c}±0.53	4.374^{a}±0.74	27.297^{a}±1.26
2	3.683^{a}±0.05	3.37^{bc}±0.49	11.30^{a}±0.11	4.487^{bc}±0.60	4.389^{a}±0.61	27.732^{a}±0.16
3	3.518^{ab}±0.09	3.45^{ab}±0.43	11.45^{a}±0.30	5.096^{ab}±0.25	5.084^{a}±0.24	26.811^{a}±1.36
4	3.398^{b}±0.11	3.64^{a} ±0.55	11.55^{a}±0.10	5.355^{a}±0.37	5.159^{a}±042	26.521^{a}±0.66

$^{a, b, c, ...}$ letters indicate significantly different (P≤0.05) according to DMRT.

การเปลี่ยนแปลงสารพฤกษเคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของธัญพืชงอก
Phytochemical Change and Antioxidant Activities of Germinated Cereals

วรัมพร วงศ์สุดิน[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Vongsudin, W.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract
This study aimed to enhance nutritional values of 4 germinated cereals; Thai rice, maize, soybean and sesame. Results showed that protein contents germinated cereals increased and gamma amino butyric acid (GABA) of germinated cereals also increased at 22.22, 17.89, 15.82 and 12.65 mg/100g, respectively. Vitamin B1 of germinated cereals was increased at 0.81, 1.31, 0.73 and 0.92 mg/100g, respectively and the total phenolic content of the germinated cereals was higher between 40.13 - 55.71 mg/100g. However, lipid, fiber, carbohydrate and phytic acid (antinutrition) contents of germinated cereals decreased. Moreover, antioxidant activities of four germinated cereals were greater compared to the control cereals.
Keywords: rice, maize, soybean, black sesame, germination, nutritional values, antioxidant activity

บทคัดย่อ
การศึกษาการเพิ่มปริมาณสารอาหารของธัญพืชงอก 4 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง และงาดำ พบว่า ธัญพืชงอกทุกชนิดมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น และสารกาบาปริมาณสูงขึ้น มีค่าเท่ากับ 22.22, 17.89, 15.82 และ 12.65 mg/100g ตามลำดับ สำหรับวิตามินบี 1 พบปริมาณสูงขึ้นเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.81, 1.31, 0.73 และ 0.92 mg/100g ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วง 40.13 - 55.71 mg/100g แต่มีปริมาณไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตลดลง รวมทั้งการลดลงของปริมาณ phytic acid ซึ่งเป็นสารต้านโภชนาการ และธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับธัญพืช control (ไม่งอก)
คำสำคัญ: ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง งาดำ กระบวนการงอก สารอาหาร ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ
ประชากรในหลายประเทศบริโภคธัญพืชเป็นอาหารหลักมานานกว่า 10,000 ปี ธัญพืชที่นิยมนำมาบริโภคได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวโพด และถั่วต่างๆ ทั้งในรูปเมล็ดและผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ธัญพืชประกอบด้วยสารไฟโต นิวเทรียนท์ (phytonutrients or phytochemical compositions) ที่เป็นสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน และสารทุติยภูมิ ได้แก่ วิตามิน สารฟีนอลิค (phenolics) และสาร antioxidants ต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) (Perez-Balibrea และคณะ, 2008) ข้าวมีโปรตีน วิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นหลายชนิด มีสารประกอบฟีนอลิค สารแกมมา-อะมิโนบิวทิริคแอซิด หรือสารกาบา (GABA) (Watchararparpaiboon และคณะ, 2010) ข้าวโพดมีโปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นหลายชนิด (Pozo-Insfran และคณะ, 2006) ถั่วเหลือง มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงกว่าธัญพืชอื่น มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทุกชนิด มีคาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นหลายชนิด (Kaushik และคณะ, 2010) ส่วนงาดำ มีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบสูงถึง 44-58% มีโปรตีน 18-25% คาร์โบไฮเดรต 13.5% มีวิตามินอีและวิตามินบีสูง และแร่ธาตุหลายชนิด (Hahm และคณะ, 2009) อย่างไรก็ตามปริมาณสารพฤกษเคมีในธัญพืชยังมีปริมาณน้อยเมื่อคิดเทียบปริมาณ 100 กรัมของเมล็ด แต่มีรายงานการวิจัยว่ากระบวนการงอกสามารถเพิ่มปริมาณสารอาหารและสารสำคัญบางชนิด เช่น ข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกมีปริมาณโปรตีน วิตามินบี 1 สารประกอบฟีนอลิค และสาร GABA ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Ngyuen และคณะ, 2008; Watchararparpaiboon และคณะ, 2010) ในถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน วิตามินบี 1 และสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณ phytic acid ลดลง (Paucar-Menacho และคณะ, 2009) เป็นต้น โดยทั่วไปมีการนำธัญพืช โดยเฉพาะข้าวสาลีในส่วนของจมูกข้าว มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (Varjonen และคณะ, 2000) ถึงแม้ว่าข้าวสาลีมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง มีโปรตีน 8-16% ไขมัน 1.7-4% วิตามินบี วิตามินอีในรูป tocopherol เป็น

[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

องค์ประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Gelmez และคณะ, 2009) แต่ประเทศไทยมีการปลูกข้าวสาลีเฉพาะภาคเหนือของไทย ทำให้ได้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงต้องนำเข้าข้าวสาลีเพิ่มขึ้นทุกปี แต่ธัญพืชอื่นมีการปลูกกระจายในทุกภาคและมีผลผลิตของธัญพืชเหล่านี้มาก ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการเพิ่มปริมาณสารอาหารและสารสำคัญในธัญพืชงอกที่มีปลูกในประเทศ และศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสำคัญในธัญพืชที่ผ่านการงอก เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ และลดต้นทุนการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 และงาดำพันธุ์บุรีรัมย์ นำมาผ่านกระบวนการงอกโดยแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลาแช่ 48 ชั่วโมง และแช่ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลาแช่ 6 ชั่วโมง จนกระทั่งรากงอกยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย ตามวิธี Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000) และปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ GABA, วิตามินบี 1, สารประกอบฟีนอลิค, phytic acid และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging ($DPPH^{\bullet}$) และ ABTS decolorization scavenging effect ($ABTS^{+}$)

วิเคราะห์ปริมาณ GABA ดัดแปลงตามวิธีของ Watchararparpaiboon และคณะ (2010) ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ละลายใน 70% เอทานอล เขย่าเป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ระเหยเอทานอลออก 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 Watchararparpaiboon และคณะ (2010) ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติม NH_4Cl-$NH_3 \bullet H_2O$ buffer เติม 1% tween 20 และหยด 0.05% phenol red 1-2 หยด ผสมให้เข้ากัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 427 นาโนเมตร

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal และคณะ (2005) สกัดตัวอย่าง 3 กรัมด้วย 80% เอทานอล 30 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 950 ไมโครลิตร เติม 10% Folin-Ciocalteu phenol reagent และ 7.5% Na_2CO_3 ผสมให้เข้ากัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร

วิเคราะห์ปริมาณ phytic acid ดัดแปลงตามวิธีของ Febles และคณะ (2002) สกัดตัวอย่าง 0.25 กรัม ด้วย 0.2N HCl ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร เติม 0.2 mol/l $FeCl_3$ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส 30 นาที แช่ในน้ำแข็ง 15 นาที และวางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกว่าอุณหภูมิของหลอดทดลองเท่ากับอุณหภูมิห้อง ปิเปตสารละลายมา 1 มิลลิลิตร เติม 2,2'-bipyridine มา 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 519 นาโนเมตร

วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $DPPH^{\bullet}$ ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal และคณะ (2005) โดยเติมตัวอย่างความเข้มข้น 100 µg/l ปริมาตร 1 ml กับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 mM ปริมาตร 3 ml ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ส่วนวิธี $ABTS^{+}$ ดัดแปลงตามวิธีของ Yang และคณะ (2009) โดยเติมตัวอย่าง 40 µl กับสารละลาย ABTS 4 ml ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำหลังผ่านกระบวนการงอก วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย วิเคราะห์ปริมาณ GABA วิตามินบี 1 สารประกอบฟีนอลิค phytic acid ซึ่งเป็นสารต้านโภชนาการ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $DPPH^{\bullet}$ และวิธี $ABTS^{+}$ พบว่า ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านกระบวนการงอกมีปริมาณโปรตีน GABA วิตามินบี 1 และสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณไขมัน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรตลดลง รวมทั้ง phytic acid ซึ่งเป็นสารต้านโภชนาการลดลง (Table 1) ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็นผล

มาจากในระหว่างการแช่น้ำ น้ำกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ในการสังเคราะห์สารหรือการเปลี่ยนสภาพสารที่มีโมเลกุลเล็ก เช่น กรดอะมิโน ให้เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น โดยอาศัยพลังงานที่มีอยู่ภายในเซลล์ ปริมาณโปรตีนจึงเพิ่มขึ้น (Kaushik และคณะ, 2010) นอกจากนี้การที่ปริมาณสาร GABA วิตามินบี 1 และสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของสาร GABA เกิดจากเอนไซม์ glutamate decarboxylase ที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการทางชีวเคมี เร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนกลูตาเมทกับไฮโดรเจนไอออน ได้สาร GABA ปริมาณ GABA จึงเพิ่มขึ้น (Coda และคณะ, 2010) การเพิ่มขึ้นของวิตามินบี 1 เกิดจากระหว่างการงอกเกิดกระบวนการออกซิเดชั่นโดยใช้ออกซิเจนที่เรียกว่า กระบวนการหายใจ ได้พลังงานออกมาในรูป ATP และเกิดการสังเคราะห์สาร pyrimidine และ thaizole สารสองตัวนี้ถูกเอนไซม์ thiamine phosphate synthetase ย่อยสลายเป็น thiamine phosphate และเกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่ฟอสเฟตได้เป็น thiamine pyrophosphate ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินบี1 จึงมีปริมาณวิตามินบี 1 เพิ่มขึ้น (Watchararparpaiboon และคณะ, 2010) และการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิคเกิดจากเอนไซม์กลูโคซิเดสที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด ทำหน้าที่เป็นสารคะตะไลซ์ในการสร้างประกอบฟีนอลิค (Coda และคณะ, 2010) แต่ปริมาณไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตลดลงรวมถึงกรดไฟติกด้วย ซึ่งปริมาณไขมันลดลงเนื่องจากน้ำไปกระตุ้นให้เกิดการสร้างเอนไซม์ไลเปสที่มีบทบาทสลายไขมันเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล โดยกรดไขมันและกลีเซอรอลถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฟอสโฟลิปิด องค์ประกอบของเมมเบรนของเซลล์ ปริมาณไขมันจึงลดลง (Hahm และคณะ, 2009) ปริมาณเยื่อใยลดลงเนื่องจาก เยื่อใยเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งประกอบด้วยกลูโคสหลายโมเลกุลซึ่งจัดเป็นน้ำตาลในรูปที่ละลายได้ และถูกลำเลียงไปยังเอมบริโอ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (Hahm และคณะ, 2009) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง เนื่องจาก เอนไซม์อะไมเลสย่อยคาร์โบไฮเดรตให้อยู่ในรูป reducing sugar และถูกลำเลียงไปยังเอมบริโอเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (Donangelo และคณะ, 1995) และการลดลงของ phytic acid เกิดจากน้ำกระตุ้นให้เอนไซม์ phytase สลายโมเลกุล IP6 (inositol hexaphosphate) เป็น myo-inositol phosphate (IP1-IP5) และถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ปริมาณ phytic acid จึงลดลง (Liang และคณะ, 2008) สอดคล้องกับรายงานของ Watchararparpaiboon และคณะ (2010) และเมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $DPPH^{\bullet}$ และวิธี $ABTS^{+}$ พบว่า ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านกระบวนการงอก มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Figure 1) เนื่องจากในระหว่างการแช่น้ำ น้ำกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ภายในเมล็ดไปเร่งปฏิกิริยาการสร้างสารที่มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สาร GABA และสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มขึ้น โดยให้ผลสอดคล้องกันทั้งวิธี $DPPH^{\bullet}$ และวิธี $ABTS^{+}$ (Lopez-Amoros และคณะ, 2006) และเมื่อเทียบประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านกระบวนการงอก พบว่าข้าวโพดงอกมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระคิดเป็น 1.4 เท่าของข้าวโพดไม่งอก

สรุปผล

กระบวนการงอกข้าวโดยแช่ที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลาแช่ 48 ชั่วโมง และข้าวโพด ถั่วเหลือง และงาดำแช่ที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลาแช่ 6 ชั่วโมง มีปริมาณโปรตีน สาร GABA วิตามินบี 1 และสารประกอบฟีนอลิคเพิ่มสูงขึ้น และกระบวนการงอกนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง และงาดำด้วย นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณ phytic acid ซึ่งเป็นสารต้านโภชนาการลงอีกด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัทสยามเนเชอรัล โปรดักส์ จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัยทุน สกว.-อุตสาหกรรม และและคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Coda, R., Rizzello, C.G. and Gobbetti, M., 2010, Use of Sourdough Fermentation and Pseudo-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.

Febles, C.I., Arias, A., Hardisson, A., Rodriquez-Alvarez, C. and Sierra, A., 2002, Phytic Acid Level in Wheat Flours, Journal of Cereal Science, 36(1): 19–23.

Gelmez, N., Kıncal, N.S. and Yener, M.E., 2009, Optimization of Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Antioxidants from Roasted Wheat Germ Based on Yield, Total Phenolic and Tocopherol Contents, and Antioxidant Activities of the Extracts, Journal of Supercritical Fluids, 48: 217–224.

Hahm, T.S., Park, S.J. and Lo, Y.M., 2009, Effects of Germination on Chemical Composition and Functional Properties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds, Bioresource Technology, 100: 1643–1647

Iqbal, S., Bhanger, M.I., 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.

Liang, J., Han, B.Z., Nout, M.J. and Hamer, R.J., 2008, Effect of Soaking, Germination and Fermentation on Phytic Acid, Total and *in vitro* Soluble Zinc in Brown Rice, Food Chemistry, 110: 821-828.

Lopez-Amoros, M.L., Hernandez, T. and Estrella, I., 2006, Effect of Germination on Legume Phenolic Compounds and their Antioxidant Activity, Food Composition and Analysis, 19: 277–283.

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

Paucar-Menacho, L.M., Berhow, M.A., Mandarino, J.M.C., Chang, Y.K. and Mejia, E.G., 2009, Effect of Time and Temperature on Bioactive Compounds in Germinated Brazilian Soybean Cultivar BRS 258, Food Research International.

Perez-Balibrea, S., Moreno, D.A. and García-Viguera, C., 2008, Influence of Light on \Health-Promoting Phytochemicals of Broccoli Sprouts, Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 904–910.

Pozo-Insfran, D.D., Brenes, C.H., Serna Saldivar, S.O. and Talcott, S.T., 2006, Polyphenolic and Antioxidant Content of White and Blue Corn (*Zea mays L.*) products, Food Research International, 39: 696–703.

Watchararparpaiboon, W., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2010, An Improved Process for High Quality and Nutrition of Brown Rice Production, Food Science and Technology International, 16: 147-158.

Varjonen, E., Petman, L. and Èkinen-Kiljunen, S.M., 2000, Immediate Contact Allergy from Hydrolyzed Wheat in a Cosmetic Cream, Allergy, 55: 294-296

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 rice, corn, soybean and black sesame

	Protein (%)	Lipid (%)	Fiber (%)	Carbohydrate (%)	GABA (mg/100g)	Vitamin B1 (mg/100g)	Phenolic (mg/100g)	Phytic acid (mg/100g)
Rice	8.12^{g}±0.135	4.33^{f}±0.001	1.63^{cd}±0.313	83.79^{a}±0.493	10.08^{e}±0.634	0.59^{f}±0.024	36.98^{d}±3.809	626.81^{c}±1.220
Germinated Rice	11.09^{f}±0.101	3.64^{g}±0.032	1.58^{d}±0.021	81.67^{b}±0.191	22.22^{a}±0.420	0.81^{d}±0.048	55.71^{a}±1.821	535.35^{e}±2.427
Maize	11.02^{f}±0.089	4.90^{e}±0.148	2.48^{ab}±0.031	78.85^{c}±0.269	7.65^{f}±0.430	1.07^{b}±0.016	21.68e±3.722	878.75^{a}±1.192
Germinated Maize	15.48^{e}±0.137	4.20^{f}±0.293	2.30^{b}±0.051	75.90^{d}±0.108	17.89^{b}±1.035	1.31^{a}±0.032	40.14^{cd}±0.456	397.40^{h}±1.187
Soybean	33.77^{b}±0.207	25.41^{c}±0.139	2.56^{a}±0.018	33.18^{e}±0323	4.97g±0.665	0.58^{f}±0.027	43.76c±1.579	461.77^{f}±2.387
Germinated Soybean	40.93^{a}±0.284	19.74^{d}±0.452	2.49^{ab}±0.083	32.15^{f}±0.662	15.83c±0.314	0.73^{e}±0.070	52.48^{ab}±2.54	445.04^{g}±1.187
Black Sesame	22.77^{d}±0.151	41.83^{a}±0.569	1.82^{c}±0.125	28.05^{g}±0.632	5.40g±0.635	0.36^{g}±0.036	41.48^{c}±2.745	645.72^{b}±1.198
Germinated Black Sesame	26.48^{c}±0.425	39.64^{b}±0.181	1.72^{cd}±0.124	26.95^{h}±0.614	12.65d±0.476	0.92^{c}±0.023	51.34^{b}±0.915	589.45^{d}±2.061
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	1.03	1.634	6.382	0.833	5.069	4.779	5.774	0.296
LSD	0.378	0.508	0.229	0.794	1.06	0.066	4.292	2.935

Remark: ** Signification at $p \leq 0.001$

a, b, c,… in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

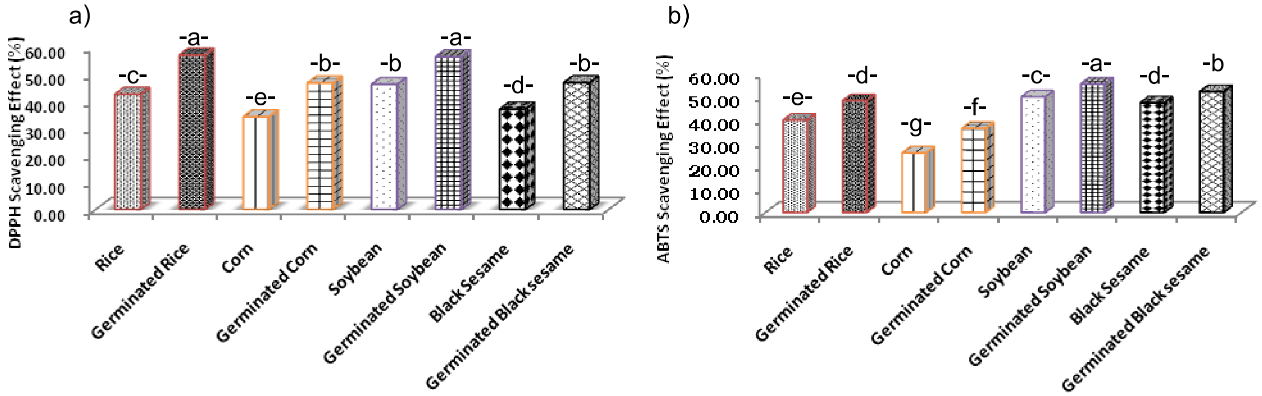


Figure 1 Antioxidant activity of germinated cereals (rice, corn, soybean and black sesame) concentration at 100 μg/l

อิทธิพลของการพรีเจลาติไนเซชั่นต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Effects of Pregelatinization on Physico-chemical Properties of Flour of Germinated Brown Rice cv. KDML 105

กันทรี ฤทธิ์เรืองเดช[1] อรพิน เกิดชูชื่น[2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] และ สุภัทร์ ไชยกุล[1]

Ritruengdech, K.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1],and Chaiyakul, S.[1]

Abstract

This study aims to evaluate the physico-chemical properties of pregelatinized flour of germinated brown rice cv. KDML 105. The flour at various flour: water ratio (3:1, 2:1, 1:1) was produced by single screw extruder controlled barrel temperature at 60, 80, 100 °C. Result showed that barrel temperature and flour: water ratio had no effect on GABA content. Vitamin B1 content was decreased with the increasing of temperature. Pasting temperature and viscosity of pregelatinized flour at all tested conditions were lower. It was found that the pasting temperature of pregelatinized flour (at 50 °C) was lowest when barrel temperature was controlled at 80 °C or 100 °C of all flour: water ratio. However, swelling power was increased when the barrel temperature increased. Pregelatinized flour produced from 1:1 flour: water at 60 ºC had highest solubility.

Keywords: germinated brown rice, pregelatinized flour, extrusion, vitamin B1, GABA

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งพรีเจลาติไนซ์ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ ควบคุมอุณหภูมิที่ 60, 80 และ 100°C และใช้อัตราส่วนของแป้งต่อน้ำ เท่ากับ 3:1, 2:1 และ 1:1 ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิ และอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณกาบ้า แต่ปริมาณวิตามินบี 1 ลดลงเมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้น อุณหภูมิในการเกิดเจล และความหนืดของแป้ง ข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์ที่ได้จากทุกสภาวะการทดลองมีค่าลดลง และเมื่อใช้อัตราส่วนของแป้งต่อน้ำทุกระดับ ที่ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 80°C และ 100°C พบการเกิดเจลของแป้งมีค่าต่ำที่สุด (ที่อุณหภูมิ 50°C) อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิในการพรีเจลาติไนเซชั่นเพิ่มขึ้น ค่าการพองตัวมีค่าสูงขึ้น สำหรับการละลายของแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์พบว่าแป้งมีการละลายสูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิ 60 °C และอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:1

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก แป้งพรีเจล เอกซ์ทรูชั่น วิตามินบี 1 กาบ้า

Introduction

After brown rice is soaked in water and root is protuberance for 1-2 millimeters, this rice is called germinated brown rice (GBR). During the process of being germinated, endosperm is softened and enzymes are activated, nutrients in the brown rice change markedly (Shoichi and Ishikawa, 2004). In germinated brown rice, protein, dietary fiber, γ-aminobutyric acid (GABA), γ-oryzanol, inositols, tocotrienols, vitamin B_1, magnesium, potassium and zinc are increased and phytic acid, which is an antinutrient substance, is decreased (Watchraparpaiboon, 2007). The GBR is considered as a functional food. Consuming germinated brown rice gives benefits to health i.e. preventing headache, Alzheimer's disease, heart disease and colon

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนน ราชวิถี แขวง/ตำบล ทุ่งพญาไท เขต/อำเภอ ราชเทวี จังหวัด กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10400

[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi RD., Ratchathewi District, Bangkok 10400

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

cancer (Mamiya *et al*., 2004). Not only the chemical properties of germinated brown rice are changed, in the germination process, enzymes are activated, α-amylase is an important enzyme that affects amylose content. It causes reduction of amylose content in germinated brown rice, resulting in loss of viscosity (Jiamyangyuen and Ooraikul, 2008). With all these changes, physical properties of flour are altered. However, the gelatinization temperature of flour is not low enough to make the flour soluble in cold water. Pregelatinization is a process which suspensions of flour or starch and water are cooked and dried to give products that disperse readily in cold water and form moderately stable suspensions (Mason, 2009). Extrusion is a process that can cause gelatinization of starch and also one of a high temperature short time (HTST) process which is considered preferable in terms of nutrients retention. Thus this study aims to evaluate the physico-chemical properties of pregelatinized flour of germinated brown rice cv. KDML 105.

Materials and Methods

'KDML' 105 brown rice was 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 of rice was long for 0.5-1 mm. Germinated brown rice was dried at 55°C for 10 hrs, 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 mixtures were heated at the temperature of 60, 80 and 100°C. The influence of flour: water ratio and temperature in pregelatinization process on physico-chemical properties of pregelatinized germinated brown rice flour was investigated. Vitamin B1 and GABA were analyzed according Liu *et al*. (2002) and Kitaoka and Nakano (1969). Pasting properties were determined by using RVA. Swelling power and solubility were determined by the method of Schoch (124) and Unnikrishnan and Bhattacharya (125).

Results and Discussion

GABA content in germinated brown rice and pregelatinized flour was 19.54 and 19.13 to 19.93 mg/100 g (dry basis). GABA content of pregelatinized flour from all conditions was not difference from the unprocessed germinated brown rice flour (Figure 1). This result was similar to the study of Ohtsubo *et al*. (2005), who reported that the GABA content of extruded germinated brown rice by twin screw extruder at 150 °C was not decreased, compared to unprocessed germinated brown rice. Hayakawa *et al*. (2004) pointed out that GABA can withstand temperature exceed than 135°C. In this study the temperature was between 60-100°C, which was lower than previous reports, thus GABA was not destroyed. Vitamin B1 content in germinated brown rice and pregelatinized flour was 0.6448 and 0.5123 to 0.6497 mg/100 g (dry basis). Increasing the temperature caused losing the vitamin B1 content. Vitamin B1 content in pregelatinized flour produced at 60°C was similar to the unprocessed flour but when the temperature was increased to 80 and 100°C, the vitamin b1 was decreased. Highest reduction was found in pregelatinized flour produced at 100°C (Figure 2). In this study, water content of flour had no effect on the reduction of vitamin B1. Even though the extrusion is a high temperature short time (HTST) processing, but vitamin B1 is one of the most unstable B vitamins, the temperature of 70°C can destroy this vitamin (Asadullah *et al*., 2010). Pasting temperature of pregelatinized flour was decreased apparently. At 80 and 100°C, pasting temperature was reduced to 50°C which was lowest. Peak viscosity and final viscosity of pregelatinized flour also decreased (Figure 3, 4 and 5). This is due to the fact that when starch granule was heated with water, swelling, granule rupture, crystallinity loss and amylose leaching were occurred, and thus pregelatinized flour could absorb water and raise viscosity instantly. Consequently, when the pregelatinized flour was reheated, it caused a decrease in paste viscosity (Musiliu and Oludele, 2009). The pregelatinized starches showed higher swelling ability and percentage of solubility than the unprocessed starches (Figure 6 and 7). This effect is due to disruption of the starch granule

during pregelatinization (Chinnasarn and Manyasi, 2010). In this study increasing the temperature and water during pregelatinization caused higher swelling ability due to high temperature caused destruction of hydrogen bond and moisture content acts as a plasticizer, which reduces the degradation of starch granules, leads to an increased capacity for water absorption therefore the flour had high swelling ability (Hagenimana *et al*., 2005). Percentage solubility was highest when the lowest temperature (60°C) and highest moisture content (1:1 flour: water ratio) was used. This indicated that the starch granule of pregelatinized flour in this condition had greatest degradation. This outcome was in agreement with Rolfe *et al*. (2001) who reported that higher barrel temperature diminished solubility.

Summary

Pregelatinization by extrusion had no effect on GABA content. Vitamin B1 content was decreased with the increasing of temperature. Pregelatinization caused decrease pasting temperature and viscosity. The pasting temperature of pregelatinized flour (at 50ºC) was lowest when barrel temperature was controlled at 80ºC or 100ºC of all flour: water ratio. Swelling power was increased when the barrel temperature increased. Pregelatinized flour produced from 1:1 flour: water at 60ºC had highest solubility.

Literature cited

Asadullah, K., Omer, M.T., Syed, A.A., Khalid, J. and Askari, B., 2010, Study to Evaluate the Impact of Heat Treatment on Water Soluble Vitamins in Milk, Journal Pakistan Medical Association, 60(11): 909-912.

Chinnasarn, S. and Manyasi, R., 2010, Chemical and Physical Properties of Taro Flour and the Application of Restructured Taro Strip Product, World Applied Science Journal, 9(6): 600-604.

Hagenimana, A, Ding, X. and Fang, T., 2006, Evaluation of Rice Flour Modified by Extrusion Cooking, Journal of Cereal Science, 43: 38–46.

Hayakawa, K., Kimura, M., Kasaha, K., Matsumoto, K., Sansawa, H. and Yamori, Y., 2004, Effect of a Gamma-aminobutyric acid-enriched Dairy Product on the Blood Pressure of Spontaneously Hypertensive and Normotensive Wistar-Kyoto Rats, British Journal of Nutrition, 92(3):411-417.

Jiamyangyuen, S. and Ooraikul, B., 2008, The Physico-chemical, Eating and Sensorial Properties of Germinated Brown Rice, Agriculture and Environment, 6(2): 119 -124.

Mason, W.R., 2009, Starch Use in Foods, In: BeMiller JN, Whistler RL, editor. Starch: Chemistry and Technology, 3rd ed, New York: Academic Press, p. 746-795.

Musiliu, O.A. and Oludele, A.I., 2009, Material Properties and Compaction Characteristics of Natural and Pregelatinized Forms of Four Starches, Carbohydrate Polymers, 79(4):818-824.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T., 2005, Bio-functional Components in the Processed Pre-germinated Brown Rice by a Twin-screw Extruder, Journal of Food Composition and Analysis, 8: 303-306.

Rolfe, J.B., Kadan, R.S., Champagne, B.T. and Boykin, D., 2001, Functional and Digestive Characteristics of Extruded Rice Flour, Cereal Chemistry, 78(2):131–137.

Shoichi, I. and Ishikawa, Y., 2004, editors, Marketing of Value-added Rice Products in Japan: Germinated Brown Rice and Rice Bread, FAO rice conference; 2004 Feb 12-13; Rome, Italy.

Watchraparpaiboon, W., 2007, Development of High Nutritional Product of Germinated Brown Rice (Dissertation), King mongkut's university of technology thonburi, 107p.

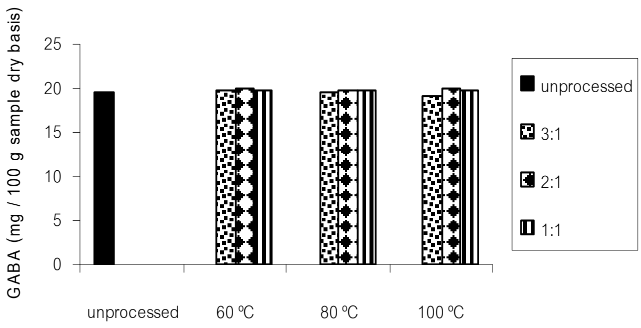


Figure 1 GABA contents of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

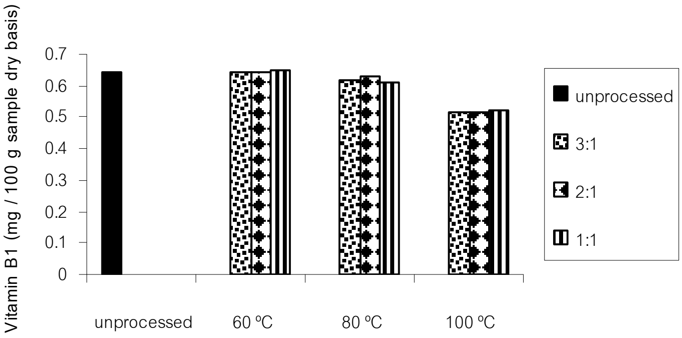


Figure 2 Vitamin B1 contents of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

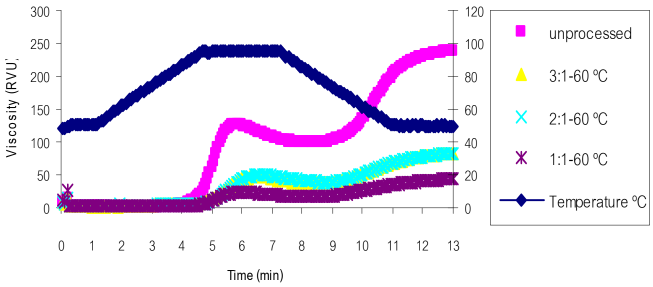


Figure 3 Pasting characteristics contents of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours at 60 °C.

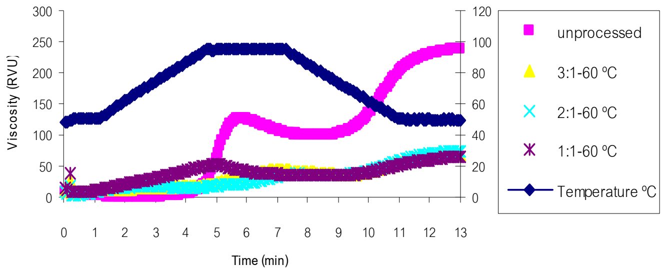


Figure 4 Pasting characteristics contents of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours at 80 °C.

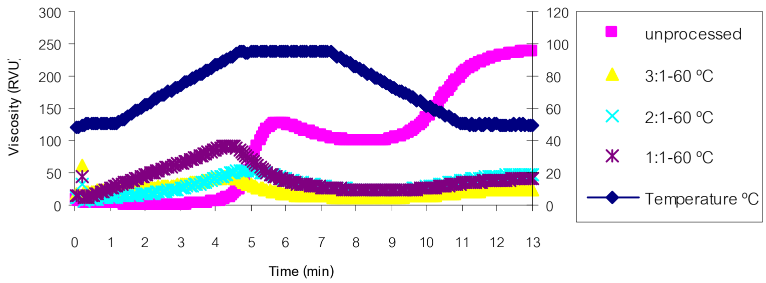


Figure 5 Pasting characteristics contents of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours at 100 °C.

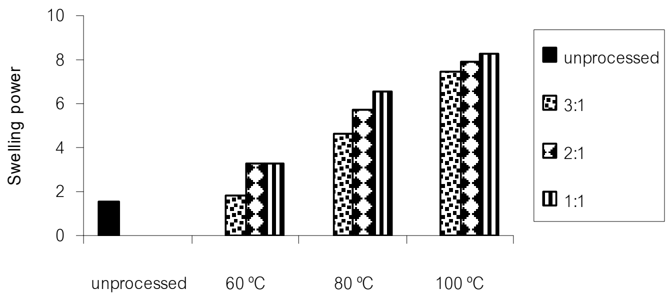


Figure 6 Swelling power of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

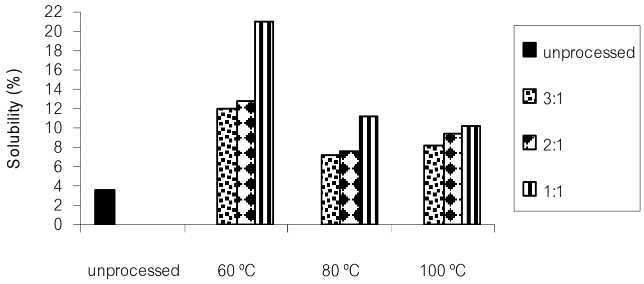


Figure 7 Solubility of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

สาร resveratrol, catechin, epicatechin และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดองุ่นพันธุ์ป๊อกดำ

Rerveratrol, Catechin, Epicatechin and Antioxidant Activity from 'Pokdum' Grape Extracts

ธีระพงษ์ ขันทเจริญ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Khunthajaroen, Th.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Quantitative analysis of resveratrol, catechin, epicatechin and antioxidant activity from seed and peel extract of 'Pokdum' grape was examined. Extraction procedures were solvent extraction with water, ethanol or petroleum ether. The highest total phenolic was found from ethanolic extract for 24 hr of seed which was 116.40 mg GAE/g DW. High-performance liquid chromatography (HPLC) was used to analyze and identified the phenolics; resveratrol, catechin and epicatechin. Result showed that ethanolic seed extract for 24 hr has provided the highest resveratrol, catechin and epicatechin content which was 268.31 µg/g DW, 454.62 mg/100g DW and 250.89 mg/100g DW, respectively. Antioxidant activity tested by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) or 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) assay showed that the activity of seed extract was greater than peel extract. The highest antioxidant activity of both assay was found from ethnolic seed extract for 24 hr.

Keywords: phenolic compound, resveratrol, catechin, epicatechin

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ปริมาณ resveratrol, catechin, epicatechin และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ดและเปลือกองุ่นพันธุ์ป๊อกดำ ซึ่งสกัดด้วยตัวทำละลายคือ น้ำ เอทานอล และปิโตรเรียมอีเทอร์ นำสารสกัดมาวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิคพบว่า เมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลนาน 24 ชั่วโมงมีปริมาณสูงสุดคือ 116.40 mg GAE/g DW ปริมาณ resveratrol, catechin และ epicatechin วิเคราะห์โดยใช้ High-performance liquid chromatography (HPLC) พบว่า ปริมาณ resveratrol สูงสุดในสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลนาน 24 ชั่วโมง คือ 268.31 µg/g DW ปริมาณ catechin และ epicatechin มีปริมาณสูงสุดในสารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลนาน 24 ชั่วโมง คือ 454.62 และ 250.89 mg/100g DW ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระใช้วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) พบว่า สารสกัดจากเมล็ดมีประสิทธิภาพสูงกว่าเปลือก และเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลนาน 24 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพสูงสุดทั้ง 2 วิธี

คำสำคัญ: สารประกอบฟีนอลิค resveratrol catechin epicatechin

คำนำ

สาร resveratrol, catechin และ epicatechin เป็นสารในกลุ่มฟีนอลิค พบปริมาณสูงในองุ่นโดยเฉพาะในส่วนเปลือกและเมล็ด และพบว่าสารเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีรายงานว่าสามารถยับยั้งเซล์มะเร็ง เนื้องอก และ Leukemia cell ได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดความเสี่ยงจากโรคบางชนิดได้เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และไขมันอุดตันในเส้นเลือด เป็นต้น (Malovana และคณะ, 2001) จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้หลายประเทศนิยมนำสาร resveratrol, catechin และ epicatechin มาทำเป็นอาหารเสริม และเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง รวมถึงในประเทศไทยด้วย เนื่องจากต้องนำเข้าสารทั้ง 3 ชนิดนี้ซึ่งมีราคาสูงจึงได้ศึกษาปริมาณของสาร resveratrol, catechin และ epicatechin ในองุ่นที่ปลูกในประเทศไทย โดยองุ่นพันธุ์ป๊อกดำเป็นองุ่นแดงที่ปลูกมากในประเทศไทยเนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดราชบุรีและนครปฐม นิยมนำองุ่นพันธุ์นี้มารับประทานผลสด และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเช่น ผลิตไวน์ น้ำคั้น แยม และกวนเป็นไส้ขนม ในกระบวนการแปรรูปจะเหลือเมล็ดและเปลือกเป็นสิ่งเหลือทิ้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาปริมาณ resveratrol, catechin, epicatechin และประสิทธิภาพการต้าน

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

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

อนุมูลอิสระจากสารสกัดเมล็ดและเปลือกขององุ่นพันธุ์ป๊อกดำ เพื่อเป็นข้อมูลในการส่งเสริมให้มีการนำเมล็ดและเปลือกขององุ่นพันธุ์ป๊อกดำที่เหลือทิ้งจากประบวนการแปรรูปมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มากขึ้น และช่วยลดการนำเข้าสารที่มีราคาแพง ตลอดจนทำให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้นด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

เปลือกและเมล็ดขององุ่นพันธุ์ป๊อกดำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 40°C จนตัวอย่างมีความชื้นประมาณ 8 – 10% แล้วนำตัวอย่างแห้งมาบดให้ได้ขนาด 60 mesh จากนั้นชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 1 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลายได้แก่ น้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยแปรเวลาคือ 1, 12 และ 24 ชั่วโมง ส่วนน้ำแปรอุณหภูมิคือ 30, 40 และ 50°C แล้วนำสารสกักที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคโดยใช้วิธี Folin–Ciocalteau ตามวิธีของ Singleton และคณะ (1965) วิเคราะห์สาร resveratrol, catechin, epicatechin ด้วย HPLC คอลัมน์ที่ใช้ Agilent Eclipse XDB-C18 reverse phase (4.6 mm x 150 mm, 5μm) วิเคราะห์สาร resveratrol มี mobile phase 2 ชนิด โดย mobile phase A คือ glacial acetic acid in water 52.6:900 (v/v) และ mobile phase B คือ 20% phase A และ 80% acetonitrile (ACN) flow rate 0.5 ml/min นาน 40นาที ใช้ตัวอย่างปริมาณ 100 μL ใช้ UV-visible diode-array ความยาวคลื่น 306 nm วิเคราะห์ปริมาณเทียบกับกราฟมาตรฐานเรสเวอราทรอลวิเคราะห์สาร catechin และ epicatechin มี mobile phase 2 ชนิด โดย mobile phase A คือ 0.05 M phosphoric acid และ mobile phase B ใช้ acetonitrile (ACN) และใช้สัดส่วนของ A: B เท่ากับ 87:13 (โดยปริมาตร) ใช้ flow rate เท่ากับ 0.5 mL/min นาน 40 นาที โดยฉีดตัวอย่างในปริมาณ เท่ากับ 20 μL ซึ่งในการวิเคราะห์ใช้ UV-visible diode-array ความยาวคลื่น 231 nm และวิเคราะห์ปริมาณเทียบกับสาร standard วิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระใช้ 2 วิธีคือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) โดยวิธี DPPH ใช้สารตัวอย่าง 50 μL กับสารละลาย DPPH (0.1 mM) 4 mL ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ส่วนวิธี ABTS ใช้สารตัวอย่าง 50 μL กับสารละลาย ABTS 4 mL ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ การคำนวนประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัดเปลือกและเมล็ดองุ่นพันธุ์ป๊อกดำด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดพบว่าสารสกัดจากเมล็ดมีปริมาณฟีนอลิคสูงกว่าสารสกัดจากเปลือก โดยการสกัดเมล็ดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้สารสกัดที่มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงที่สุดมีปริมาณเท่ากับ 116.40 mg GAE/g DW เช่นเดียวกับปริมาณ resveratrol, catechin และ epicatechin มีปริมาณสูงสุดเมื่อสกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเท่ากับ 268.31 μg/g DW, 454.62 mg/100g DW และ 250.89 mg/100g DW ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสารปริมาณฟีนอลิค resveratrol, catechin และ epicatechin ในสารสกัดเมล็ดที่สกัดเป็นระยะเวลา 12 และ 1 ชั่วโมง มีปริมาณลดลงตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bao และคณะ (2005) ที่สกัด Chinese Bayberry ด้วย methanol พบว่าได้สารสกัดที่มีปริมาณฟีนอลิคสูงที่สุดเมื่อสกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์สารสกัดจากเมล็ดและเปลือกมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดต่ำกว่า 0.01 mg GAE/g DW โดยปริมาณ resveratrol, catechin และ epicatechin ให้ผลในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก ฟีนอลิคเป็น benzene ring ที่มีหมู่ OH จึงมีคุณสมบัติมีขั้ว ทำให้สามารถละลายได้ดีในเอทานอลและน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูง ส่วนปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำมากจึงมีความสามารถในการละลายสารฟีนอลิคได้ไม่ดี (Vatai และคณะ, 2009) (Table 1) การสกัดเมล็ดและเปลือกด้วยน้ำอุณหภูมิ 30, 40 และ 50°C พบว่าปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด resveratrol, catechin และ epicatechin ให้ผลทำนองเดียวกันคือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำเป็น 40 และ 50°C ได้ปริมาณสารดังกล่าวเพิ่มขึ้น และเมื่อสกัดเป็นระยะเวลานานขึ้น (12 และ 24 ชั่วโมง) มีแนวโน้มปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด resveratrol, catechin และ epicatechin ลดลงตามลำดับอาจเนื่องจากการสกัดด้วยน้ำเป็นเวลานานทำให้ฟีนอลิคไปจับกับโปรตีนและตกตะกอน หรือสารฟีนอลิคบางชนิดอาจจับกันอยู่ในรูปแบบ Condensed เช่น catechin และ epicatechin ทำให้ไม่ละลายน้ำ (Huang และคณะ, 2005; Min และคณะ, 2003) (Table 2) อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ดและเปลือกด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแปรผันตามปริมาณฟีนอลิคโดยการสกัดด้วยเอทานอลได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำและ

ปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งสารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดทั้งวิธี DPPH และ ABTS โดยมีค่าเท่ากับ 54.58 และ 45.33 mM TE/g DW เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิคมีหมู่ OH ที่โครงสร้างของ benzene ring จึงสามารถให้อิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระได้ ทั้งนี้ขึ้นกับขนาด และจำนวนหมู่ OH ในโครงสร้างโมเลกุล (โอภา, 2549) (Table 1 และ 2)

สรุปผล

เมล็ดองุ่นพันธุ์ป๊อกดำมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด resveratrol, catechin และ epicatechin สูงกว่าเปลือก ซึ่งการสกัดด้วยเอทานอลได้สารสกัดที่มีปริมารสารดังกล่าวสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำและปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด resveratrol, catechin, epicatechin และประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. – อุตสาหกรรม (MAG Window I) และโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา บุณยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, 2550, สารต้านอนุมูลอิสระ, พี.เอส.พริ้นท์, กรุงเทพฯ

Bao, J., Cai, Y., Sun, M., Wang, G. and Corke, H., 2005, Anthocyanins, Flavonols, and Free Radical Scavenging Activity of Chinese Bayberry (Myrica rubra) Extracts and Their Color Properties and Stability, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 2327-2332.

Huang, X.M., Huang, H.B. and Wang, H.C., 2005, Cell Walls of Loosening Skin in Post-Veraison Grape Berries Lose Structural Polysaccharides and Calcium While Accumulate Structural Proteins, Scientia Horticulturae, 104: 249–263.

Malovana, S., Garcia Montelongo, F.J., Perez, J.P. and Rodriguez-Delgado, M.A., 2001, Optimisation of Sample Preparation for the Determination of *Trans*-Resveratrol and Other Polyphenolic Compounds in Wines by High Performance Liquid Chromatography, Analytica Chimica Acta, 428: 245–253.

Min, B.R., Barry, T.N., Attwood, G.T. and Mcnabb, W.C., 2003, The Effect of Condensed Tannins on the Nutrition and Health of Ruminants Fed Fresh Temperate Forages: A Review, Animal Feed Science and Technology, 106: 3–19.

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

Vatai, T., Skerget, M. and Knez, Z., 2009, Extraction of Phenolic Compounds From Elder Berry and Different Grape Marc Varieties Using Organic Solvents and/or Supercritical Carbon Dioxide, Journal of Food Engineering, 90: 246–254

Table 1 total phenolic, resveratrol, catechin, epicatechin and antioxidant capacity content in seed and peel of Pok Dum grape extracted with water, ethanol and petroleum ether for 1, 12 and 24 hrs

part	solvent	Time (hrs)	phenolic (mg GAE/g DW)	resveratrol (μg/g DW)	catechin (mg/100g DW)	epicatechin (mg/100g DW)	DPPH (mM TE/g DW)	ABTS (mM TE/g DW)
seed	water	1	79.61^{d}	211.53^{c}	244.93^{c}	150.77^{c}	44.15^{c}	34.56^{d}
		12	77.95^{d}	214.51^{c}	245.56^{c}	154.45^{c}	40.27^{d}	32.63^{e}
		24	67.42^{e}	204.92^{c}	228.80^{d}	141.08^{d}	33.6^{e}	31.01^{f}
	ethanol	1	104.76^{c}	214.07^{c}	350.18^{b}	224.71^{b}	52.57^{b}	42.34^{c}
		12	112.41^{b}	248.40^{b}	453.37^{a}	250.02^{a}	$53.40a^{b}$	44.48^{b}
		24	116.40^{a}	268.31^{a}	454.62^{a}	250.89^{a}	54.58^{a}	45.33^{a}
	petroleum ether	1	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$
		12	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$
		24	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$
peel	water	1	12.39^{f}	185.77^{e}	46.91^{f}	26.17^{g}	2.37^{f}	1.06^{g}
		12	11.43^{fg}	182.20^{e}	58.08^{e}	30.50^{f}	2.18^{f}	1.04^{g}
		24	9.64^{gh}	130.90^{f}	43.75^{f}	25.05^{g}	1.90^{f}	1.00^{g}
	ethanol	1	5.92^{j}	179.03^{e}	48.22^{f}	32.23^{f}	1.21^{f}	0.97^{g}
		12	7.25^{ij}	193.45^{d}	61.83^{e}	45.11^{e}	1.49^{f}	1.16^{g}
		24	8.27^{hi}	204.50^{d}	64.45^{e}	45.83^{e}	1.58^{f}	1.23^{g}
	petroleum ether	1	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$
		12	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$
		24	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$	$< 0.01^{*}$
F-test			**	**	**	**	**	**
cv(%)			2.12	3.18	2.48	2.12	3.56	2.18
LSD			2.08	10.86	8.01	4.09	1.45	0.72

*Not analysis

** Different letters are significantly different ($p \leq 0.01$)

Table 2 total phenolic, resveratrol, catechin, epicatechin and antioxidant capacity content in seed and peel of Pok Dum grape extracted with water at 30, 40 and 50°C for 1, 12 and 24 hrs

part	Time (hrs)	temp(°C)	phenolic (mg GAE/g DW)	resveratrol (mg/g DW)	catechin (mg/100g DW)	epicatechin (mg/100g DW)	DPPH (mM TE/g DW)	ABTS (mM TE/g DW)
seed	1	30	79.62^{c}	211.53^{c}	244.93^{c}	150.77^{e}	44.15^{abc}	34.56^{c}
		40	86.90^{a}	243.32^{a}	270.87^{a}	171.39^{b}	47.05^{a}	37.36^{a}
		50	$84.79a^{b}$	197.41^{de}	270.74^{a}	173.72^{ab}	45.39^{a}	35.33^{b}
	12	30	77.95^{c}	214.51^{c}	245.56^{c}	154.45^{de}	40.27^{c}	32.63^{d}
		40	82.61^{b}	234.00^{ab}	270.35^{a}	176.15^{a}	44.38^{ab}	33.23^{d}
		50	74.18^{d}	206.51^{cd}	258.29^{b}	176.07^{a}	40.55^{bc}	31.91^{e}
	24	30	67.42^{e}	204.92^{cd}	228.80^{d}	141.08^{f}	33.62^{d}	31.01^{f}
		40	75.40^{d}	226.09^{b}	231.96^{d}	159.54^{c}	35.33^{d}	31.44^{ef}
		50	67.75^{e}	199.72d	229.41^{d}	$156.07c^{d}$	34.06^{d}	29.60^{g}
peel	1	30	12.39^{f}	180.77fg	46.91^{gh}	26.17^{k}	2.37^{e}	1.06^{h}
		40	13.10^{f}	198.29d	60.18^{e}	39.89^{gh}	2.55^{e}	1.14^{h}
		50	12.39^{f}	177.81fg	61.74^{e}	40.43^{g}	2.51^{e}	1.10^{h}
	12	30	11.43^{fg}	182.20fg	58.08^{ef}	30.50^{j}	2.18^{e}	1.04^{h}
		40	12.21^{f}	187.20ef	63.7^{1e}	43.50^{g}	2.32^{e}	1.10^{h}
		50	13.04^{f}	172.57g	62.73^{e}	42.72^{g}	2.60^{e}	1.07^{h}
	24	30	9.64^{g}	130.90i	43.75^{h}	25.05^{k}	1.90^{e}	1.00^{h}
		40	12.18^{f}	156.56h	51.88^{fg}	36.10^{hi}	2.39^{e}	1.09^{h}
		50	11.88^{f}	105.78j	48.86^{gh}	33.71^{ij}	2.38^{e}	1.01^{h}
F-test			**	**	**	**	**	**
cv(%)			3.01	3.01	3.06	2.36	11.27	2.39
LSD			2.23	2.23	7.75	3.86	4.00	0.68

** Different letters are significantly different ($p \leq 0.01$)

การป้องกันน้ำมันและออกซิเจนของฟิล์มบริโภคได้ผลิตจากแป้งผสมโปรตีน

Oil and Oxygen Barriers of Edible Starch Film Mixed with Protein

กษิดิศ อิ่มประไพ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

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

Abstract

This study aimed to investigate the effect of protein; soy protein isolate and corn zein at 0, 2.5 and 5%, on oil and oxygen barriers in cassava starch or rice starch edible film. It was found that protein could improve properties of edible film such as increase elongation, decrease solubility and barrier against oil and oxygen. The control edible cassava starch had oil migration at 2.80 g/m^2/day when mixed with 5% soy protein isolated decreased to 1.93 g/m^2/day. And edible rice starch had oxygen transmission rate at 1.14 g/cm^2/hr when mixed with 5% corn zein decreased to 0.01 g/cm^2/hr.

Keywords: edible film, protein, oil migration, oxygen transmission rate

บทคัดย่อ

การป้องกันน้ำมันและออกซิเจนของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังหรือแป้งข้าวเจ้า ผสมโปรตีน soy protein isolated และ corn zein ความเข้มข้น 0, 2.5 และ 5% พบว่าการเติมโปรตีนลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ฟิล์มมีการยืดตัวสูงขึ้น การละลายน้ำลดลง และสามารถป้องกันน้ำมันและออกซิเจนได้ดีขึ้น โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง control มีการซึมผ่านน้ำมัน เท่ากับ 2.80 g/m^2/day แต่เมื่อเติม soy protein isolated ความเข้มข้น 5% ค่าการซึมผ่านน้ำมันลดลงเหลือ 1.93 g/m^2/day และฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีอัตราการซึมผ่านออกซิเจน เท่ากับ 1.14 g/cm^2/hr เมื่อเติม corn zein ความเข้มข้น 5% มีอัตราการซึมผ่านออกซิเจนเหลือ 0.01 g/cm^2/hr

คำสำคัญ: ฟิล์มบริโภคได้ โปรตีน การซึมผ่านน้ำมัน อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน

คำนำ

ในปัจจุบันได้มีวิวัฒนาในการบรรจุผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้ปกป้อง บรรจุ อำนวยคามสะดวกและสื่อสารกับผู้บริโภค อย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การใช้วัสดุจากธรรมชาติ เช่นส่วนประกอบต่างๆของพืช เช่น ใบไม้ เปลือกไม้ กระบอกไม้ เป็นต้น ต่อมามนุษย์ได้คิดค้นภาชนะบรรจุด้วยการดัดแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุธรรมชาติให้มีรูปร่างและหน้าที่ใช้สอยเพิ่มขึ้นตามสภาพการเรียนรู้และการค้นพบวัสดุในแต่ละยุค เกิดเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ กระดาษ พลาสติก แก้ว และโลหะ เป็นต้น นิยมนำมาผลิตและใช้ในรูปแบบของถุง ซอง กล่อง ขวด กระป๋อง (Hui และคณะ, 2002) รวมถึงฟิล์มต่างๆ แต่สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีคุณสมบัติในการลดสาเหตุต่างๆที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสีย รักษาคุณภาพของอาหาร และยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารให้นานที่สุด ซึ่งหนึ่งในสาเหตุเหล่านั้น คือน้ำมันและออกซิเจนที่ส่งผลเสียต่อผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภทโดยสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ในรูปแบบของ rancidity เนื่องจากบริเวณพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศและสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้เกิดเป็น peroxide linkage ขึ้นและเกิดต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ที่เรียกว่ากลิ่นหืน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียคุณภาพ อายุการเก็บรักษาลดลง และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Fratamico และ Bayles, 2005) ดังนั้นการลดสาเหตุดังกล่าวจึงควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำมันและออกซิเจนได้ ซึ่งมีบรรจุภัณฑ์จากการสังเคราะห์มากมายที่มีคุณสมบัติดังกล่าว แต่บรรจุภัณฑ์จากการสังเคราะห์มี ต้นทุนในการผลิตสูง ย่อยสลายได้ยากและใช้เวลานานจึงส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จากรายงานทางสถิติพบว่าทั่วโลกมีขยะที่มาจากบรรจุภัณฑ์พลาสติก โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์อาหารมากกว่า 20,000 ล้านตัน โดยเฉพาะในประเทศไทยมีถึง 15 ล้านตันต่อวันมีเพียง 12% ที่สามารถนำไปใช้ซ้ำ (reuse) หรือนำกลับไปใช้ใหม่ (recycle) ที่เหลือจะต้องนำไปเผาหรือฝังกลบซึ่งส่งผลเสียต่อ

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

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

สิ่งแวดล้อม (Alves และคณะ, 2007) ดังนั้นการหาบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ อีกทั้งยังผลิตมาจากวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ในปัจจุบันจึงได้มีแนวทางใหม่ในการใช้ฟิล์มบริโภคได้มาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภทเพื่อลดสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสีย และยืดอายุการเก็บรักษา เช่น ฟิล์มโปรตีนและพอลิแซคคาไรด์เป็นฟิล์มที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ต่ำ มีการศึกษาฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าพบว่ามีคุณสมบัติป้องกันออกซิเจนได้ดี (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) ฟิล์มบริโภคได้จากเคซีนมีคุณสมบัติทนต่อแรงยืดและการยืดตัวสูงแต่ป้องกันการซึมผ่านไอน้ำต่ำ (Mauer และคณะ, 2000) และมีรายงานพบว่าการใช้ corn zein, soy protein และ whey protein สามารถผลิตฟิล์มบริโภคได้ที่มีคุณสมบัติป้องกันออกซิเจนได้ (Cho และคณะ, 2010; Ghanbarzadeh และ Oromichi, 2008)โดยฟิล์มบริโภคได้มีข้อดีที่เหนือกว่าฟิล์มพลาสติก คือ สามารถบริโภคได้พร้อมกับอาหาร สามารถย่อยสลายได้ และยังมีคุณสมบัติในการป้องกันก๊าซ และสารละลาย งานวิจัยนี้จึงทำการทดลองฟิล์มบริโภคโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบหลัก (Martin และคณะ, 2001) ผสมกับไคโตแซน (chitosan) ในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งไคโตแซนเป็นโพลิแซคคาไรด์จากไคติน (chitin) มีโครงสร้างประกอบด้วย 2-amino-2-deoxy-β-D-glucopyranose เรียงตัวหลายโมเลกุล และยังมีสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ (Khan และ คณะ, 2000; No และคณะ, 2001) และสมบัติในการซึมผ่านไอน้ำที่ต่ำ (Butler และคณะ, 1996) และทดสอบการเสริมประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำมันและออกซิเจนด้วยองค์ประกอบประเภทโปรตีน ได้แก่ โปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein) และโปรตีนจากข้าวโพด (corn zein) ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันในฟิล์มบริโภคได้จากแป้งผสมโปรตีนถั่วเหลืองและข้าวโพด

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% โดยละลายไคโตซานร้อยละ 1 ในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% และเตรียมฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังหรือแป้งข้าวเจ้า และสารละลายไคโตซาน โดยนำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (5 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร) ต้มแป้งจนสุกด้วย hot plate กวนให้เข้ากันจนสารละลายเหนียวและข้นหนืด หลังจากนั้นนำไปผสมกับสารละลายไคโตซานที่เตรียมไว้อัตราส่วน 1:1 แล้วเติมโปรตีน 2 ชนิด ได้แก่ soy protein และ corn zein ความเข้มข้นร้อยละ 0, 2.5 และ 5 เติมพลาสติไซเซอร์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ผสมให้เข้ากัน เทสารละลายลงบนแม่พิมพ์ และนำไปทำแห้งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 65°C นาน 12 ชั่วโมง นำฟิล์มมาวิเคราะห์สมบัติทางกล-กายภาพ ได้แก่ การซึมผ่านน้ำมัน (oil migration) อัตราการซึมผ่านออกซิเจน (oxygen transmisstion rate) ความใส (opacity) อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) (ASTM E96-80, 1965) และการละลาย (solubility) (AACC method 56-20) วางแผนการทดลองแบบ 2×3 factorial in RCBD (randomized complete block design) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS Program

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลัง และจากแป้งข้าวเจ้าพบว่า ฟิล์มทั้งสองชนิดมีลักษณะปรากฏที่ต่างกัน (Figure.1)คุณสมบัติทางกลและกายภาพ ได้แก่ การซึมผ่านน้ำมัน ความใส และการละลายน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยพบว่า แป้งมันสำปะหลังสามารถผลิตฟิล์มที่ใส ต่างจากฟิล์มจากแป้งข้าวเจ้าที่มีความขุ่น เนื่องจากขนาดโมเลกุลของเม็ดแป้ง ซึ่งแป้งมันสำปะหลังมีขนาดใหญ่กว่าแป้งข้าวเจ้าและองค์ประกอบในแป้ง เช่นน้ำตาลและโปรตีน ซึ่งส่งผลต่อความขุ่นของเจลแป้ง (วรรณา, 2549) การละลายน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าดีกว่าฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของโครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดแป้ง (กล้าณรงค์, 2546) นอกจากนี้ยังพบว่าฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังสามารถป้องกันการซึมผ่านไอน้ำและน้ำมันสูงกว่าฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้า ส่วนการซึมผ่านออกซิเจนพบว่าฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้านั้นมีอัตราการซึมผ่านออกซิเจนที่ต่ำกว่า เนื่องจากเกิดการเชื่อมต่อและสร้างพันธะจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล พลาสติไซเซอร์กับสายพอลิเมอร์ของแป้งที่อยู่ใกล้เคียงกันเกิดเป็นโครงสร้างของโมเลกุลที่ป้องกันออกซิเจนได้ (ปนัดดา, 2450; Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) และเมื่อเติม soy protein และ corn zein ส่งผลให้ฟิล์มแป้งสามารถละลายน้ำได้สูงขึ้น แต่มีการซึมผ่านไอน้ำต่ำลง เนื่องจากองค์ประกอบโปรตีนสามารถแทรกตัวและสร้างพันธะกับโมเลกุลของแป้ง ทำให้พันธะไฮโดรเจนเดิมนั้นอ่อนแอลงลง ฟิล์มแป้งจึงมีการละลายน้ำสูงขึ้นและอัตราการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้น (วรรณา, 2549; Cho

และคณะ, 2010) โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง มีค่าการละลาย 8.08% เมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองและโปรตีนจากข้าวโพดที่ความเข้มข้น 5% การละลายน้ำเพิ่มขึ้น 26.34 และ 16.96 % ตามลำดับ และในฟิล์มแป้งข้าวเจ้า มีค่าการซึมผ่านไอน้ำ 78.20 g/m^2/day และเมื่อเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 5% มีการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 95.20 g/m^2/day และการเติมโปรตีนถั่วเหลืองความเข้มข้น 5% ส่งผลให้ฟิล์มแป้งสามารถป้องกันน้ำมันได้สูงสุด เนื่องจากองค์ประกอบในโปรตีนถั่วเหลือง มีกรดอะมิโนที่มีประจุเป็นส่วนใหญ่ จึงเพิ่มคุณสมบัติความเป็น hydrophilic ในฟิล์มแป้ง จึงป้องกันน้ำมันได้ดีขึ้น (Gennadios และคณะ, 1994; Miller และคณะ, 1997) โดยการป้องกันน้ำมันในฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังลดลงจาก 2.47 เหลือ 1.93 g/m^2/day ส่วนการเติม corn zein สามารถเพิ่มการป้องกันออกซิเจนในฟิล์มแป้งได้ โดยในฟิล์มแป้งข้าวเจ้าการป้องกันน้ำมันลดลงจาก 1.14 เหลือ 0.01 g/cm^2.hr

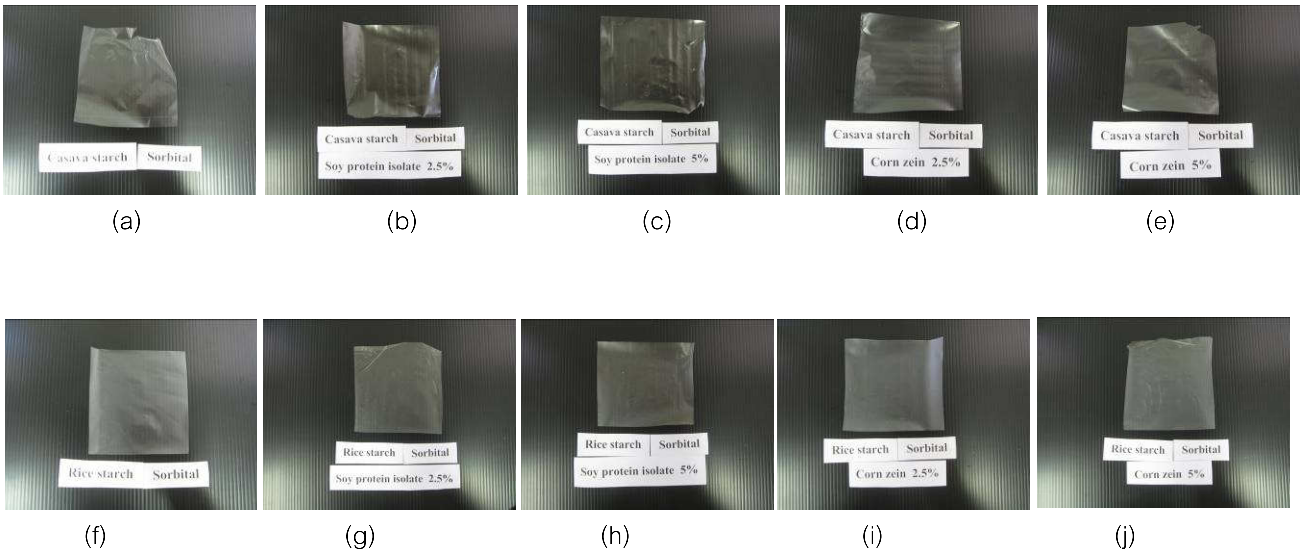


Figure 1 Appearance of starch film (a) cassava (control), (b) cassava added 2.5% soy protein, (c) cassava added 5% soy protein, (d) cassava added 2.5% corn zein , (e) cassava added 5% corn zein,(f) rice (control), (g) rice added 2.5% soy protein, (h) rice added 5% soy protein, (i) rice added 2.5% corn zein, (j) rice added 5% corn zein

สรุปผล

การเติมโปรตีนลงในฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำมันและออกซิเจนได้ดีขึ้น โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ที่มีน้ำและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีแป้ง, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303หน้า.

ปนัดดา พวงเกษม, 2540, การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 3-27.

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.

Alves, V.D., Mali, S., Beleia, A. and Grossmann, M.V.E., 2007, Effect of Glycerol and Amylose Enrichment on Cassava Starch Film Properties, Journal of Food Engineering, 78: 941-946.

ASTM, 1989, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting (ASTM D882-88), Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, p. 182-189.

Cho, S.Y., Lee S.Y. and Rhee, C., 2010, Edible Oxygen Barrier bilayer Film Pouches from Corn Zein and Soy Protein Isolate, Journal LWT- Food Science and Technology, 1-6.

Gennadios, A., McHugh, T.H., Welter, C.L. and Krochta, J.M., 1994, Edible Coatings and Films Based on Proteins, in Edible Coatings and Films to Improve Food Qualily, Krocha, J.M., Baldwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M.O. (Eds.), Technomic Publishing Company, Lancaster, PA, pp. 201.

Ghanbarzadeh, B. and Oromiehi, A.R., 2008, Biodegradable Biocomposite Films Based on Whey Protein and Zein: Barrier, Mechanical Properties and AFM analysis, International Journal of Biological Macromolecules, 43: 209-215.

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.

Martin, O., Schwach, E., Averous, L., and Couturier, Y., 2001, Properties of Biodegradable Multilayer Films Based on Plasticized Wheat Starch, Starch/Starke, 53:372-380.

Mauer, L.J., Smith, D.E. and Labuza, T.P., 2000, Water Vapor Permeability, Mechanical, and Structural Properties of Edible β-Casein Films, International Dairy Journal, 10: 353-358.

Miller, K.S. and Krochta, J.M., 1997, Oxygen and Aroma Barrier Properties of Edible Films: A Review, Trends in Food Science and Technology, 8: 228-237.

Table 1 Effect of proteins on physical properties; oil migration (OM), oxygen transmission rate (OTR), opacity, solubility, water vapor transmission rate (WVTR), of starch films.

Type	Protein	OM (g/m^2/day)	OTR (g/cm^2.hr)	Opacity	Solubility (%)	WVTR (g/m^2/day)
cassava starch	control	2.47^{cd}	1.16^{a}	5.15^{d}	8.08^{g}	70.9^{d}
	soy protein 2.5%	2.75^{cd}	0.59^{b}	5.49^{d}	23.55^{b}	90.03^{ab}
	soy protein 5%	1.93^{d}	0.09^{cd}	5.78^{cd}	26.34^{a}	92.50^{a}
	corn zein 2.5%	2.55^{cd}	0.04^{d}	6.40^{c}	19.90^{cd}	82.03^{c}
	corn zein 5%	2.04^{d}	0.07^{cd}	7.45^{b}	16.96^{e}	79.93^{c}
rice starch	control	4.07^{b}	1.14^{a}	9.67^{a}	12.01^{f}	78.20^{c}
	soy protein 2.5%	7.63^{a}	0.32^{c}	9.79^{a}	24.15^{b}	92.07^{a}
	soy protein 5%	1.83^{d}	0.07^{cd}	10.35^{a}	27.90^{a}	95.20^{a}
	corn zein 2.5%	3.44^{bc}	0.02^{d}	9.70^{a}	21.56^{c}	82.07^{c}
	corn zein 5%	3.19^{bc}	0.01^{d}	9.87^{a}	18.54^{de}	84.87^{bc}
F-test		**	ns	**	**	ns
C.V.(%)		18.81	46.39	5.33	5.56	4.65
LSD		1.02	0.28	0.72	1.89	6.73

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 129-132 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 129-132 (2554)

ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ของผักสลัด *Lactuca sativa* L. พันธุ์ Butterhead

Effects of Polymer Sizes and Concentrations of Chitosan on Growth and Yield of Butterhead Lettuce *Lactuca sativa* L. 'Butterhead'

กานต์สินี หังสพฤกษ์[1] กนกวรรณ เสรีภาพ[1] ปรีดา บุญ-หลง[1] รัฐ พิชญางกูร[2] และ ศุภจิตรา ชัชวาลย์[1]

Hungsaprug, K.[1], Seraypheap, K.[1], Boon-long, P.[1], Pichyangkura, R.[2] and Chadchawan, S.[1]

Abstract

The addition of oligomeric chitosan or polymeric chitosan with 80% deacetylation (O80 or P80) at the concentration of 5, 10, or 20 mg/L, into Hoagland nutrient solution enhanced growth of 'Butterhead' lettuce (*Lactuca sativa* L. 'Butterhead'). The best productivity enhancement by chitosan was detected when 5 mg/L O80 was added to the nutrient solution. After growing for 45 days in the netted greenhouse under natural light, the harvested lettuce showed 17.91% increase in fresh weight, compared to the control plants, which grown in nutrient solution without chitosan addition. They also showed the increase in head diameter, and leaf number. Polymeric chitosan, P80 only at the concentration of 20 mg/L, showed the tendency to enhance lettuce growth, when compared to the controls. Moreover, temperature is the one of important factors for growing lettuce. The lettuce was stunted, when temperature fluctuation occurred. These data indicated that the appropriate use of chitosan molecule and concentration can efficiently enhance 'Butterhead' lettuce productivity. However, the temperature fluctuation in combination with chitosan application can cause negative effect on 'Butterhead' lettuce growth.

Keywords: Butterhead, hydroponics, chitosan

บทคัดย่อ

การเติมไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ หรือ พอลิเมอร์ ที่มีการกำจัดหมู่อะซิทิล 80% (O80 หรือ P80) ความเข้มข้น 5, 10 และ 20 mg/L ลงในสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland ดัดแปลง สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์ Butterhead (*Lactuca sativa* L. 'Butterhead') ได้ โดยการทดลองที่ให้ผลดีที่สุด คือ ชุดการทดลองที่สารละลายธาตุอาหารมีการเติมไคโตซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L พบว่าหลังจากปลูกเป็นเวลา 45 วัน ในโรงเรือนตาข่ายที่ได้รับแสงธรรมชาติ ผักสลัดมีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น 17.91% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโตซาน และมีการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความกว้างของทรงพุ่ม และจำนวนใบอีกด้วย ส่วนไคโตซานชนิดพอลิเมอร์ (P80) เฉพาะความเข้มข้น 20 mg/L เท่านั้น ที่มีแนวโน้มสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของผักสลัดได้ นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ให้ไคโตซาน การเจริญเติบโตของผักสลัดหยุดชะงักเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จากผลการทดลองพบว่าการใช้ไคโตซานที่เหมาะสมทั้งชนิดและความเข้มข้น สามารถเพิ่มผลการผลิตผักสลัดพันธุ์ Butterhead ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ดีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในชุดการทดลองที่ให้ไคโตซาน สามารถส่งผลในทางลบต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์ Butterhead

คำสำคัญ: Butterhead ไฮโดรพอนิกส์ ไคโตซาน

คำนำ

ผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชผักเศรษฐกิจที่มีลักษณะรูปร่างและสีใบแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ในปัจจุบันผักสลัดหลายพันธุ์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจในด้านสุขภาพ เนื่องจากผักสลัดมีน้ำ

[1] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[1] Department of botany, Faculty of science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330

[2] ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[2] Department of Biochemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330

เป็นองค์ประกอบหลัก อุดมไปด้วยเส้นใย และสารต้านอนุมูลอิสระ (Damon และคณะ, 2005) โดยผู้บริโภคนิยมนำมาบริโภคสด หรือใช้ตกแต่งจานอาหาร ผักสลัดพันธุ์ Butterhead เป็นผักสลัดพันธุ์หนึ่งที่มีการผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศไทย ผักสลัดพันธุ์ Butterhead มีลักษณะประจำพันธุ์คือ มีใบสีเขียวอ่อนนุ่มเป็นมัน เรียงซ้อนกันแน่นคล้ายดอกกุหลาบ ห่อหัวแบบหลวมๆ มีรสชาติดี และมีคุณค่าทางโภชนาการ สำหรับประเทศไทยการปลูกผักสลัด นิยมปลูกโดยใช้วิธีไฮโดรพอนิกส์ และมีแหล่งปลูกในเขตจังหวัดที่มีอากาศเย็น เช่น เชียงใหม่ นครราชสีมา และ เลย เป็นต้น (อิทธิสุนทร, 2548)

ไคโตซานซึ่งเป็น biopolymer ที่ได้มาจากเปลือกของสัตว์พวก กุ้ง ปู และแกนหมึก ที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลที่มีจำนวนมากในประเทศไทย จากรายงานของพงศ์ธาริน และคณะ (2549) พบว่าการพ่นไคโตซาน oligomer ที่มี 80% degree of deacetylation (O80) ความเข้มข้น 25 mg/L ให้กับต้นกระเจี๊ยบเขียว มีแนวโน้มทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้น จำนวนใบ ดอก และผลต่อต้นสูงกว่าชุดควบคุม และยังพบว่ากระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซาน O80 ความเข้มข้น 50 mg/L สามารถชะลอการติดโรคไวรัสเส้นใบเหลืองได้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Limpanavech และคณะ (2008) ได้ ทำการศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโตและผลผลิตของกล้วยไม้สกุล *Dendrobium* พบว่ากล้วยไม้ที่ได้รับไคโตซาน O80 ที่ทุกระดับความเข้มข้นในการทดลอง (1, 10, 50, 100 mg/L) สามารถชักนำให้กล้วยไม้ออกดอกเร็วขึ้นและเพิ่มจำนวนช่อดอกมากกว่าชุดควบคุมตลอดช่วงเวลาทดลอง 68 สัปดาห์ ในการทดลองดังกล่าวไคโตซาน polymer ที่มี 80% degree of deacetylation (P80) ความเข้มข้น 1-10 mg/L สามารถเพิ่มจำนวนดอกต่อช่อได้มากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ใช้ไคโตซาน เห็นได้ว่าขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานที่แตกต่างกันมีผลต่อการเติบโตและผลผลิตต่างกัน

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นจะศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ ได้แก่ P80 และ O80 รวมทั้งความเข้มข้นของไคโตซานทั้ง 2 แบบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักสลัดพันธุ์ Butterhead ที่ปลูกเลี้ยงโดยวิธีไฮโดรพอนิกส์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเพิ่มผลผลิตของผักสลัดซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความต้องการสูงขึ้นในปัจจุบันต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเพาะเมล็ดผักสลัดพันธุ์ Butterhead เพื่อให้ได้ต้นกล้าอายุ 10 วัน หลังจากนั้นนำต้นกล้าย้ายลงในภาชนะปลูกที่มีสารละลายธาตุอาหารชนิดที่ให้ไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ หรือ พอลิเมอร์ ที่มีการกำจัดหมู่อะซิทิล 80% (O80 หรือ P80 ตามลำดับ) ความเข้มข้น 5, 10 และ 20 mg/L และไม่ให้ไคโตซาน (ชุดควบคุม) โดยเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุกสัปดาห์ และเก็บเกี่ยวได้ในวันที่ 45 หลังจากการเพาะเมล็ด ในวันแรกของการเก็บเกี่ยวทำการชั่งน้ำหนักสด นับจำนวนใบ และวัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่มของผักสลัดแต่ละต้น หลังจากนั้นนำผักสลัดไปอบที่ 60°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงนำมาชั่งหาค่าน้ำหนักแห้งต่อต้น นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Varience) และหาความแตกต่างโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ทำการทดลองดังกล่าวข้างต้น 2 ครั้ง คือในระหว่างเดือนธันวาคม 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 และ ระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน 2554 เก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์ Butterhead ในช่วงเดือนธันวาคม 2553 ถึง มกราคม 2554 ซึ่งมีค่าอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 28 ถึง 32°C และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 67.5% พบว่าผักสลัดที่ได้รับไคโตซาน O80 ความเข้มข้น 5 mg/L ในสารละลายธาตุอาหารมีน้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีน้ำหนักสดสูงที่สุดโดยมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม 17.91% (Figure 1 A) น้ำหนักแห้งต่อต้น จำนวนใบต่อต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางของผักสลัดที่ได้สอดคล้องกับค่าน้ำหนักสด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไคโตซานนี้มีผลต่อการเติบโตของผักสลัดพันธุ์ Butterhead โดยส่งเสริมให้มีการเติบโตสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ El-sawy และคณะ (2010) พบว่าต้นถั่ว (*Phaseolus vulgaris* L.) ที่ได้รับไคโตซานมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าไคโตซานสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอื่นอีกหลายชนิด เช่น กล้วยไม้ (Nge และคณะ, 2006; Pornpienpakdee และคณะ, 2010) มันฝรั่ง (Kowalski และคณะ, 2006) เป็นต้น อีกทั้งผักสลัดที่ได้รับไคโตซาน O80 ความเข้มข้น 5 mg/L มีจำนวนใบ (Figure 2 A) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่ม (Figure 3 A) ของผักสลัดมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ดีจากการทดลองซ้ำในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2554 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยมีช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 18 ถึง 36°C พบว่าการเจริญเติบโตของผักสลัดนั้นไม่สม่ำเสมอ และเกิดการหยุดชะงัก โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ให้ไคโตซาน (Figure 1 B, Figure 2 B และ Figure 3 B) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์ Butterhead

สรุปผล

การใช้ไคโตซานที่เหมาะสมทั้งชนิดและความเข้มข้น สามารถเพิ่มผลการผลิตผักสลัดพันธุ์ Butterhead ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ดีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในชุดการทดลองที่ให้ไคโตซาน สามารถส่งผลในทางลบต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์ Butterhead ได้

เอกสารอ้างอิง

พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล กนกวรรณ เสรีภาพ ศุภจิตรา ชัชวาลย์ และรัฐ พิชญางกูร, 2549, ผลของขนาดพอลิเมอร์ และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโต ผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัส เส้นใบเหลืองและการกัดกินของหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner, *1808* [สืบค้น], http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/6074 [11/ Aug /09].

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2548, ชมรมปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแห่งประเทศไทย [สืบค้น], http://www.kmitl.ac.th/hydro/apply.htm [15 / Jan /09].

Damon, M., Zhang, N., Haytowitz, D. and Booth, S., 2005, Phylloquinone (vitamin K_1) Content of Vegetables, Journal of Food Composition and Analysis, 18: 751-758.

Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., Lotrakul, T., Bunjongrat, R., Chaidee, A. and Bangyeekhun, T., 2008, Chitosan Effects on Floral Production, Gene Expression, and Anatomical Changes in the *Dendrobium* orchid, Scientia Horticulturae, 116: 65-72.

El-Sawy, N., Abd El-Rehim, H., Elbarbary, A. and Hegazy, E., 2010, Radiation-induced Degradation of Chitosan for Possible use as a Growth Promoter in Agricultural Purposes, Carbohydrate Polymers, 79: 555-562.

Nge, K., Nwe, N., Chandrkrachang, S. and Stevens, W., 2006, Chitosan as a Growth Stimulator in Orchid Tissue Culture, Plant Science, 170: 1185-1190.

Pornpienpakdee, P., Singhasurasak, R., Chaiyasap, P., Pichyangkura, R., Bunjongrat, R., Chadchawan, S. and Limpanavech, P., 2010, Improving the Micropropagation Efficiency of Hybrid Dendrobium Orchids with Chitosan, Scientia Horticulturae, 124: 490-499.

Kowalski, B., Terry, F.J., Herrera, L. and Peñalver, D.A., 2006, Application of Soluble Chitosan in *vitro* and in the Greenhouse to increase Yield and Seed Quality of Potato Minitubers, Potato Research, 49: 167-176.

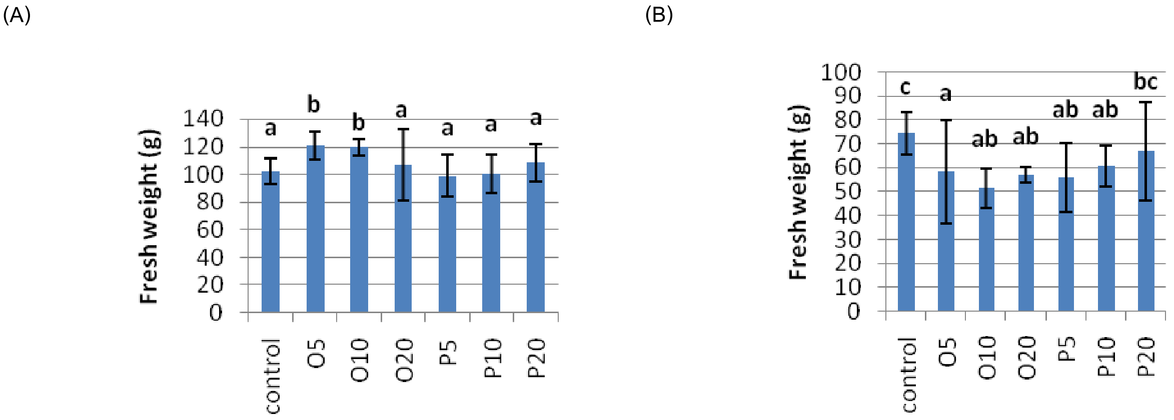


Figure 1 น้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์ Butterhead เมื่อปลูกในช่วงเดือน ธันวาคม 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 (A) และในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2554 (B)

(A) (B)

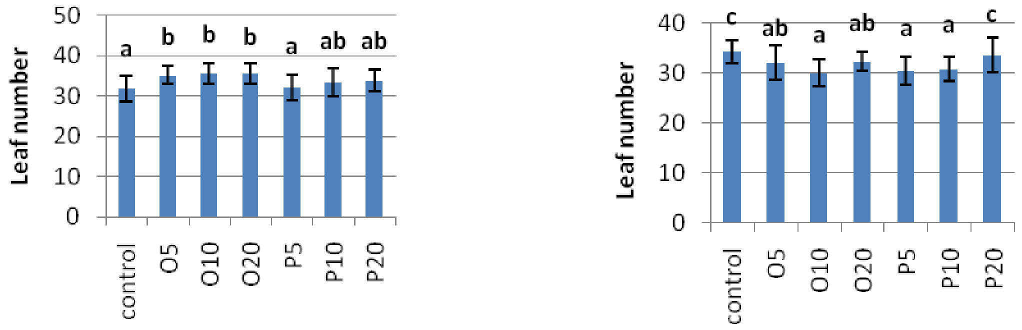


Figure 2 จำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์ Butterhead เมื่อปลูกในช่วงเดือน ธันวาคม 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 (A) และในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2554 (B)

(A) (B)

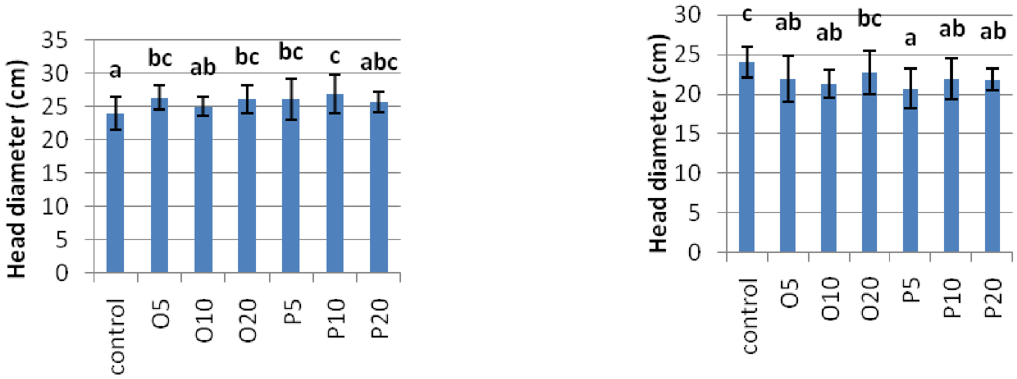


Figure 3 เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นผักสลัดพันธุ์ Butterhead เมื่อเก็บเกี่ยว เมื่อปลูกในช่วงเดือน ธันวาคม 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 (A) และในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2554 (B)

(A) (B)

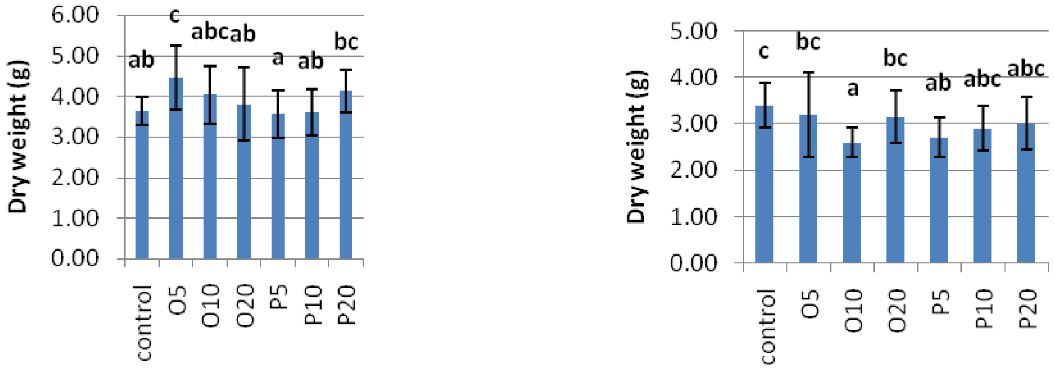


Figure 4 น้ำหนักแห้งของต้นผักสลัดพันธุ์ Butterhead เมื่อปลูกในช่วงเดือน ธันวาคม 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 (A) และในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2554 (B)

ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการผลิตปุ๋ยหมัก

The Efficiency of Indigenous Microorganisms for Producing the Composts Fertilizer

เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์[1] **และ วริสรา ปลื้มฤดี**[1]
Pradabpet, N.[1] and Pluemrudee, W.[1]

Abstract

Study on the efficiency of indigenous microorganisms for producing the composts fertilizer by using on organic materials including : rice straw, dipterocarp leaf and bamboo leaf. A completely randomized design with three replications was employed. There were 5 materials treatments which were treated by IMO_2 from different ecologies sources including: vegetable plot, bamboo forest, field crop and fruit orchard at the rate 1:200 every 3 days within 80 days. The organic materials treated with water were the control treatments. This study showed that the organic materials treated with IMO_2 had high decomposition both physical and chemical characteristics as compared to the control treatments (no IMO_2 addition). In addition, IMO_2 from bamboo forest had high efficient organic materials decomposition as shown by the highest contents of organic matter and nitrogen. While the IMO_2 from field crop have the most amount of phosphorus. For using IMO_2 in agriculture should be adjusted amount of nitrogen and phosphorus in order to follow the standard by increasing organic materials or natural material which have higher nitrogen and phosphorus. For example, increasing or using legumes is ferment material and mixed the animal bones or bone meal and composts fertilizer before utilizations.

Keywords: rice straw, bamboo, dipterocarp, ecologies

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการผลิตปุ๋ยหมัก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 5 ตำรับทดลอง 3 ซ้ำ โดยทำการใส่วัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ฟางข้าว ใบไม้เต็งรังและใบไผ่ร่วมกับไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ได้แก่ ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผัก ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาและไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล ตามลำดับ อัตรา 1:200 ทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 80 วัน ส่วนตำรับควบคุมใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมกับน้ำเปล่า ผลงานวิจัย พบว่า การใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ส่งผลต่อการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ดีกว่าทั้งลักษณะกายภาพและเคมีเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (การไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$) โดยการใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ดีที่สุดโดยให้ปริมาณ OM และปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงสุด ขณะที่การใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณ organic matter (OM) ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง ส่วนในแง่ของการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรควรมีการปรับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้ได้ตามเกณฑ์อาจมีการใช้วัสดุหมักหรือเติมวัสดุธรรมชาติที่มีไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูงลงไป เช่น เพิ่มหรือใช้พืชตระกูลถั่ว เป็นวัสดุหมักและใส่กระดูกสัตว์หรือกระดูกป่นกับปุ๋ยหมักก่อนนำไปใช้

คำสำคัญ: ฟางข้าว ป่าไผ่ ไม้เต็งรัง นิเวศวิทยา

คำนำ

จุลินทรีย์ท้องถิ่นหรือที่เรียกว่า Indigenous Microorganisms; IMOs สามารถพบทั่วไปในธรรมชาติโดยเฉพาะในดินที่ไม่เคยผ่านการใช้สารเคมีหรือดินดีจากป่าชุมชนที่มีอยู่ในท้องถิ่น เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถพิเศษ สามารถมีชีวิตและขยายพันธุ์ได้โดยอาศัยอินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหาร สามารถอยู่รอดและปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมทั้งสภาพอากาศที่ร้อนจัด เย็นจัดหรือแห้งแล้งจัดได้ มีปริมาณและชนิดแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม แต่เนื่องจากสภาพพื้นที่และท้องถิ่นที่แตกต่างกันทำให้จุลินทรีย์ที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ มีประสิทธิภาพต่างกันด้วยการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ทางการเกษตรมีหลายลักษณะโดยเฉพาะการคัดเลือกค้นหาสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพแล้วนำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ย

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ม.2 ถ.ปรีดีพนมยงค์ ต.ประตูชัย อ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, 96 M.2 Preedeepanomyong Rd., Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand.

หมักและปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการผลิตปุ๋ยหมัก ผลนี้จะเป็นฐานข้อมูลสนับสนุนนำไปสู่การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นเพื่อผลผลิตทางการเกษตรกันอย่างแพร่หลาย

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการผลิตปุ๋ยหมักนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 5 ตำรับทดลอง 3 ซ้ำเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์ท้องถิ่นหรือไอเอ็มโอ$_2$ทั้ง 4 แหล่งนิเวศ ได้แก่ ไอเอ็มโอ$_2$ แปลงผัก ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาและไอเอ็มโอ$_2$ สวนไม้ผล ตามลำดับ อย่างละ 100 กรัม ผสมกับในน้ำ 20 ลิตร คนให้เข้ากันรดลงในกองปุ๋ยหมักแต่ละชั้น ตั้งกองปุ๋ยหมักขนาด 1x1.5 เมตร สูง 1 เมตร โดยใส่วัสดุการทำปุ๋ยหมักเหมือนกันทุกตำรับการทดลอง คือ ฟางข้าว ใบไผ่และไม้เต็งรัง ปุ๋ยยูเรียและดินทำทั้งหมด 3 ชั้นๆ ละ 50 เซนติเมตร จำนวน 15 กอง ระหว่างที่ทำปุ๋ยหมักในแต่ละชั้นให้ค่อยๆ รดด้วยน้ำที่ผสมไอเอ็มโอ$_2$ โดยจะรดด้วยไอเอ็มโอ$_2$ กองละ 1 แหล่งนิเวศ ยกเว้นกองปุ๋ยหมักที่ใช้เป็นตำรับควบคุมจะรดกองปุ๋ยหมักด้วยน้ำเปล่า เมื่อใส่วัสดุต่าง ๆ จนครบ 3 ชั้น รดน้ำให้กองปุ๋ยหมักมีความชื้นประมาณ 60 % แล้วคลุมกองปุ๋ยหมักด้วยฟางข้าว หลังจากนั้นกลับกองปุ๋ยหมักทุก ๆ 15 วัน ประมาณ 3 ครั้ง เมื่อวัสดุหมักย่อยสลายสมบูรณ์ เก็บตัวอย่างแต่ละกองอย่างละ 1 กิโลกรัมไปวิเคราะห์ทางเคมีและหาปริมาณธาตุอาหาร วิเคราะห์ข้อมูลสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแต่ละตำรับทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม spss

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการผลิตปุ๋ยหมัก แสดงดัง Table 1 พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ค่า pH เฉลี่ย 7.31-7.66 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ ซึ่งให้ค่า pH เฉลี่ย 6.81 จากสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักที่วิเคราะห์ได้นั้นปุ๋ยหมักที่จะนำไปใช้ในการเกษตรที่ปลอดภัยและมีคุณภาพต้องมีสมบัติตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติของปุ๋ยหมัก (มกอช 9503-2548) ที่กำหนดไว้ ดังนี้ ต้องมีต้องมีค่า pH 5.5-8.5 พบว่า ปุ๋ยหมักในทุกตำรับทดลองทั้งที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$และใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ มีค่า pH อยู่ในเกณฑ์

ค่า EC พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ค่า ECเฉลี่ย 0.52-0.81 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ให้ค่า ECมากที่สุดเฉลี่ย 0.81 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักและไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ค่า ECเฉลี่ย 0.64 0.54 และ 0.52 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ และตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ให้ค่า EC น้อยที่สุดเฉลี่ย 0.45 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนค่า EC ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติของปุ๋ยหมักที่กำหนดไว้ ต้องมีค่าน้อยกว่า 3.5 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร พบว่า ปุ๋ยหมักในทุกตำรับทดลองทั้งที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$และใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณค่า EC สูงกว่าเกณฑ์ คือ ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าวิเคราะห์อยู่ระหว่าง 0.45-0.81 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ปริมาณ OM พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ OMเฉลี่ย 12.94-17.89 % ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ให้ปริมาณ OM มากที่สุดเฉลี่ย 17.89 % รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักและไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ปริมาณ OMเฉลี่ย 16.48 12.99 และ 12.94 % ตามลำดับ และตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ให้ปริมาณ OM น้อยที่สุดเฉลี่ย 9.75 % ค่าปริมาณ OM ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติของปุ๋ยหมัก ต้องมีมากกว่า 35 % พบว่าปุ๋ยหมักในทุกตำรับทดลองทั้งที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$และใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ OMต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าวิเคราะห์อยู่ระหว่าง 9.75-17.89 %

ด้านปริมาณของธาตุอาหารพบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ total N เฉลี่ย 0.528-0.727 % ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ให้ปริมาณ total N มากที่สุดเฉลี่ย 0.727 % รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลและไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักให้ปริมาณ total N เฉลี่ย 0.670 0.541 และ 0.528 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณ available N พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ available Nเฉลี่ย 145.0-199.7 ppm ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ ป่าไผ่ ให้ปริมาณ available Nมากที่สุดเฉลี่ย 199.7 ppm รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล และไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักให้ปริมาณ available N เฉลี่ย 183.3 148.3 และ 145.0 ppm ตามลำดับ และตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ให้ปริมาณ available N น้อยที่สุดเฉลี่ย 130.0 ppm (Table 1)

ปริมาณ total P พบว่าตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ total P เฉลี่ย 0.391-0.548 % ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ให้ปริมาณ total P มากที่สุดเฉลี่ย 0.548 % รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใส่ ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักและไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ให้ปริมาณ total P เฉลี่ย 0.451 0.431 และ 0.391 % ส่วนปริมาณ available P พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ available P เฉลี่ย 1,657.3-2,867 ppm ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณ available P มากที่สุด 2,867 ppm รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักและไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ปริมาณ available P เฉลี่ย 2,519.0 1921.0 และ 1,657.3 ppm ตามลำดับ

เมื่อพิจาราณาปริมาณ total K พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ total K เฉลี่ย 0.709-0.822 % ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ให้ปริมาณ total K มากที่สุดเฉลี่ย 0.822 % รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักและไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ปริมาณ total K เฉลี่ย 0.742 0.724 และ 0.709 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณ exchangeable K พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ exchangeable Kเฉลี่ย 1,300.0-2,498.3 ppm ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ให้ปริมาณ exchangeable K มากที่สุดเฉลี่ย 2,498.3 ppm รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลและไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ให้ปริมาณ exchangeable K เฉลี่ย 1,435.3 1,405.3 และ 1,300.0 ppm ตามลำดับ

จากสมบัติด้านธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่วิเคราะห์ได้นั้นปุ๋ยหมักที่จะนำไปใช้ในการเกษตรที่ปลอดภัยและมีคุณภาพต้องมีสมบัติตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติของปุ๋ยหมักกำหนดปริมาณธาตุอาหารหลักในรูป N-P_2O_5-K_2O ต้องมีมากกว่า 1-0.5-0.5 % ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักที่ได้ พบว่า ปุ๋ยหมักในทุกตำรับทดลองทั้งที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$และใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าวิเคราะห์อยู่ระหว่าง 0.423-0.727 % ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส พบว่า ปุ๋ยหมักในทุกตำรับทดลองทั้งที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ และใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าวิเคราะห์อยู่ระหว่าง 0.340-0.451 % ยกเว้นตำรับ การทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าเกณฑ์ คือ 0.548 % ส่วนปริมาณโพแทสเซียม พบว่า ปุ๋ยหมักในทุกตำรับทดลองทั้งที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$และใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าเกณฑ์

ด้านคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ได้แก่ ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผัก ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา และไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ โดยพบว่าตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ทำให้ปุ๋ยหมักมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย ขาดง่าย มีกลิ่นหอมคล้ายดินธรรมชาติ สีของวัสดุหมักมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ นอกจากนี้ตำรับการทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ยังใช้เวลาในการย่อยสลายเร็วกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ (Table 2)

Table 1 ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

ตำรับทดลอง	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	Avai.N (ppm)	Avai.P (ppm)	Avai.K (ppm)
1. ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$	6.81	0.45^{d}	9.75^{c}	0.423^{d}	0.340^{d}	0.669^{c}	130.0^{d}	1044.3^{e}	987.7^{c}
2. ใส่ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผัก	7.46	0.54^{c}	12.99^{b}	0.528^{c}	0.431^{b}	0.724^{b}	145.0^{c}	1921.0^{c}	1300.0^{b}
3. ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่	7.66	0.81^{a}	17.89^{a}	0.727^{a}	0.391^{c}	0.742^{b}	199.7^{a}	2519.0^{b}	1405.3^{b}
4. ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา	7.44	0.64^{b}	16.48^{a}	0.670^{b}	0.548^{a}	0.822^{a}	183.3^{b}	2867.0^{a}	2498.3^{a}
5.ใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล	7.31	0.52^{c}	12.94^{b}	0.541^{c}	0.451^{b}	0.709^{bc}	148.3^{c}	1657.3^{d}	1435.3^{b}
ค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมัก	5.5-8.5	$\leq$ 3.5	>35	>1.0	>0.50	>0.50			
F-test	NS	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.37	4.41	5.60	4.65	4.73	3.80	4.49	4.60	13.83

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

Table 2 ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมัก

ตำรับการ	ลักษณะทางกายภาพ		เวลาในการย่อย
ทดลอง	ก่อน	หลัง	สลายปุ๋ยหมัก (วัน)
ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$			75.00a
ไอเอ็มโอ$_2$ แปลงผัก			68.00b
ไอเอ็มโอ$_2$ ป่าไผ่			64.33b
ไอเอ็มโอ$_2$ ไร่นา			65.33b
ไอเอ็มโอ$_2$ สวนไม้ผล			64.33b
F-Test			**
C.V.			2.89

หมายเหตุ * * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

สรุปผล

การใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ จะทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้ดี วัสดุหมักมีสีน้ำตาลถึงดำ ยุ่ย ขาดง่ายตรงตามลักษณะที่ดีของปุ๋ยหมัก นอกจากนี้กองปุ๋ยหมักที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ยังใช้เวลาในการย่อยสลายเร็วกว่าการไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ประการสำคัญการใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆยังเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ให้ปริมาณ OM และปริมาณไนโตรเจนสูงสุดและไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณ OM ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงสุดกว่าการไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$และการใส่ไอเอ็มโอ$_2$ อย่างไรก็ตามในการนำไปใช้ในอนาคตปุ๋ยหมักที่ดีต้องมีคุณภาพตรงตามเกณฑ์จึงควรมีการปรับปริมาณธาตุอาหารทั้งสองให้ได้ตามเกณฑ์อาจมีการใช้วัสดุหมักหรือเติมวัสดุธรรมชาติที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงลงไป เช่น เพิ่มหรือใช้พืชตระกูลถั่ว เป็นวัสดุหมักและใส่ กระดูกสัตว์หรือกระดูกป่นกับปุ๋ยหมักก่อน

เอกสารอ้างอิง

ธงชัย มาลา, 2546, ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ:เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์, กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรเดช ทูลเศียร ผดุงพล อินตามูล และภาคภูมิ ชัยสวัสดิ์, 2546, ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์จากเศษผักและเศษใบไม้แห้งของเชื้อจุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมัก, ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม), สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคพายัพ เชียงใหม่.

พิทยากร ลิ่มทอง และเสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์, 2540, จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายและประโยชน์บางประการในการกองปุ๋ยหมัก, คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อานัฐ ตันโช, 2549, เกษตรธรรมชาติประยุกต์ หลักการ แนวคิด เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย, ศูนย์หนังสือ สวทช, กรุงเทพฯ.

Kalediene, L. and Giedraityte, G., 2010, Application of Indigenous Microorganisms Inbioremediation of Soil Contaminated by Fuel Oil, [Online], http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract. aspx?AcNo =20043017514, [March 15, 2010].

การประเมินผลผลิตของเชื้อพันธุกรรมข้าวไร่ที่ทดสอบในจังหวัดขอนแก่น

Yield Evaluation of Upland Rice Gemplasm at Khon Kaen

วีรยุทธ สีหานู[1] และ จิรวัฒน์ สนิทชน[1]
Srihanoo, W.[1] and Sanitchon, J.[1]

Abstract

Rice is one of important crops of Thailand. Up to date, many improved rice varieties have been adopted resulting a decreasing of using of indigenous varieties. This study aimed to evaluate the yield of indigenous upland rice planted with sugarcane system at Khon Kaen. Germplasm with 252 indigenous upland rice lines were collected and preliminary yield trial was conducted to evaluate yield and adaptability at Khon Kean University experimental field. Randomized complete block design (RCBD) was laid out with 2 replications. Yield, yield components and some characteristics were evaluated. A highly significance of grain yield was detected. ULR no 077 gave the highest yield of 553.8 kg/rai followed by ULR no. 023, ULR no. 049, Kaow Lek, Tard Pha1 and Maled Phai which gave the yields of 536.7, 472.0, 470.9, 468.8 and 433.2 kg/rai respectively. Kao Lore gave the lowest yield of 111.9 kg/rai. Sakol Nakhon and Siew Mae Chan, check varieties, (gave the yield of 286.2 and 272 kg/rai respectively). These high yielding varieties showed a high potential for upland cropping system in the Northeast and they can be use for further breeding program.
Keywords: indigenous upland rice, cropping system, germplasm collection

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวพันธุ์ปรับปรุงกันอย่างแพร่หลาย ส่งผลให้ความหลากหลายของการใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองลดลง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลผลิตเบื้องต้นของข้าวพันธุ์พื้นเมืองเมื่อปลูกในสภาพที่ดอนร่วมกับระบบการปลูกอ้อย ได้นำเชื้อพันธุกรรมข้าวไร่จำนวน 252 สายพันธุ์ มาปลูกทดสอบผลผลิตเบื้องต้นที่หมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จำนวน 2 ซ้ำ และทำการเปรียบเทียบผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติพบว่าผลผลิตของข้าวไร่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ข้าวสายพันธุ์ ULR077 ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 553.8 กิโลกรัมต่อไร่ และสายพันธุ์ ULR023 ให้ผลผลิต 536.7 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงรองลงมาคือ สายพันธุ์ ULR049 ข้าวขาวเล็ก ตาดฟ้า1 และสายพันธุ์เมล็ดฝ้าย ให้ผลผลิต 472, 470.9, 468.8 และ 443.2 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์หอมสกลนครและพันธุ์ซิวแม่จันที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิต 286.2 และ 270 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ส่วนข้าวสายพันธุ์ข้าวล้อให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 111.9 กิโลกรัมต่อไร่ ข้อมูลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าข้าวไร่สามารถให้ผลผลิตที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงควรมีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ดี เพื่อใช้สำหรับปลูกในระบบการปลูกพืชบนพื้นที่ดอนและใช้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวต่อไป
คำสำคัญ: ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง ระบบปลูกพืช การรวบรวมเชื้อพันธุกรรม

คำนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญและสามารถสร้างรายได้ให้ประเทศไทยเป็นอย่างมาก เห็นได้จากปี พ.ศ. 2553 สามารถสร้างรายได้จากการส่งออกมีมูลค่าถึง 168,193 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) นอกจากนี้ประเทศไทยยังเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวทั้งสายพันธุ์ข้าวไร่และข้าวนาสวน ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวโดยใช้พันธุ์ปรับปรุง จึงส่งผลให้มีการใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองลดลงและข้าวที่ได้รับการปรับปรุงจะเป็นสายพันธุ์ของกลุ่มข้าวที่เป็นข้าวนาสวน ซึ่งสามารถปลูกได้ดีในลักษณะที่เป็นที่ลุ่ม ส่วนพื้นที่ที่เป็นที่ราบสูง หรือพื้นที่ไหล่เขาที่มีความลาดชันเกษตรกรยังคงมีการปลูกข้าวไร่โดยใช้พันธุ์พื้นเมืองซึ่งมีผลผลิตที่ต่ำ

---

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
[1] Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

ปัญหาความแห้งแล้งอันเนื่องมาจากภาวะเรือนกระจกเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการปลูกข้าวในปัจจุบัน ดังนั้นข้าวไร่จึงเป็นข้าวที่เกษตรกรให้ความสำคัญมากขึ้น เพราะสามารถปลูกได้ทั้งพื้นที่ดอนและพื้นที่ที่ใช้น้ำน้อย แต่ข้าวไร่ที่ปลูกนั้นยังคงเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีผลผลิตที่ต่ำอยู่มาก การปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นนั้นสิ่งสำคัญที่จะใช้เป็นวัตถุดิบ คือ เชื้อพันธุกรรมของข้าว เพราะการที่มีเชื้อพันธุกรรมที่กว้างและมีความแปรปรวนที่มากจะทำให้มีโอกาสประสบความสำเร็จในการปรับปรุงผลผลิตข้าวให้สูงขึ้น แต่ปัจจุบันเกษตรกรไม่นิยมปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมือง ส่งผลให้มีการใช้พันธุกรรมข้าวพื้นเมืองน้อยลงและยังส่งผลให้พื้นที่ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองลดลง และหากไม่มีการเก็บรวบรวมพันธุ์หรือดำเนินการทางด้านอื่นเพื่อที่จะรักษาแหล่งเชื้อพันธุกรรมเอาไว้ อาจจะทำให้พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองมีการสูญหายของ ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาสายพันธุ์ข้าวไร่ จึงได้ทำการรวบรวมเชื้อพันธุกรรมข้าวไร่พื้นเมืองและทำการปลูกทดสอบศักยภาพการให้ผลผลิต เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวไร่ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นฐานพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อที่จะพัฒนาให้ข้าวไร่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและสามารถเลือกลักษณะที่ดีของสายพันธุ์ข้าวไร่เหล่านั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สายพันธุ์ข้าวไร่ที่ใช้ทดสอบในการศึกษาได้คัดเลือกจากธนาคารเชื้อพันธุกรรมข้าวไร่จำนวน 252 สายพันธุ์ ได้ทำการปลูกขยายในปี พ.ศ. 2552 และทำการคัดเมล็ดข้าวของแต่สายพันธุ์ให้บริสุทธิ์สายพันธุ์ละ 5 กรัม เพื่อใช้ทำการปลูกทดสอบ ทำการวางแผนการทดสอบแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (randomized complete block) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ปลูกข้าวพื้นเมืองสายพันธุ์ละ 2 แถวต่อแปลงย่อยซึ่งยาว 4 เมตร โดยใช้ระยะปลูก 50x25 เซนติเมตร แถวละ 16 หลุม ปลูกโดยวิธีหยอดเมล็ดหลุมละ 5-10 เมล็ด เมื่อข้าวอายุได้ 15 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุมพร้อมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่และกำจัดวัชพืช เมื่อข้าวเริ่มตั้งท้องใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อีกครั้งโดยใช้อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมกับใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่และกำจัดวัชพืช ทำการบันทึกลักษณะประจำพันธุ์โดยใช้วิธีของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI,1996) และกรมการข้าว (2550) ในระยะแตกกอเต็มที่ ระยะออกรวง 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะออกรวง 25 วัน ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต และระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต รวมทั้งประเมินการให้ผลผลิตโดยเก็บเกี่ยวจาก 28 กอต่อแปลงย่อย (เว้นกอแรกและกอสุดท้ายของแต่ละแถว) จากนั้นทำการตากรวงเป็นเวลา 3 วัน แล้วทำการนวด และนำไปชั่งหาน้ำหนักผลผลิตเพื่อนำข้อมูลที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ข้อมูล และความแปรปรวน (analysis of variance) ของข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสายพันธุ์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Gomez และ Gomez,1984)

ผลการทดลอง

จากพันธุ์ข้าวที่นำมาทดสอบ 252 พันธุ์สามารถแบ่งตามชนิดข้าวได้ 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ข้าวเหนียว 141 พันธุ์ และข้าวเจ้า 111สายพันธุ์ และยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามลักษณะสีข้าวกล้องได้เป็น ข้าวเหนียวขาว 85 พันธุ์ ข้าวเหนียวดำ 33 พันธุ์ ข้าวเหนียวแดง 23 พันธุ์ ข้าวเจ้าขาว 101 พันธุ์ ข้าวเจ้าแดง 9 พันธุ์ และข้าวเจ้าดำ 1 สายพันธุ์ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติพบว่าผลผลิตของข้าวไร่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) (Table 1) ข้าวสายพันธุ์ ULR077 ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 553.8 กิโลกรัมต่อไร่ และสายพันธุ์ ULR023 ให้ผลผลิต 536.7 กิโลกรัมต่อไร่ โดยข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่กล่าวมาข้างต้นให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์หอมสกลนครและพันธุ์ซิวแม่จันที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบซึ่งให้ผลผลิต 286.2 และ 270 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตรองสูงลงมาคือ สายพันธุ์ ULR049 ข้าวขาวเล็ก ตาดฟ้า1 และสายพันธุ์เมล็ดฝ้าย ให้ผลผลิต 472, 470.9, 468.8 และ 443.2 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ข้าวไร่ที่ให้ผลผลิตสูง 20 อันดับแรกแสดงไว้ใน Table 1 ส่วนข้าวสายพันธุ์ข้าวล้อให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 111.9 กิโลกรัมต่อไร่

วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวไร่พบว่า สายพันธุ์ ULR 077 และสายพันธุ์ ULR 023 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากภาคเหนือ เมื่อนำมาปลูกทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมจังหวัดขอนแก่นยังสามารถให้ผลผลิตที่สูงคือ 553.8 และ 536.7 กิโลกรัมต่อไร่ และมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.01$) จากข้าวพันธุ์เปรียบเทียบคือพันธุ์หอมสกลนครและพันธุ์ซิวแม่จันซึ่งให้ผลผลิต 286.2 และ 270 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองสอดคล้องกับ จรัญจิต และคณะ (2554) ได้ทำการทดสอบพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองและทำการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานีและในนาของเกษตรกรใน

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยใช้พันธุ์ซิวแม่จันเป็นพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน พบว่า ในการปลูกระหว่างสถานีข้าว พันธุ์ที่ให้ผลผลผลิตสูง คือ พันธุ์ CPACO60233 พันธุ์ CAPC06009 พันธุ์ CAPC60010 และพันธุ์ CAPC60011 มีผลผลิต อยู่ในช่วง399 ถึง 661 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ซิวแม่จันซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานที่มีผลผลิตอยู่ ในช่วง 397 ถึง 405 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการปลูกเปรียบเทียบในนาเกษตรกร ข้าวพันธุ์ที่ให้ผลผลผลิตสูง คือ พันธุ์ CPA07013 และพันธุ์ CPA07017 มีผลผลิต 609 และ 496 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ มาตรฐานที่ให้ผลผลิตอยู่ในช่วงระหว่าง 317 ถึง 508 กิโลกรัมต่อไร่

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าข้าวไร่สามารถให้ผลผลิตที่ค่อนข้างสูงนอกจากนี้ยังได้ศึกษาการปรับตัวของสาย พันธุ์ข้าวไร่รวมถึงการบันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวที่ปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมเขตจังหวัดขอนแก่น อย่างไรก็ ตามการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการเปรียบเทียบผลผลิตขั้นต้น (Preliminary yield trial) เพื่อที่จะคัดเลือกสายพันธุ์ที่มี ลักษณะผลผลิตสูงเพื่อนำไปทำการทดสอบในระดับการเปรียบเทียบมาตรฐาน (Standard yield trial) เพื่อให้ได้สายพันธุ์ ข้าวไร่ที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นฐานพันธุกรรมที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงสายพันธุ์ข้าวไร่ให้มีศักยภาพที่ดีและเหมาะสมกับ พื้นที่ เพื่อเป็นอีกทางหนึ่งของเกษตรกรที่สนใจทำการปลูกข้าว

Table 1 สายพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมือง แหล่งที่มา ผลผลิต ชนิดข้าวสาร และ สีข้าวกล้อง ของข้าวไร่ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 20 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำสุดและพันธุ์เปรียบเทียบ

varieties	sources	yield (kg/rai)	Type of rice	color of brow rice
ULR 077	จ.แพร่	553.8 a	เจ้า	ขาว
ULR 023	จ.พิษณุโลก	536.7 ab	เจ้า	ขาว
ULR 049	จ.พิษณุโลก	472 abc	เหนียว	ขาว
ข้าวขาวเล็ก	จ.พิษณุโลก	470.9 a-f	เจ้า	ขาว
ตาดฟ้า 1	จ.เพชรบูรณ์	468.8 a-e	เจ้า	ขาว
เมล็ดฝ้าย	จ.พัทลุง	443.2 a-f	เจ้า	ดำ
ULR174	จ.พิษณุโลก	439.6 a-g	เจ้า	ขาว
ULR321	จ.น่าน	432.8 a-h	เหนียว	ขาว
ปางไม้แดง	จ.เชียงใหม่	424.6 a-i	เจ้า	ขาว
ULR 183	จ.พิษณุโลก	419.9 a-j	เจ้า	ขาว
โคกขน 4	จ.เพรชบูรณ์	419.4 a-k	เหนียว	ขาว
ULR139	จ.เลย	414.5 a-l	เหนียว	ขาว
ข้าวซิม	จ.พิษณุโลก	412.6 a-l	เหนียว	ขาว
ข้าวเหนียวดำ	จ.เพรชบูรณ์	412 a-l	เหนียว	ดำ
ภูเรือ 5	จ.เลย	411.7 a-l	เจ้า	ขาว
ULR047	จ.เลย	411.1 a-l	เจ้า	ขาว
ข้าวเจ้ามัง	จ.พิษณุโลก	409.6 a-l	เจ้า	ขาว
ขาวเพี้ย	จ.ขอนแก่น	407.2 a-n	เจ้า	ขาว
แม่วาง 6	จ.เชียงใหม่	405.6 a-n	เหนียว	ดำ
ข้าวล้อ	จ.น่าน	111.9 z	เหนียว	ขาว
ซิวแม่จัน (พันธุ์เปรียบเทียบ)	จ.ขอนแก่น	270.0 c-z	เหนียว	ดำ
หอมสกล (พันธุ์เปรียบเทียบ)	จ.ขอนแก่น	286.2 c-z	เหนียว	ขาว
ผลผลิตเฉลี่ย		283.2		
CV. (%)		32.69		

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่แสดงในคอลัมน์เดียวกันที่ไม่มีตัวอักษรร่วมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p< 0.01$)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่ง จากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และขอขอบคุณศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน ที่ได้สนับสนุนงบประมาณอีกส่วนหนึ่งสำหรับการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2550, พันธุกรรมข้าวพื้นเมืองของกลุ่มชาติพันธุ์ภายใต้โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 225 หน้า.

จรัญจิต เพ็งรัตน์ สุวัฒน์ เจียระคงมั่น อัฒพล สุวรรณวงศ์ เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์ ดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์ อำนวย พงษ์พนัส อโณทัย เพ็งเรือง สุกัญญา พันธุจิตร สุทธกานต์ ใจกาวิล สมใจ สาลีโท ชุลีกร ลีโนนลาน สุขวิทยา ภาโสภะชนะ ศรีสมภาร วีระศักดิ์ หอมสมบัติ สุกัญญา กรานโต พิศาล กองหาโคตร กิจติพงษ์ เพ็งรัตน์ วราภรณ์ วงศ์บุญ กฤษณา สุดทะสาร และพันนิภา ยาใจ, 2554, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวปี 2553, กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, สถิติการนำเข้า-การส่งออกข้าว, [สืบค้น], http:\www.oae.go.th [6 กรกฎาคม 2553].

Gomez, K.A. and Gomez, A.A., 1984, Statistical Procedres for Agricultural Research; John Wiley and Sons: New York.

IRRI, 1996, Standard Evaluation System for Rice, IRRI, Philippines.

การศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวปลูกและข้าววัชพืช

The Study on Growth Characteristics of Cultivated and Weedy Rice

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] สุวิทย์ เฑียรทอง[1] เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์[1] และ วริสรา ปลื้มฤดี[1]

Sawatdikarn, S.[1], Teanthong, S.[1], Pradabpet, N.[1] and Pluemrudee, W.[1]

Abstract

The objective of this research was studied on the growth of cultivated rice and weedy rice. Samples of nine cultivated rice varieties namely Hom Suphunburi, Suphunburi 1, Suphunburi 2 Suphunburi 3, Pathumthani 1, Khaw Malet Lek, Hom Thung, Poung and Pin Kaew and three types of weedy rice namely Hang, Ded and Daeng types were planted in plastic pots. Stem height, leaf length, leaf wide, leaf number, tiller number and stem wide were measured at 84 days after planting. The results showed that the Khaw Malet Lek variety had the highest of stem height and leaf length, the Poung variety gave the highest of leaf length, leaf wide, number of leaf and number of tiller, whereas the Suphunburi 3 variety gave the lowest of stem height and leaf length. The Ded rice type had the lowest of number of leaf and number of tiller at 84 days after planting. The measurement of growth characteristics in term of stem height, leaf length, leaf wide, number of leaf, number of tiller and stem wide in cultivated rice namely Poung, Hom Thung, Pin Kaew and Khaw Malet Lek were classified from weedy rice at 84 days after planting. For the classification between cultivated rice including Pathumthani 1, Suphunburi 1, Suphunburi 2, Suphunburi 3 and Hom Suphunburi and weedy rice were used the growth characteristics in term of stem height at 84 days after planting.

Keywords: growth, cultivated rice, weedy rice

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวปลูกและข้าววัชพืช ทำโดยปลูกข้าวในกระถางพลาสติก จำนวน 9 พันธุ์ คือ พันธุ์พันธุ์หอมปทุมธานี สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 ปทุมธานี 1 ขาวเมล็ดเล็ก หอมทุ่ง พวง และปิ่นแก้ว และข้าววัชพืช 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวแดง วัดการเจริญเติบโต 6 ลักษณะ คือ ความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ จำนวนหน่อ และความกว้างกอของข้าวปลูกและข้าววัชพืชเมื่อมีอายุ 84 วันหลังปลูก ผลการทดลองพบว่า พันธุ์ขาวเมล็ดเล็กมีความสูงต้นและความยาวใบสูงสุด ส่วนพันธุ์พวงมีความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ และจำนวนหน่อสูงสุด สำหรับพันธุ์สุพรรณบุรี 3 มีความสูงต้นและความยาวใบต่ำสุด สำหรับข้าวดีดมีจำนวนใบและจำนวนหน่อต่ำสุด สำหรับการแยกความแตกต่างระหว่างข้าวปลูกกับข้าววัชพืช พบว่า การวัดการเจริญเติบโต 6 ลักษณะ คือ ความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบ จำนวนหน่อ และความกว้างกอสามารถแยกข้าว 4 พันธุ์ คือ พันธุ์พวง หอมทุ่ง ปิ่นแก้ว และขาวเมล็ดเล็กออกจากข้าววัชพืชได้ที่อายุ 84 วัน ส่วนการแยกความแตกต่างระหว่างข้าว 5 พันธุ์ คือ หอมสุพรรณบุรี สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 และปทุมธานี 1 กับข้าววัชพืช พบว่า ความสูงของต้นข้าวที่อายุ 84 วันสามารถใช้ในการแยกข้าว 5 พันธุ์ออกจากกับข้าววัชพืชได้

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต ข้าวปลูก ข้าววัชพืช

คำนำ

การศึกษาเกี่ยวกับข้าววัชพืชทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยดำเนินการอย่างกว้างขวาง ซึ่งเป็นการวิจัยที่เกี่ยวกับผลกระทบของข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตของข้าว 2 ลักษณะ คือ จำนวนต้นและความสูงต้น (Shivrain และคณะ, 2006) และผลกระทบต่อผลผลิตของข้าว (ปัญญา และคณะ, 2549; Shivrain และคณะ, 2009) ข้าววัชพืชมีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตได้ใน 2 ลักษณะ คือ ผลกระทบต่อความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ และผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (สุรพล และคณะ, 2549; Nordin และคณะ, 1998) สำหรับปัญหาหลักที่พบในปัจจุบันคือ การที่ข้าววัชพืชมี

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

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

ลักษณะของเมล็ดเหมือนกับข้าวปลูกทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของเมล็ดข้าวทั้งสองชนิดได้ (Askew และคณะ, 1998; Gealy และคณะ, 2009) จากการศึกษาของศานิต และคณะ (2553) พบว่า การใช้ความหนาของเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ดสามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวปลูกและข้าววัชพืชได้ แต่สำหรับการแยกความแตกต่างระหว่างข้าวปลูกกับข้าววัชพืชในระหว่างการเจริญเติบโตยังไม่มีผู้ศึกษามาก่อน และหากเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของข้าวปลูกและข้าววัชพืชได้ในระยะการเจริญเติบโตจะเป็นประโยชน์ในการแยกความแตกต่างระหว่างข้าวปลูกและข้าววัชพืชที่อยู่ในแปลงปลูก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการลดการปะปนของข้าววัชพืชในข้าวปลูก การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวปลูกและข้าววัชพืช จำนวน 12 พันธุ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจำแนกต้นของข้าวปลูกและข้าววัชพืชออกจากกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ดำเนินการที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนมกราคมถึงตุลาคม 2553 นำข้าวปลูกและข้าววัชพืช จำนวน 12 พันธุ์ คือ พันธุ์หอมปทุมธานี สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 ปทุมธานี 1 ขาวเมล็ดเล็ก หอมทุ่ง พวง และปิ่นแก้ว และข้าววัชพืช 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวแดง ปลูกและศึกษาการเจริญเติบโต 6 ลักษณะ คือ ความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ จำนวนหน่อ และความกว้างกอของข้าวปลูกและข้าววัชพืชที่มีอายุ 84 วันหลังปลูก โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 ซ้ำ และเปรียบเทียบผลการทดลองด้วยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตและลักษณะของต้นข้าวทั้ง 6 ลักษณะ คือ ความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ จำนวนหน่อ และความกว้างกอสามารถนำมาใช้ในการแยกความแตกต่างระหว่างข้าวนาปีและข้าววัชพืชได้ (Table 1) เนื่องจากข้าวนาปีทั้ง 4 พันธุ์ คือ ขาวเมล็ดเล็ก หอมทุ่ง พวง และปิ่นแก้ว เป็นข้าวที่เจริญเติบโตเร็วและมีความสูงที่อายุต่าง ๆ มากกว่าข้าววัชพืช และจากการทดลองของศานิต และคณะ (2553) พบว่า พันธุ์พวงเป็นพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดสูงและเมล็ดมีขนาดใหญ่จึงมีความแข็งแรงมากกว่าข้าววัชพืช สำหรับการเจริญเติบโตในระยะแรก นอกจากนี้ยังพบว่า เมล็ดข้าวดีดมีการพักตัว เช่นเดียวกับเมล็ดข้าววัชพืชที่มีการพักตัวทำให้การเจริญเติบโตในระยะแรกไม่ดีเท่าที่ควร (อัญชลี และ อ่วม , 2547) และยังพบว่า เมล็ดข้าววัชพืชทั้ง 3 ชนิดคือ ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวแดงมีการพักตัวแตกต่างกัน ทำให้การเจริญเติบโตในระยะแรกแตกต่างกัน เช่นเดียวกับที่ Nordin และคณะ (1999) รายงานว่า ข้าววัชพืช จำนวน 3 ชนิด คือ Lemont, Mars และ Maybelle มีการพักตัวต่างกัน โดย Lemont มีการพักตัวของเมล็ดร้อยละ 7 รองลงมาคือ Maybelle ที่มีการพักตัวร้อยละ 3 และ Mars มีการพักตัวของเมล็ดร้อยละ 2 ส่วนการแยกความแตกต่างระหว่างข้าว 5 พันธุ์ คือ หอมสุพรรณบุรี สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 และปทุมธานี 1 กับข้าววัชพืช พบว่า การเจริญเติบโต จำนวน 2 ลักษณะ คือ ความสูงต้นและจำนวนหน่อ สามารถใช้ในการแยกข้าว 5 พันธุ์กับข้าววัชพืชได้ โดยความสูงต้นที่อายุ 84 วัน (Table 1) สำหรับความสูงต้นของข้าวปลูกทั้ง 5 พันธุ์เมื่อวัดที่อายุ 84 วัน พบว่า มีค่าน้อยกว่าความสูงของข้าววัชพืช โดยข้าวนาปรังทั้ง 5 พันธุ์ มีความสูงต้นอยู่ระหว่าง 68.7-92.4 ซม. ในขณะที่ข้าววัชพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวแดง มีความสูงต้นอยู่ระหว่าง 95.0-112.7 ซม. และข้าวนาปรังทั้ง 5 พันธุ์มีจำนวนหน่อ อยู่ระหว่าง 7.6-11.2 หน่อ ในขณะที่ข้าววัชพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวแดง มีจำนวนหน่อ 6.5-7.6 หน่อ (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากข้าววัชพืชมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าข้าวปลูก เช่นเดียวกับ Gealey และคณะ (2000) ที่รายงานว่า ข้าววัชพืชมีการงอกและเจริญเติบโตได้ดีที่อายุ 21 หลังย้ายปลูกเป็นต้นไป โดยสามารถเจริญเติบโตในดินร่วนได้ดีกว่าการเจริญเติบโตในดินเหนียว และเช่นเดียวกับ Shivrain และคณะ (2009) พบว่า ข้าววัชพืชจำนวน 12 ชนิด คือ Ash-1, Chi-4, Chi-5, Cla-3, Dre-2, Gre-5, Lon-1, Phi-1, Poi-1, Poi-4, Pop-1 และ Ran-5 มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าข้าวปลูกจำนวน 2 พันธุ์ คือ CL161 และ CLXL 8 และข้าววัชพืชทั้ง 12 ชนิดมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปลูกทั้งสองพันธุ์ลดลงด้วย ในการวัดการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 12 พันธุ์ที่อายุ 84 วันหลังปลูก พบว่า การใช้ลักษณะการเจริญเติบโตทั้ง 6 ลักษณะ คือ ความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ จำนวนหน่อ และความกว้างกอสามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวนาปีออกจากข้าววัชพืชได้ (Table 1) และการใช้ลักษณะการเจริญเติบโตในด้านความสูงต้นและจำนวนหน่อ พบว่า สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวนาปรังกับข้าววัชพืชได้ โดยข้าวนาปรังทั้ง 5 พันธุ์ มีความสูงต้นอยู่ระหว่าง 68.7-92.4 ซม. ในขณะที่ข้าววัชพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวแดง มีความสูงต้นอยู่ระหว่าง 95.0-112.7 ซม. และข้าวนาปรังทั้ง 5 พันธุ์

มีจำนวนหน่อ อยู่ระหว่าง 7.6-11.2 หน่อ ในขณะที่ข้าววัชพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวแดง มีจำนวนหน่อ 6.5-7.6 หน่อ

สรุปผล

พันธุ์ขาวเมล็ดเล็กมีความสูงต้นและความยาวใบที่อายุ 84 วันหลังปลูกสูงสุด ส่วนพันธุ์พวงมีความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ และจำนวนหน่อที่อายุ 84 วันสูงสุด สำหรับพันธุ์สุพรรณบุรี 3 มีความสูงต้นและความยาวใบที่อายุ 84 วัน ต่ำสุด สำหรับข้าวดีดมีจำนวนใบและจำนวนหน่อที่อายุ 84 วันต่ำสุด สำหรับการแยกความแตกต่างระหว่างข้าวปลูกกับข้าววัชพืช พบว่า การวัดการเจริญเติบโต 6 ลักษณะ คือ ความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบ จำนวนหน่อ และความกว้างกอสามารถแยกข้าว 4 พันธุ์ คือ พันธุ์พวง หอมทุ่ง ปิ่นแก้ว และขาวเมล็ดเล็กออกจากข้าววัชพืชได้ที่อายุ 84 วัน ส่วนการแยกความแตกต่างระหว่างข้าว 5 พันธุ์ คือ หอมสุพรรณบุรี สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 และ ปทุมธานี 1 กับข้าววัชพืช พบว่า การเจริญเติบโตในด้านความสูงต้นสามารถใช้ในการแยกข้าว 5 พันธุ์ออกจากข้าววัชพืชได้

เอกสารอ้างอิง

ปัญญา ร่มเย็น กรรณิกา นากลาง และเอกสิทธิ์ สกุลคู, 2549, การแข่งขันระหว่างข้าวกับวัชพืชจากการใส่ปุ๋ยรองพื้นระยะเวลาต่างๆ ในนาหว่านข้าวแห้ง, ว. วิชาการเกษตร, 24: 67-82.

สุรพล จัตุพร อัญชลี ประเสริฐศักดิ์ และอมรรัตน์ อินทร์มั่น, 2549, การจัดการข้าวแดงแบบผสมผสานในนาหว่านน้ำตม, ว. วิชาการเกษตร, 24: 83-96.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ สุวิทย์ เฑียรทอง เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ และสิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์, 2553, ลักษณะทางกายภาพและ สรีรวิทยาของเมล็ดข้าวปลูกและข้าววัชพืช, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41 (3/1) (พิเศษ): 505-508.

อัญชลี ประเสริฐศักดิ์ และอ่วม คงชู, 2547, การรอดชีวิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวแดงบางชนิดในสภาพน้ำขัง, ว. วิชาการเกษตร, 22: 188-204.

Askew, S.D., Street, J.E. and Shaw, D.R., 1998, Herbicide Programs for Red Rice (Oryza sativa) Control in Soybean, (Glycine max). Weed Technology, 12: 103-107.

Gealy, D.R., Saldain, N.E. and Talbert, R.E., 2000, Emergence of Red Rice (Oryza sativa) Ecotype under Dry-Seeded Rice (Oryza sativa) Culture, Weed Technology, 14: 406-412.

Gealy, D.R., Agrama, H.A. and Eizenga, G.C., 2009, Exploring Genetic and Spatial Structure of U. S. Weedy Red Rice (Oryza sativa) in Relation to Rice Relatives Worldwide, Weed Science, 57: 627-643.

Nordin, J.A., Chandler, J.M., McCauley, G.N. and Sij, J.W., 1998, Red Rice (Oryza sativa) and Echinochloa spp. Contro; in Taxas Gulf Coast Soybean (Glycine max), Weed Technology, 12: 677-683.

Noldin, J.A., Chandler, J.M., Ketchersid, M.L. and Mccauley, G.N., 1999, Red Rice (Oryza sativa) Biology. II. Ecotype Sensitivity to Herbicides, Weed Technology,13: 19-24.

Shivrain, V.K., Burgos, N.R., Moldenhauer, K.A.K., Mcnew, R.W. and Baldwin T.L., 2006, Characterization of Spontaneous Crosses between Clearfield Rice (Oryza sativa) and Red Rice (Oryza sativa), Weed Technology, 20: 576-584.

Shivrain, V.K., Burgos, N.R., Gealy, D.R., Smith, K.L., Scott, R.C., Mauromoustakos, A. and Black, H., 2009, Red Rice (Oryza sativa) Emergence Characteristics and Influence on Rice Yield at Different Planting Dates, Weed Science, 57: 94-102.

Table 1 Stem height, leaf length, leaf wide, leaf number, tiller mumber and stem wide of some cultivated and weedy rice at 84 days after planting

Rice varieties	Stem height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf wide (cm)	Leaf number	Tiller number	Stem wide (cm)
Hom Suphunburi	73.5e	51.2d	2.2b	8.2ab	7.6c	8.5c
Suphunburi 1	92.4d	58.9c	3.1ab	8.1ab	8.2c	10.3b
Suphunburi 2	68.7f	46.5d	3.2ab	8.1ab	8.5c	9.6b
Suphunburi 3	84.2e	58.9c	3.1ab	7.9b	7.9c	9.5b
Pathumthani 1	85.3e	52.3d	2.5b	8.2ab	11.2b	10.2b
Khaw Malet Lek	168.4a	98.9a	3.2ab	9.1a	16.3a	21.3a
Hom Thung	151.4ab	88.6b	3.5ab	9.6a	12.4b	24.8a
Poung	152.6ab	92.3ab	4.3a	9.5a	16.9a	22.1a
Pin Kaew	142.1b	85.6b	3.6ab	9.1a	8.9c	12.9b
Hang	106.9d	66.9c	4.5a	8.9ab	7.6c	9.8b
Ded	112.7c	59.6c	3.5ab	7.6b	6.5d	10.5b
Daeng	95.8d	66.3c	3.3ab	7.9b	6.9d	9.5b
C.V. (%)	7.82	10.65	13.72	14.65	14.33	10.85

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

ผลของ W zero (W0) ที่มีต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวสุพรรณบุรี1

Effects of W zero (W0) on Plant Growth, Yield Component and Yield of Suphanburi 1 Rice Cultivar

เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์[1] **และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล**[1]
Kietnontapat , N.[1] and Aroonrungsikul, C.[1]

Abstract

The investigation of liquid solution W zero (W0) (by product of yeast cultivation process) on Suphanburi 1 rice cultivar was conducted at Seed Technology and Crop Improvement Field, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Development Institute at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, NakhonPathom. The experiment was done by randomized complete block design (RCB) in 4 treatments ; treatment 1 was 16-20-0 20 kg/rai, treatment 2 is investigated by soil applied W0 300 L /rai and fermented for 7 days durings soil preparation plus top dress W0 300 L /rai + 16-20-0 20 kg/rai, treatment 3 is investigated by top dress W0 300 L /rai + 16-20-0 10 kg/rai and treatment 4 is investigated by top dress W0 300 L /rai + 16-20-0 20 kg/rai, with three replications. Results indicated that the application of W0 in 3 treatments were not significant in some growth indice: plant height, no. of panicle per plant, panicle length, no. of seeds per panicle, 100 seeds weight and % empty glume. However, seed weight per panicle showed a highly significant in particular the top dress treatment of W0 300 L /rai + 16-20-0 20 kg/rai with 1.840 g. The treatment 2 applied WO 300 L/rai during soil preparation plus top dress W0 300 L /rai and 16-20-0 20 kg/rai was revealed the highest total yield of 840.88 kg/rai and the treatment 4, W0 300 L /rai + 16-20-0 20 kg/rai was obtained the 805.33 kg/rai total yield, but there were not significant both treatments.

Keywords: Suphanburi 1 rice, yield component, yield

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของของเหลวที่เหลือจากการเลี้ยงยีสต์ (W0) ที่มีต่อการเจริญเติบโต ลักษณะทางพืชไร่ และผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แปลงทดลองหน่วยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม วางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 3 ซ้ำโดยมี 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ใช้ปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 2 รด WO 300 ลิตร/ไร่ เพื่อหมักดินก่อนเตรียมดิน 7 วัน ร่วมกับรด WO ในอัตราเดียวกันและปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 3 รด WO 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 10 กก./ไร่ และกรรมวิธีที่ 4 รด WO 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ พบว่า การใช้ WO ในทั้ง 3 กรรมวิธี ให้ลักษณะความสูงของต้น จำนวนรวงต่อต้น ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นน้ำหนักเมล็ดต่อรวง ที่มีน้ำหนักเท่ากับ 1.840 กรัม มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธี ในลักษณะผลผลิต พบว่า กรรมวิธีที่ 2 ซึ่งรด WO 300 ลิตร/ไร่ เพื่อหมักดินก่อนเตรียมดิน 7 วัน และรด WO เพิ่มเติมที่อัตราเดียวกัน ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 840.88 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 โดยรด WO 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ให้ผลผลิต 805.33 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้ง 2 กรรมวิธี

คำสำคัญ: ข้าวสุพรรณบุรี 1 องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชูรสอาหาร จะมีกระบวนการต่างๆ และขั้นตอนที่ก่อให้เกิดของเสีย หรือไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การผลิตผลิตภัณฑ์ชูรสอาหาร เป็นปฏิกิริยาของเอนไซม์ อะมัยเลส และอะมัยโลกลูโคลซิเดส ย่อยแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส ที่ 60 องศาเซลเซียส ต่อด้วยกระบวนการหมัก โดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงในสารละลาย

---

[1] **ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม**

[1] Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Development Institute at Kamphaengsean Campus, Nakhon Pathom

น้ำตาลกลูโคส เพื่อเปลี่ยนกลูโคสเป็นกรดกลูตามิก ในระหว่างนี้จะมีการเติมกรดหรือด่างเพื่อให้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ และเติมยูเรียหรือแอมโมเนีย เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนของเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้นในน้ำหมักดังกล่าว จะมีสารละลายกรดกลูตามิกอยู่เป็นจำนวนมาก หลังจากกระบวนการตกผลึกกรดกลูตามิก จะได้ของเหลว W zero (W0) ซึ่งเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มที่เหลือจากการเลี้ยงยีสต์ ลักษณะสมบัติของ W0 ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเลี้ยงยีสต์ เป็นสารที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ และธาตุอาหารพืชบางชนิดอยู่ในปริมาณสูง ด้วยเหตุนี้จึงมีศักยภาพในการนำกลับไปใช้เป็นธาตุอาหารพืช เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ในกระบวนการผลิตพืช การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของ W0 ในการนำไปประยุกต์ใช้เชิงการเป็นธาตุอาหารสำหรับพืชและ/หรือการบำรุงดิน เป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการประยุกต์ใช้ของเสียจากการเลี้ยงยีสต์เป็นธาตุอาหารสำหรับพืชในอนาคต นอกจากนี้ยังลดปัญหาของเสียในภาคอุตสาหกรรม โดยนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกครั้งและเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการที่ยั่งยืน ด้วยวิถีทางการลดต้นทุนการผลิต ทดแทนปุ๋ยเคมีซึ่งมีราคาสูง โดยการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงผลของ W0 ที่มีต่อการเจริญเติบโต ลักษณะองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ซึ่งจะเป็นข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษา W0 ต่อการเจริญเติบโต ลักษณะองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อค (RCB, randomized complete block design) ทำ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบอัตราความเข้มข้นของ W0 จำนวน 4 กรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ใช้ปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 2 รด W0 300 ลิตร/ไร่ เพื่อหมักดินก่อนเตรียมดิน (ทำเทือก) 7 วัน ร่วมกับรด WO ในอัตราเดียวกันและปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 3 รด W0 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 10 กก./ไร่ และกรรมวิธีที่ 4 รด W0 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ในแต่ละกรรมวิธีแบ่งใส่ที่ระยะ 20, 40 และ 60 วัน หลังปลูก ใช้พื้นที่แปลงทดลอง ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เตรียมพื้นที่แปลงย่อยขนาด กว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตร จำนวน 12 แปลงย่อย มีคันดินสูง 1 ฟุต กั้นระหว่างแปลงย่อย เพื่อป้องกันน้ำที่จะไหลซึม และหว่านกล้าข้าวที่บ่มเตรียมไว้ลงในแต่ละแปลงย่อยในอัตราที่เท่ากัน (อัตราปลูก 2 ถังต่อไร่) ดำเนินการตามแผนการทดลอง

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ วิเคราะห์สมบัติทางเคมี เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของ W0 และ ดินก่อน-หลังการทดลอง ซึ่งวิเคราะห์ตามวิธีการของ Sparks และคณะ (1996) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตต่อพื้นที่ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากการใช้ W0 ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ ที่ให้ข้าว

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ลักษณะสมบัติของดินก่อน – หลังการทดลอง และสมบัติของ W0

1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนทดลองและหลังการทดลอง มีความเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยดินก่อนการทดลองมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.36 ส่วนดินหลังการทดลอง พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก.ต่อไร่ เพียงอย่างเดียว (T1) มีค่าความเป็นกรดด่างใกล้เคียงมากที่สุด ส่วนกรรมวิธีการหมักดินร่วมกับรด WO 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ (T2) มีค่า pH ลดลงมากที่สุดสำหรับค่าการนำไฟฟ้า ดินก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 1.01 (dS/m) แต่เมื่อวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีค่าลดลงในทุกกรรมวิธี โดยการหมักดินก่อนปลูกด้วย WO และรด WO 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ (T2) มีค่าการนำไฟฟ้าลดลงมากที่สุด และค่าการนำไฟฟ้าลดลงน้อยที่สุดในกรรมวิธีที่มีการรด WO 300 ลิตร/ไร่ + ปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ (T4) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในดินก่อนและหลังการทดลอง มีปริมาณน้อยและไม่แตกต่างกัน ยกเว้นธาตุไนโตรเจน ในกรรมวิธีที่หมักดินร่วมกับรด WO 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ (T2) มีปริมาณธาตุไนโตรเจนหลังการทดลองร้อยละ 0.18 ซึ่งสูงกว่าดินก่อนการทดลอง (Table 1) สมบัติของ WO พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.00 ซึ่งเป็นกรด มีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงมากเท่ากับ 27.60 dS/m WO มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าธาตุอาหารชนิดอื่น เท่ากับร้อยละ 1.39 ส่วนปริมาณธาตุไนโตรเจนมีทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 0.45 และปริมาณธาตุฟอสฟอรัสมีทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 0.05

2. การเจริญเติบโต และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของข้าวสุพรรณบุรี 1

2.1 ความสูงต้นข้าว ความสูงต้นที่อายุต่างๆ ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยพบว่า ความสูงต้นข้าวจะตอบสนองจากแต่ละกรรมวิธีที่แตกต่างกัน เช่น ที่อายุ 20 วัน การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) ให้ค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุด (30.55 เซนติเมตร) ข้าวที่อายุ 40 วันและที่อายุ 60 วัน พบว่า การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T4) ให้ค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุด ส่วนที่อายุ 80 วัน พบว่า การให้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว (T1) ต้นข้าวให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด

2.2 จำนวนรวงต่อกอ การหมักและรด WO รวมทั้งการให้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ไม่มีผลต่อการแสดงออกของค่าเฉลี่ยจำนวนรวงต่อกอ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างแต่ละกรรมวิธี แต่พบว่า การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) และการให้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T1) ให้จำนวนรวงต่อกอที่สูงเท่ากัน คือ 2.88 รวงต่อกอ รองลงมาคือ การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)

2.3 ความยาวรวง การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 ทั้ง 2 อัตรา หรือการให้ปุ๋ย 16-20-0 เพียงอย่างเดียว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่การหมักดินและรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) ให้ค่าเฉลี่ยความยาวรวงสูงที่สุด คือ 23.13 เซนติเมตร รองลงมาคือ การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T4) และการรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) ให้ความยาวรวงสั้นที่สุด (Table 1)

2.4 จำนวนเมล็ดต่อรวง การหมักและรด WO รวมทั้งการให้เพียงปุ๋ย 16-20-0 อย่างเดียว ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อรวงที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละกรรมวิธี แต่การหมักและการรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) ให้จำนวนเมล็ดต่อรวงที่สูงที่สุด คือ 82.23 เมล็ด รองลงมาคือ การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T4) และการให้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างเดียว (T1) ให้จำนวนเมล็ดต่อรวงต่ำสุด (Table 1)

2.5 น้ำหนักเมล็ดต่อรวง การให้น้ำหนักเมล็ดต่อรวงในแต่ละกรรมวิธี มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) โดยเฉพาะการรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T4) ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดต่อรวงสูงที่สุด คือ 1.840 กรัม รองลงมาคือ การหมักดินก่อนปลูกและรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) ส่วนการให้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว (T1) ให้น้ำหนักเมล็ดต่อรวงต่ำสุด

2.6 น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่อย่างไรก็ตามการหมักดินก่อนปลูกร่วมกับการรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ด ที่สูงที่สุด คือ 2.683 กรัม รองลงมาคือ การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) และค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ด ที่ต่ำสุด คือ การให้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว (T1) (Table 1)

2.7 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละกรรมวิธี โดยพบว่า การให้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว (T1) ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงที่สุด คือ 6.70 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำสุดคือ การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T4) (Table 1)

กรรมวิธีที่ศึกษามีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดต่อรวงมากกว่าจำนวนรวงต่อกอ เนื่องจากธาตุอาหารที่จำกัด จะถูกนำไปสร้างความสมบูรณ์ของเมล็ด ส่งผลให้จำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนักเมล็ดต่อรวงมากกว่าจำนวนรวงต่อกอ กรรมวิธีที่มีการหมักดินก่อนปลูกร่วมกับการรด WO และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินมีมากขึ้น โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมที่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ดต่อรวง ซึ่งสอดคล้องกับ เอกสงวน (2544) ที่สรุปว่า ธาตุอาหารโพแทสเซียมมีส่วนสำคัญในโครงสร้างของเอนไซม์ที่จะช่วยให้ข้าวมีเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักดี สภาพแวดล้อมในช่วงของการสร้างรวง ช่วงการผสมเกสร และช่วงการสะสมอาหารในเมล็ด จะมีผลต่อจำนวนเมล็ดลีบมาก เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ความเข้มของแสง การให้น้ำและปุ๋ย (อภิชาต และ เสริมศักดิ์, 2535)

3. ผลผลิต

การให้ผลผลิตใน Table 2 ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ วิธีการหมักดินก่อนปลูกและรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงที่สุดต่อไร่ คือ 840.88 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ การรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (T4) และการรด WO ที่อัตรา 300 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) ตามลำดับ แม้ว่าจะไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ แต่วิธีการหมักดินก่อนปลูกร่วมกับการเพิ่ม WO และปุ๋ย 16-20-0 ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด ซึ่งเป็นผลจากจำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดต่อรวงที่สูง ดังนั้นการลดปริมาณปุ๋ยเคมีลง และเพิ่มปริมาณของ WO ให้สูงขึ้นก็อาจได้ผลผลิตในปริมาณใกล้เคียงกัน ชี้ให้เห็นว่า การใช้ WO หมักดินก่อนปลูกในช่วงเตรียมดินสามารถช่วยปรับโครงสร้างของดิน และส่งเสริมให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินดูดไปใช้ได้เต็มที่ สามารถลดปริมาณปุ๋ยเคมีให้น้อยกว่าอัตราปกติ ซึ่งจะทำให้เกษตรกรลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมี ที่มีราคาสูงโดยไม่มีผลต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของต้น

Table 1 Effects of WO on no. of panicle per plant, panicle length, yield components, % empty glume and Grain yield

Treatment	No. of panicle /plant	panicle length (cm)	NO. of seeds/ panicle	Seeds weight/ panicle (g)[1]	100 seeds weight (g)	% Empty glumes	Grain yield (Kg/rai)
T1 16-20-0 20 kg/rai	2.88	22.72	77.78	1.681 b	2.621	6.70	800.00
T2 Soil fermented with WO 300 L /rai 7 days before soil preparation plus top dress WO 300 L /rai + 16-20-0 20 kg/rai	2.79	23.13	82.23 a	1.828 ab	2.683	6.29	840.88
T3 Top dress WO 300 L /rai + 16-20-0 10 kg/rai	2.88	22.66	78.10	1.751 ab	2.669	6.51	757.33
T4 Top dress WO 300 L /rai + 16-20-0 20 kg/rai	2.80	23.01	80.12	1.840 a	2.658	5.97	805.33

[1]Means followed by the different letter (s) are significantly different (P<0.05) by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

สรุปผล

วิธีการหมักดินก่อนปลูกด้วยการรด WO 300 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ หรือการใช้ WO ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัม และ 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยไม่มีการหมักดิน ทำให้ลักษณะการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และปริมาณผลผลิตไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ยกเว้น น้ำหนักเมล็ดต่อรวง แต่มีแนวโน้มการหมักดินก่อนปลูกด้วยการรด WO 300 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 16-20-0 ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ค่อนข้างสูง

เอกสารอ้างอิง

อภิชาต เถาว์โท และเสริมศักดิ์ อาวะกุล, 2535, ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการปลูกข้าว, บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ, 221 หน้า.

เอกสงวน ชูวิสิฐกุล, 2544, เทคโนโลยีการผลิตข้าวพันธุ์ดี, สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, 137 หน้า.

Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.H., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E., 1996, Soil Testing and Plant Analysis, Americra Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 435 P.

ผลของสารละลายอาหารเสริมพืชต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

Effect of Plant Supplement on Seed Germination and Seed Vigor of KDML 105 Rice Variety

ศิริวรรณ ทิพรักษ์[1] และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล[1]
Tipparak, S.[1] and Aroonrungsikul, Ch.[1]

Abstract

The effect of plant supplements on seed germination and seed vigor of KDML 105 rice was investigated. Two plant supplements were pig manure tea and liquid fertilizer containing with Zinc and Manganese. The seeds was soaked in the various plant supplements at different temperatures ; 30 40 and 50 °C, for 24 hour, then incubated for 48 hour. The result showed that seed soaking by plant supplement dilution at 30 °C was not significantly increase seed germination and speed of germination of KDML 105 rice. However, seed germination and speed of germination were trend to increased. At 40 °C condition, seed soaking by plant supplement dilution obtained a higher average seed germination and speed of germination more than water treatment. For the soaking seed at 50 °C condition, seed germination of the pig manure tea dilution ratio 1:30 and 1:20 and liquid fertilizer dilution ratio 1:300 were not significantly different, at 73.5, 71.5 and 71.0 %, respectively.

Keywords: seed soaking, pig manure tea, plant supplement

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารละลายอาหารเสริมพืชต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว ขาวดอกมะลิ 105 โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลายอาหารเสริมพืช 2 ชนิด ได้แก่ น้ำขี้หมู และปุ๋ยน้ำที่มีส่วนประกอบของสังกะสีและแมงกานีส ในความเข้มข้นต่างกัน ที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบ่ม 48 ชั่วโมง พบว่า การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสารละลายอาหารเสริมไม่มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอกและความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มสูงกว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30°C ขณะที่การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสารละลายอาหารเสริมพืช ที่อุณหภูมิ 40°C ทำให้มีความงอกและความเร็วในการงอกเฉลี่ยเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:30 1:20 และปุ๋ยน้ำต่อน้ำ อัตรา 1:300 ที่อุณหภูมิ 50°C ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ พบว่ามีความงอก 73.5 71.5 และ 71.0 % ตามลำดับ

คำสำคัญ: การแช่เมล็ดพันธุ์ น้ำขี้หมู สารละลายอาหารเสริมพืช

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนที่ต้องมีอุณภูมิที่สูงระดับหนึ่งเพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต อุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในระหว่าง 25 - 33°C ในส่วนของเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์อยู่ในช่วง 20 - 35°C (สมชาย, 2548) หากมีการแช่เมล็ดพันธุ์พืชก่อนการเพาะเมล็ดในน้ำระยะหนึ่ง จะทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้ดีขึ้น มีการเจริญเติบโตของต้นกล้าเร็วขึ้น และเป็นการหลีกเลี่ยงสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมของดินและสภาพอากาศ (Bradford, 1986) การแช่เมล็ดพันธุ์พืชก่อนปลูกจึงมีส่วนสำคัญในการเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนทำการเพาะปลูก ในบางกรณีอาจมีการใส่ธาตุอาหารพืชหรือสารกำจัดศัตรูพืชเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้ต้นกล้างอกได้ดีขึ้น และลดการทำลายของศัตรูพืช

น้ำขี้หมูเป็นของเหลวที่ได้จากการแช่ขี้หมูแห้ง 24 ชั่วโมง กรอง แล้วนำน้ำใสมาใช้ในลักษณะของสารละลายอาหารเสริมพืชซึ่งพบว่ามีธาตุอาหารพืชสะสมอยู่มาก ได้แก่ โซเดียม 303 - 317 มก./กก. แมกนีเซียม 179 - 229 มก./กก. แคลเซียม 45 - 95 มก./กก. และธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (สุกัญญา และคณะ, 2553) ซึ่งทำให้มีธาตุ

[1] สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เลขที่ 1 หมู่ 6 อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Research and development institute at kamphaeng saen kasetsart university kamphaeng saen campus 1 Moo. 6 Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

อาหารพืชมีโอกาสสะสมในเมล็ดได้มากขึ้น ต้นอ่อนและรากสามารถเจริญได้เร็วขึ้น ประหยัดเวลาในการแช่เมล็ดข้าว สำหรับสารละลายอาหารเสริมพืชที่เป็นปุ๋ยน้ำจะมีธาตุสังกะสีจะช่วยให้ข้าวไม่มีอาการใบเหลือง ต้นสั้น แคระแกร็น และธาตุแมงกานีสมีความสำคัญต่อพืชคือ เป็นธาตุอาหารที่ช่วยในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และการสร้างเอนไซม์หลายชนิด การทดลองของบุญมี และคณะ (2552) พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาด้วยปุ๋ยทางใบ FCB ความเข้มข้น 3 ซีซีต่อลิตร การแช่เมล็ดด้วยปุ๋ยทางใบ นูริช ความเข้มข้น 1 ซีซีต่อลิตร ทำให้ความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าว พบว่าการใช้ไคโตซานชนิดโพลิเมอร์แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกร่วมกับการฉีดพ่นเพิ่มอีก 4 ครั้ง ทำให้ต้นข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้ง และมีจำนวนต้นต่อกอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สุชาดา และคณะ, 2548) และการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในน้ำที่มีอุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 16 หรือ 24 ชั่วโมง สามารถแก้การพักตัวของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ (วเรนยา, 2541) การศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาผลกระทบของธาตุอาหารเสริมพืชดังกล่าวต่อคุณภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำขี้หมู และผลิตภัณฑ์ธาตุอาหารเสริมที่มีส่วนประกอบของสังกะสีและแมงกานีสมาใช้ในการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แช่ในสารละลายอาหารเสริมพืช 2 ชนิด ได้แก่ น้ำขี้หมู และปุ๋ยน้ำที่มีส่วนประกอบของสังกะสีและแมงกานีสในความเข้มข้น โดยมีกรรมวิธีดังนี้ น้ำ (กรรมวิธีควบคุม) น้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:10 น้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:20 น้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:30 ปุ๋ยน้ำต่อน้ำอัตรา 1:300 ปุ๋ยน้ำต่อน้ำอัตรา 1:400 ปุ๋ยน้ำต่อน้ำอัตรา 1:500 แช่ในอุณหภูมิ 30 40 และ 50°C ทำการแช่เมล็ดพันธุ์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบ่ม 48 ชั่วโมง ก่อนเพาะเมล็ด เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้ (1) การทดสอบความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ทำการบันทึกข้อมูลความเร็วในการงอกของเมล็ดโดยนับจำนวนราก หรือปุ่มรากที่โผล่พ้นเมล็ด หลังบ่ม 48 ชั่วโมง และ 3 วันหลังเพาะ (2) การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ ทำการทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีการเพาะเมล็ดแบบระหว่างกระดาษ (between paper) ที่อุณหภูมิ 25°C ให้แสง 12 ชั่วโมง จำนวน 4 ซ้ำ ทำการประเมินผลที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด และรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกโดยประเมินความงอกตามกฎของ ISTA (1999) (3) การเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยนำเมล็ดพันธุ์จากแต่ละกรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด ไปเพาะในที่มืดที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 7 วัน ทำการประเมินความงอกแล้วคัดเอาต้นกล้าปกติมาวัดความยาวของลำต้น รายงานผลเป็นความยาวต้นกล้าเฉลี่ย (ISTA, 1995) และทำการวัดความยาวรากรายงานผลเป็นความยาวรากเฉลี่ย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสารละลายอาหารเสริมพืชที่อุณหภูมิ 30°C ก่อนปลูก มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความเร็วในการงอก และเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงขึ้น โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:30 ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีการงอกของรากได้เร็วที่สุดหลังบ่ม 48 ชั่วโมง คือ 51.5% และมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (น้ำ) (Table 1) และมีความยาวต้นและความยาวรากหลังเพาะ 7 วัน สูงที่สุด คือ 6.78 และ 13.27 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 3) และการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสารละลายอาหารเสริมพืชทุกอัตรามีผลทำให้ข้าวมีความงอก 95.5-96.5% ในขณะที่การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอก 94.0% (Table 2)

การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยปุ๋ยน้ำที่มีส่วนประกอบของสังกะสีและแมงกานีสต่อน้ำในอัตรา 1:300 ที่อุณหภูมิ 40°C ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความเร็วในการงอกที่ระยะ 3 วันหลังเพาะ 98.0% (Table 1) และมีความงอกสูงสุด 97.0% (Table 2) ขณะที่การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความเร็วในการงอก 3 วันหลังเพาะ 94.0% และมีความงอกเท่ากับ 93.5% (Table 1 และ Table 2) และการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:10 ทำให้ข้าวมีความยาวต้นสูงสุด คือ 7.03 เซนติเมตร (Table 3)

สำหรับผลของการแช่ที่อุณหภูมิ 50°C พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกด้วยน้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:30 ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความเร็วในการงอก 3 วันหลังเพาะ และมีความงอกแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีความงอกสูงสุด คือ 90.0 และ 73.5% ตามลำดับ (Table 1 และ Table 2) ในขณะที่การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำ ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความเร็วในการงอก 3 วันหลังเพาะ และความงอก 60.5 และ 37.5% ตามลำดับ (Table 1 และ Table 2) และการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยปุ๋ยน้ำต่อน้ำในอัตรา 1:300 ส่งเสริมให้ข้าวมีความยาวต้น และความยาวรากสูงที่สุด คือ 3.96 และ 7.80 เซนติเมตร และแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (Table 3)

อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตของข้าว คือ 30°C (ISTA, 1999) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยสารละลายอาหารเสริมพืชก่อนปลูก ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความเร็วในการงอก และเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงขึ้น สอดคล้องกับผลงานของ Farooq และคณะ (2006) พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกด้วยกรรมวิธีต่างๆ ที่อุณหภูมิ 27±3°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 40°C พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยปุ๋ยน้ำที่มีส่วนประกอบของสังกะสีและแมงกานีส ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความเร็วในการงอก และเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด ดังนั้นการผลิตทางการเกษตรที่มีความแปรปรวนของสภาพอากาศ เช่น ในสภาพที่มีอุณหภูมิที่สูงเกินไป เช่นการทดลองนี้พบว่าหากมีความจำเป็นต้องมีการเตรียมการเพาะกล้าข้าวในขณะที่อุณหภูมิสูง หรือแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิสูง 50°C สามารถใช้วิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกด้วยน้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:30 ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความเร็วในการงอก และความงอกสูงสุด

Table 1 Effect of various plant supplements on speed of germination of KDML 105 rice seeds, after Incubatied for 0 and 3 days

Treatments	After Incubation			3 day		
	Radical Penetration (%)[1]			Radical Penetration (%)[1]		
	30 °C	40 °C	50 °C	30 °C	40 °C	50 °C
Water (control)	48.0 a	84.0 a	4	93.50	94.00	60.50 a
Pig manure tea 1:10	45.0 ab	49.0 bc	0	95.50	95.00	29.43 b
Pig manure tea 1:20	48.0 a	47.5 bc	0	95.50	95.00	83.43 a
Pig manure tea 1:30	51.5 a	68.0 ab	3	96.00	95.50	90.00 a
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:300	32.0 ab	23.5 c	0	95.50	98.00	79.14 a
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:400	49.0 a	57.0 b	0	97.00	92.50	64.00 a
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:500	24.5 b	27.5 c	0	96.50	94.00	65.71 a
F-test	**	**	-	ns	ns	**
C.V. (%)	22.90	23.05	-	3.03	3.28	18.41

ns = non significant difference

** = Different letters are significantly different ($p \leq 0.01$)

[1] Mean in the same column followed by a common letter are significantly different at the 0.01 Level by DMRT

Table 2 Effect of various plant supplements on germination of KDML 105 rice seeds, 7 days

Treatment	Germination (%)		
	30 °C	40 °C	50 °C
Water (control)	94.00	93.50	37.5 c
Pig manure tea 1:10	95.50	96.00	32.5 c
Pig manure tea 1:20	96.50	95.50	71.5 a
Pig manure tea 1:30	96.00	94.50	73.5 a
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:300	96.50	97.00	71.0 bc
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:400	96.50	93.00	52.5 b
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:500	96.50	94.00	43.5 a
F-test	ns	ns	**
C.V. (%)	2.30	2.87	11.16

ns = non significant difference

** = Different letters are significantly different ($p \leq 0.01$)

Mean in the same column followed by a common letter are significantly different at the 0.01 Level by DMRT

Table 3 Effect of various plant supplements on shoot and root length of KDML 105 rice seed

Treatment	Shoot length (cm)			Root length (cm)		
	30 °C	40 °C	50 °C	30 °C	40 °C	50 °C
Water (control)	6.13	5.89	0.77 b	12.34	7.64	2.03 b
Pig manure tea 1:10	5.45	7.03	0.68 b	9.27	9.43	1.29 b
Pig manure tea 1:20	6.73	6.95	1.67 b	12.86	10.12	3.38 ab
Pig manure tea 1:30	6.78	5.09	2.76 ab	13.27	7.85	5.93 ab
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:300	6.24	4.57	3.96 a	12.17	7.23	7.80 a
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:400	5.99	5.83	1.77 b	11.59	9.17	3.52 ab
Liquid fertilizer Zn + Mn 1:500	6.33	6.03	1.80 b	12.52	9.51	4.06 ab
F-test	ns	ns	**	ns	ns	**
C.V. (%)	5.50	11.53	28.19	6.94	13.75	22.24

ns = non significant difference

** = Different letters are significantly different ($p \leq 0.01$)

Mean in the same column followed by a common letter are significantly different at the 0.01 Level by DMRT

สรุปผล

การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยน้ำขี้หมูต่อน้ำอัตรา 1:30 ที่อุณหภูมิ 30°C ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการงอกที่เร็ว และได้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่อุณหภูมิ 30°C ด้วยสารละลายอาหารเสริมพืชทุกอัตราทำให้ข้าวมีความเร็วในการงอก และเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ ในขณะที่อุณหภูมิ 40°C พบว่าการแช่ด้วยปุ๋ยน้ำต่อน้ำอัตรา 1:300 มีผลต่อความเร็วในการงอก และเปอร์เซ็นต์ความงอกมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

บุญมี ศิริ นาตยา อาญาเมือง วรัญญา อิ่มสมบัติ และรังสรรค์ ถุงพุทธา, 2552, การกระตุ้นการงอกด้วยธาตุอาหารพืชและปุ๋ยน้ำต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวา, โครงการให้ทุนสนับสนุนโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (IRPUS), ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, บริษัท เอ.จี.ยูนิเวอร์แซล จำกัด, 7 หน้า.

วเรนยา สิงคนิภา, 2541, วิธีการแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ชัยนาท 1, รายงานการสัมมนาวิชาการส่งเสริมการเกษตร ประจำปี 2541 21-22 กรกฎาคม 2541, กรมส่งเสริมการเกษตร, 411 หน้า.

สมชาย ชคตระการ, 2548, ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี, ภาควิชาเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 343 หน้า.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ ปฏิมา อู่เจริญ และอุทัย คันโธ, 2553, การใช้ประโยชน์จากมูลสัตว์และน้ำเสียจากฟาร์มเวี้ยงสัตว์เป็นปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ สำหรับพืชเศรษฐกิจ, พิมพ์ครั้งที่ 3, 36 หน้า.

สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ และอิสรา สุขสถาน, 2548, ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาพืช, 762 หน้า.

Bradford, K.J., 1986, Manipulation of Seed Water Relations via Osmotic Priming to Improve Germination under Stress Conditions, HortScience, 21: 1105-1112.

Farooq, M., Basra, S.M.A. and Rehman, H.U., 2006, Seed Priming Enhances Emergence, Yield, and Quality of Direct-seeded Rice, Crop Management & Physiology, Department of Crop Physiology, University of Agriculture, Pakistan.

International Seed Testing Association (ISTA), 1995, Handbook of Vigour Test Methods 3rd Edition, 1995, International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

International Seed Testing Association (ISTA), 1999, International Rules for Seed Testing : Rule 1999, International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

การประเมินเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวด้วยวิธีการกะเทาะข้าวเปลือกสด

Prediction of Head Rice Percentage by De-hulling Fresh Pad

ทนิดา ตะเภาลอย[1] วันชัย จันทร์ประเสริฐ[1] กัญญา เชื้อพันธุ์[2] ชุลีกร ผ่องแผ้ว[1] และ พนิดา ทับทิมเพียร[1]
Tapaoloy, T.[1], Chanprasert, W.[1], Cheaphan, K.[2], Phongphaew, C.[1] and Taptimpian, P.[1]

Abstract

Rice purchasing system in the central region of Thailand has been changed recently due to the use of combine harvester resulting in high-moisture paddy which is sold immediately to the miller. Head rice percentage which is normally used for pricing cannot be tested by normal standard method due to its high moisture content of this fresh paddy. Therefore, this study was planned to seek a new method for predicting head rice percentage by de-hulling and grading the freshly harvested paddy. The experiment was conducted during November 2009 to January 2010 by randomly collected 31 samples of Pathumthani 1 rice grown and harvested by combine harvester in Chainat province. The paddy samples were subjected to 2 methods of head rice tests; i.e. fresh paddy de-hulling using de-hulling machine followed by an indent separator, and standard method for determining head rice percentage (dry sample). The results revealed that there was a significant relationship at the probability level of 0.05 between these 2 methods with the r value of 0.375* and the linear regression equation: $y = 0.232x + 22.52$, $R^2 = 0.141$. However, this relationship cannot be drawn to use for head rice prediction and set pricing due to its low accuracy.

Keywords: head rice, de-hulling, milling, milling quality

บทคัดย่อ

เนื่องจากระบบการขายข้าวเปลือกของชาวนาภาคกลางในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยชาวนาเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกสดด้วยเครื่องเกี่ยวนวดแล้วนำส่งขายโรงสีทันที ทำให้ไม่สามารถทดสอบเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพื่อการกำหนดราคาซื้อขายตามวิธีมาตรฐานได้ เพราะข้าวเปลือกยังมีความชื้นสูงอยู่ การวิจัยนี้จึงศึกษาหาวิธีประเมินเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (head rice percentage) ด้วยวิธีการกะเทาะข้าวเปลือกสด โดยใช้เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกกับเครื่องคัดคุณภาพข้าว ศึกษาในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ของเกษตรกรจำนวน 31 รายในพื้นที่จังหวัดชัยนาท ที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดช่วงเดือนพฤศจิกายน 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553 ตัวอย่างข้าวเปลือกสดทั้งหมดนำมาทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 2 วิธี คือ วิธีการกะเทาะข้าวเปลือกสด และวิธีกะเทาะข้าวตามวิธีมาตรฐาน จากผลการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์พบว่า เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวกล้องสดมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมาตรฐาน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.375* มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยพบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง มีสมการ $y = 0.232x + 22.52$ ค่า $R^2 = 0.141$ อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ดังกล่าวยังไม่สามารถใช้เป็นเกณฑ์กำหนดราคาซื้อขายได้เนื่องจากมีความแม่นยำต่ำ

คำสำคัญ: ต้นข้าว การกะเทาะข้าวเปลือก การสี คุณภาพการสี

คำนำ

ปัจจุบันชาวนาส่วนใหญ่ในเขตชลประทานภาคกลางปลูกข้าวไม่ไวแสง เก็บเกี่ยวข้าวโดยเครื่องเกี่ยวนวด และมักเก็บเกี่ยวเร็วกว่าปกติมาก ทำให้ได้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง Bautista และ Siebenmorgen (2008) พบว่าความชื้นขณะเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพการสี ข้าวเปลือกที่มีความชื้นขณะเก็บเกี่ยว 18-22 เปอร์เซ็นต์เมื่อนำไปขัดสีจะได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงสุด การเก็บเกี่ยวข้าวที่มีความชื้นมากกว่า 22 เปอร์เซ็นต์จะได้ข้าวเปลือกที่มีคุณภาพการสีต่ำ การที่ชาวนาเก็บเกี่ยว

---

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี หมู่ 1 คลอง 6 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลอง 6 อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
[2] Pathumthani Rice Research Center Moo.1 Khlong 6 Rangsit-Nakhon Nayok Road. Tumbon Klong 6. Thanyaburi. Pathum Thani 12110

แล้วนำข้าวเปลือกสดไปขายให้โรงสีทันที ทำให้เกิดปัญหาในการประเมินราคาด้วยเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว เนื่องจากไม่สามารถทดสอบเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจากข้าวเปลือกสดที่มีความชื้นสูงได้ เพราะการทดสอบเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวต้องกระทำเมื่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือก 14 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่า ทำให้การซื้อขายในปัจจุบันไม่สามารถอิงข้อกำหนดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติได้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2551) นอกจากนี้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเกิน 15 เปอร์เซ็นต์ จะถูกหักลดน้ำหนักข้าวเปลือกทุกๆ 1 เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มจากความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ในอัตรา 1 เปอร์เซ็นต์ที่ 15 กิโลกรัม/ตัน (กรมการค้าภายใน, 2552) อีกทั้งผู้รับซื้อยังประเมินราคาข้าวเปลือกสดจากสายตาและประสบการณ์มากกว่าใช้เกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอาจทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างผู้ซื้อ-ผู้ขายได้ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงวางแผนเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการหาวิธีกะเทาะข้าวเปลือกสดเพื่อทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว หากการกะเทาะข้าวเปลือกสดสามารถใช้ทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวได้ จะทำให้การซื้อขายข้าวเปลือกสดดังกล่าว สามารถอิงมาตรฐานการจัดชั้นคุณภาพตามเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวได้ ซึ่งจะเกิดความเป็นธรรมในการซื้อขายข้าวเปลือกในระดับเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 จากแปลงเกษตรกร 31 รายในเขตพื้นที่จังหวัดชัยนาทที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดรายละ 2 กิโลกรัม ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553 นำมาฝัดทำความสะอาด และวัดความชื้นทันทีด้วยเครื่องวัด EE-KU รุ่นเกษตร 60 ปี จากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ๆ ที่ 1 ทดสอบในพื้นที่ทันทีหลังเก็บเกี่ยวไม่เกิน 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวด้วยวิธีการกะเทาะข้าวเปลือกสดเป็นข้าวกล้อง โดยการสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกสดจำนวน 125 กรัม กะเทาะแยกข้าวกล้องสด ข้าวหักและแกลบ ด้วยเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก ขนาด 40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามด้วยเครื่องคัดคุณภาพข้าว (ตะแกรงกลมยาว) ยี่ห้อสินทวี ใช้ตะแกรงหมุนกลมเบอร์ 6 ตั้งเวลาในการคัดแยก 1 นาที 30 วินาที มอเตอร์ 0.25 แรงม้า ซึ่งตั้งเครื่องให้สามารถแยกข้าวกล้องที่มีความยาวตั้งแต่ 8 ใน 10 ส่วนของความยาวข้าวกล้องเต็มเมล็ด จากนั้นชั่งน้ำหนักต้นข้าวของข้าวกล้องสดและข้าวกล้องหัก แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ 2 นำไปทดสอบเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวตามวิธีมาตรฐาน โดยนำข้าวเปลือกสดไปผึ่งลดความชื้นให้เหลือประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ ส่งตัวอย่างไปที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี โดยบรรจุข้าวเปลือกในถุงกระดาษสีน้ำตาลที่ปิดสนิทเก็บรักษาไว้ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อให้ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกคงที่ จากนั้นสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกหนัก 125 กรัม กะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกข้าวขนาด 40 กิโลกรัม/ชม. นำข้าวกล้องที่ได้ไปขัดขาวด้วยเครื่องขัดขาวข้าว 2 รอบ ข้าวสารที่ได้นำไปคัดแยกด้วยมือ ชั่งน้ำหนักต้นข้าว (ต้นข้าว = ข้าวเต็มเมล็ด + ข้าวที่มีความยาว 8 ใน 10 ส่วนขึ้นไป) และข้าวหัก คำนวณและบันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีการกะเทาะข้าวเปลือกสด กับวิธีทดสอบเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวตามวิธีมาตรฐานโดยหา correlation coefficient และวิเคราะห์สมการถดถอย linear regression

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในเขตจังหวัดชัยนาทจากเกษตรกร 31 รายพบว่า ณ วันที่เกษตรกรใช้รถเกี่ยวนวดเก็บเกี่ยวข้าวเพื่อนำข้าวขายโรงสีนั้น ข้าวเปลือกมีความชื้นสูงถึง 19.7- 28.1 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 25.1 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่1) เมื่อนำมาศึกษาการกะเทาะเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 2 วิธีคือ วิธีกะเทาะข้าวเปลือกสด และวิธีทดสอบเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวตามวิธีมาตรฐาน พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวกล้องสดอยู่ในช่วง 35.6 - 70.2 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) มีข้าวกล้องหัก 8.2 - 33.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน พบว่ามีต้นข้าว 23.1 - 46.0 เปอร์เซ็นต์ มีข้าวสารหัก 19.5 - 38.6 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) พบว่าค่า r ระหว่างเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวกล้องสดกับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมาตรฐานเท่ากับ 0.375* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยมีสมการ $Y = 0.232X+22.52$ และค่า $R^2 = 0.141$ (Figure 1) ซึ่งสมการ Y ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิตินี้ อาจนำไปใช้ทำนายเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมาตรฐานได้ แต่เนื่องจากมีค่า R^2 ต่ำ และค่าสังเกต (observed value) กระจายตัวห่างจากค่าทำนาย (predicted value) มาก การจะใช้ทำนายเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจึงมีความคลาดเคลื่อนสูง การที่ต้องใช้วิธีการทดสอบคุณภาพการสีที่ข้าวเปลือกความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ เป็นวิธีมาตรฐานก็เนื่องจากโรงสีจะสีข้าวที่ประมาณความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ เพราะเป็นที่ทราบกันดีว่าให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงที่สุด (Mc Neal, 1950) แต่ถ้าหากเมล็ดข้าวเปลือกแห้งเกินไป ก็จะทำให้เมล็ดข้าวเปราะและแตกหักง่ายส่งผลให้คุณภาพการสีต่ำ (อัจฉราพร, 2548)

ในการทดลองนี้ ยังพบว่าข้าวเปลือกสดที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดซึ่งมีความชื้นสูงถึง 19.7 - 28.1 เปอร์เซ็นต์ นั้น ไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมาตรฐาน (r = 0.106ns) และไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ข้าวสารหัก (r = -0.126ns) ทั้งนี้ไม่สอดคล้องกับรายงานของ Bautista และ Siebenmorgen (2008) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นขณะเก็บเกี่ยวกับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว โดยพบว่าความชื้นระหว่าง 18-22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปขัดสีจะได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงสุด อย่างไรก็ตาม Geng และ Saunders (1986) รายงานว่าความชื้นของข้าวขณะเก็บเกี่ยว แม้จะมีความสำคัญต่อคุณภาพการสี แต่ก็ไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวที่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว ในกรณีของการทดลองครั้งนี้ ปัจจัยอื่น ได้แก่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่นปริมาณไนโตรเจน (Leesawatwong และคณะ, 2004) พันธุกรรม การดูแลจัดการแปลง และสภาพแวดล้อมระหว่างการเจริญเติบโตของพืช (Yoshida และ Hara, 1976) ข้าว 31 ตัวอย่างในการทดลองนี้ มาจากนาเกษตรกรที่มีการดูแลรักษาและใส่ปุ๋ยแตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณโปรตีนในเมล็ดและทำให้คุณภาพการสีแตกต่างกัน Cagampang และคณะ (1966) พบว่าข้าวกล้องที่มีปริมาณโปรตีนสูงมีความต้านทานความกร่อนและการแตกหักจากการสีมากกว่าข้าวกล้องที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ นอกจากนี้อัตราการบานของดอกและระยะเวลาจากออกดอกถึงเก็บเกี่ยวก็มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวด้วย โดยต้นข้าวและคุณภาพการสีจะลดลงเมื่อข้าวมีช่วงระยะเวลาออกดอกที่ยาว (Tabien และคณะ, 2009) นอกจากนี้ระยะการเจริญเติบโตของเมล็ดถึงระยะการสุกแก่เมล็ดก็มีผลต่อคุณภาพการสีด้วย (Jongkeawwattana และ Geng, 2001)

สรุปผล

การประเมินเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมาตรฐานโดยวิธีกะเทาะข้าวเปลือกสดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวกล้องสด พบว่าการหาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวกล้องสดมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมาตรฐาน โดยมีค่า r=0.375* และมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ค่า R^2 เท่ากับ 0.141 ซึ่งไม่สูงพอที่จะใช้ทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวได้อย่างแม่นยำ ในการทดลองนี้ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกขณะเก็บเกี่ยวไม่มีกับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมาตรฐานแต่อย่างใด

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน, 2552, การกำหนดมาตรฐานข้าวเปลือก, [สืบค้น], http: www.dit.go.th., [23 มกราคม 2554].

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2551, มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, [สืบค้น], http://www.acfs.go.th., [6 กรกฎาคม 2554].

อัจฉราพร ขุมทอง, 2548, การแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตร์ศาสตร์.

Bautista, R.C. and Siebenmorgen, T.J., 2008, Estimating Rice Optimal Harvest Moisture Content using Individual Kernel Moisture Content Distributions at harvest, pp. 254-263. In: Norman, R., Meullenet, J.-F. and Moldenhauer, K.A.K., eds. B.R. Wells Rice Research Studies 2007, University of Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, AR.

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, J. Cereal Chem, 43: 145-155.

Geng, S. and Saunders, R. M., 1986, Rice Quality and Product Development, California Rice Research Board, Annual Report 1986, [Online], http://www.carrb.com/86rpt//Quality.htm, [2 July 2011].

Jongkeawwattana, S. and Geng, S., 2001, Inter-relationships Amongst Grain Characteristics, Grain-filling Parameters and Rice (Oryza sativa L.) Milling Quality, Journal of Agronomy and Crop Science, 188: 161-167.

Leesawatwong, M., Jamjod, S., Kuo, J., Dell, B. and Rerkasem, B., 2004, Nitrogen Fertilizer Alters Milling Quality and Protein Distribution in Head Rice, Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 Sep - 1 Oct 2004 | ISBN 1 920842 20 9

McNeal, X., 1950, Rice Aeration, Drying and Storage, Arkansas Agric. & ta. Bull.

Tabien, R.E., Samonte, P.B. and Tiongco, E.R., 2009, Relationship of Milled Grain Percentages and Flowering-Related Traits in Rice, Journal of Cereal Science, 49: 122-127.

Yoshida, S. and Hara, T.,1976, Effect of Air Temperature and Light Grain Filling of Indica and Japonica Rice under Controlled Environmental Condition, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2: 93-107

Table 1 ความชื้นเมล็ด คุณภาพการสีข้าวเปลือกสดที่ทดสอบหลังเก็บเกี่ยวไม่เกิน 24 ชั่วโมง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว ของข้าวกล้องสด และเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องหัก และคุณภาพการสีที่ทดสอบตามวิธีมาตรฐาน (ความชื้นเมล็ด 14 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่า) ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก ของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 จากเกษตรกร 31 รายในเขตจังหวัดชัยนาท เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	คุณภาพการสีของข้าวเปลือกสด		คุณภาพการสีข้าวเปลือกตามวิธีทดสอบต้นข้าวมาตรฐาน	
		เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวกล้องสด	เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องหัก	เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก
1	27.9	60.5	10.8	38.2	26.5
2	25.7	57.6	16.5	34.1	30.8
3	22.9	64.2	12.4	31.4	32.4
4	26.5	55.0	12.3	29.8	32.7
5	21.2	48.1	28.6	32.2	33.2
6	25.7	57.8	12.3	34.2	30.1
7	28.0	53.1	14.2	33.9	29.0
8	25.8	52.7	16.7	26.8	38.6
9	25.6	58.4	12.7	34.5	27.7
10	24.7	68.3	11.0	37.6	27.1
11	24.5	66.6	10.4	38.6	25.4
12	25.5	63.4	12.6	35.8	27.4
13	19.7	53.4	28.2	35.8	27.2
14	22.7	58.6	22.1	33.8	31.5
15	23.8	68.3	10.8	39.6	23.6
16	24.4	67.0	13.0	40.3	24.3
17	23.6	70.2	9.3	41.2	24.0
18	21.5	35.6	33.7	30.3	34.6
19	26.3	51.6	18.9	30.2	37.5
20	26.5	53.7	16.7	23.1	45.7
21	25.0	67.0	8.2	35.5	28.3
22	26.2	66.2	8.8	37.7	26.6
23	24.4	67.4	8.2	37.1	27.1
24	24.6	65.3	10.3	42.2	24.0
25	24.7	49.2	20.9	34.3	28.6
26	23.8	44.0	28.9	44.6	20.5
27	27.3	60.3	12.3	46.0	19.5
28	26.8	59.0	14.1	43.7	21.3
29	26.7	44.2	23.9	34.2	28.6
30	28.1	55.3	14.5	38.9	22.6
31	27.7	56.6	12.8	41.5	20.4
ค่าเฉลี่ย	25.1	58.0	15.7	36.0	28.3

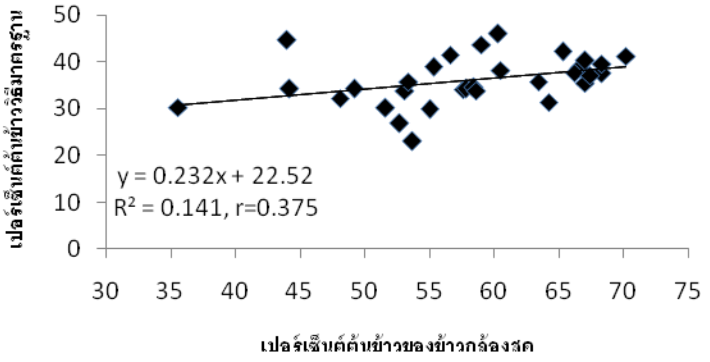


Figure 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของกล้องสด ซึ่งทดสอบด้วยวิธีกะเทาะข้าวเปลือกสดหลังการเก็บเกี่ยว ไม่เกิน 24 ชั่วโมง กับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวที่ทดสอบตามวิธีมาตรฐาน

ประสิทธิภาพของผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคถอดฝักดาบของข้าวในแปลงนา

Efficacy of Powder Formulation of Antagonistic Bacteria to Control Rice Bakanae Disease in the Field

รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์[1] ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม[2] วิชชุดา รัตนากาญจน์[1] และ วันพร เข็มมุกด์[1]

Dhitikiattipong, R.[1], Srikoom, P.[2], Rattanakarn, W.[1] and Khemmuk, W.[1]

Abstract

Efficiency of powder formulation of antagonistic bacteria to control rice bakanae disease was studied in farmer fields at Amphoe mueang-phayao, Phayao province in wet season of 2009 and 2010. The experiment was designed as RCB (Randomized Complete Block) with 4 replications and 8 treatments. The treatments were 1) control treament 2) antagonistic bacteria BAK-016 3) antagonistic bacteria BAK-088 4) antagonistic bacteria BAK-102 5) antagonistic bacteria BAK-117 6) antagonistic bacteria BAK-131 7) wood vinegar and 8) mancozeb+ carbendazim. The result in 2009 showed that naturally-infected RD6 seeds bacterized with BAK-131 and BAK-088 had bakanae incidence 8.9% and 9.7%, respectively, comparable to 8.2% of the mancozeb+carbendazim treatment and 10.9% of control treatment. For the other isolates, BAK-102, BAK-016 and BAK-117 had bakanae incidence 12.6%, 12.7% and 12.9%, respectively. For rice yield, treatment of BAK-088 gave the highest of rice yield 596 kilogram per rai more than chemical treatment which gave rice yield 556 kilogram per rai. The result from wet season 2010 revealed that at the seedling stage, rice seed bacterized with BAK-016 and BAK-131 showed bakanae incidence 0.31% and 0.40%, respectively, while the mancozeb+carbendazim and control treatment showed bakanae incidence 0.03% and 1.48%, respectively. At the tillering stage, seed bacterized with BAK-131 showed the most effective to control disease which had bakanae incidence 1.30% less than the mancozeb+carbendazim and control treatment which had bakanae incidence 1.47% and 3.87%, respectively.Treatment of BAK-102 gave the highest rice yield 647 kilogram per rai more than mancozeb+carbendazim and control treatment which gave 516 and 547 kilogram per rai, respectively.

Keywords: antagonistic bacteria, powder formulation, rice bakanae disease, biological control

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคถอดฝักดาบของข้าวในแปลงนา ดำเนินการทดลองในนาเกษตรกร อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ในฤดูนาปี 2552 และ 2553 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี ได้แก่ 1.กรรมวิธีควบคุม (control) 2.แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-016 3.แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-088 4.แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-102 5.แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-117 6.แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 7.น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) 8.สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim ผลการทดลอง ปี 2552 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีในระยะแตกกอ การใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim ให้ผลในการควบคุมโรคถอดฝักดาบดีที่สุด โดยพบเกิดโรคเพียง 8.2 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีที่ให้ผลดีรองลงมาคือ การใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 และ BAK-088 เกิดโรคถอดฝักดาบ 8.9 และ 9.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีควบคุม (control) เกิดโรคสูงกว่า คือ 10.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลผลิตของข้าวในทุกรรมวิธี พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีแนวโน้มว่า การใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-088 ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด 596 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim ที่ให้ผลผลิตข้าวต่ำสุด 556 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองในปี 2553 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีในระยะกล้า โดยพบว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+ carbendazim เกิดโรคถอดฝักดาบน้อยที่สุด 0.03 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-016 และ BAK-131 เกิดโรค 0.31 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ข้าวเกิดโรค 1.48 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในระยะแตกกอ พบว่าการเกิดโรคถอดฝักดาบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกรรมวิธี โดยการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 เกิดโรคน้อยที่สุด 1.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim ที่ข้าวเกิดโรค 1.47 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าข้าวในกรรมวิธีควบคุม ที่พบว่าเกิดโรค มากที่สุด 3.87 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลผลิตของข้าว มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกรรมวิธี พบว่าการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-102 ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด 647 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim และ กรรมวิธีควบคุม ที่ให้ผลผลิต 516 และ 547 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ: แบคทีเรียปฏิปักษ์ สูตรสำเร็จรูปผง โรคถอดฝักดาบของข้าว การควบคุมโดยชีววิธี

[1] **สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 0-2579-3693**

[1] Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Chatuchak, Bangkok 10900 Tel. 0-2579-3693

[2] **ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย อ.พาน จ.เชียงราย 57120 โทรศัพท์ 053-721578**

[2] Chiangrai Rice Research Center, Phan, Chiang Rai 57120 Tel. 053-721578

คำนำ

โรคถอดฝักดาบของข้าว (Bakanae Disease of Rice) หรือโรคหลาว ข้าวตัวผู้ หรือโคนเน่า มีสาเหตุจากเชื้อรา *Fusarium fujikuroi* Nirenberg (synonym : *F. moniliforme* Sheldon) ซึ่งสร้างส่วนขยายพันธุ์ แบบไม่ใช้เพศ (anamorph) คือ โคนีเดีย (conidia) หากเป็นระยะที่สร้างส่วนขยายพันธุ์ แบบใช้เพศ (teleomorph) คือ แอสโคสปอร์ (ascospore) จะเป็นเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Wollenworth เป็นโรคที่กำลังเป็นปัญหาในแหล่งปลูกข้าวทางภาคเหนือในขณะนี้โดยเฉพาะจังหวัดแพร่ พะเยา น่าน ลำปาง เชียงราย และเชียงใหม่ จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างข้าวที่เป็นโรคถอดฝักดาบในจังหวัดแพร่ และพะเยา เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2547 พบข้าวพันธุ์ กข15 และ ขาวดอกมะลิ 105 เป็นโรคถอดฝักดาบประมาณ 15-30 เปอร์เซ็นต์ (รัศมี, 2548) เชื้อราสาเหตุโรคสามารถสร้างกรด fusaric ทำให้ต้นข้าวชะงักการเจริญเติบโต (stunting) และสาร gibberellin กระตุ้นให้ต้นข้าวย่างปล้องสูงขึ้น (elongation) ดังนั้นอาการของโรคจึงขึ้นกับสาร 2 ตัวนี้ ถ้าต้นข้าวเป็นโรครุนแรงในระยะกล้าจะเกิดอาการโคนเน่า (foot rot) และต้นกล้าเน่า (seedling rot) ทำให้ต้นกล้าข้าวแห้งตายหลังจากปลูกได้ไม่เกิน 7 วัน เนื่องจากกรด fusaric หากต้นข้าวเป็นโรคไม่รุนแรงจะแสดงอาการสูงกว่าต้นข้าวปกติอย่างชัดเจน ต้นข้าวผอม ใบมีสีเขียวอ่อนซีด มักย่างปล้อง และมีรากที่ข้อต่อของลำต้นส่วนที่ย่างปล้อง เนื่องจากสาร gibberellin แต่อาการย่างปล้องนี้อาจไม่เกิดก็ได้ ส่วนใหญ่ต้นข้าวที่เป็นโรคจะตายก่อนออกรวง ถ้าไม่ตายและเจริญจนถึงเก็บเกี่ยว จะพบว่าต้นข้าวแตกกอน้อย รวงข้าวมีเมล็ดลีบและเมล็ดด่าง พบกลุ่มเส้นใยสีขาวหรือชมพูบริเวณข้อของต้นตรงระดับน้ำ หรือบริเวณส่วนล่างของลำต้น เชื้อสาเหตุโรคสามารถแพร่ระบาดได้ทางเมล็ดพันธุ์ (seed-borne) หรือทางดิน (soil-borne) หรือโดยโคดิเนียของเชื้อที่แพร่ในอากาศ (air-borne) (Ou, 1985) มีรายงานว่าโรคถอดฝักดาบทำให้ผลผลิตของข้าวลดลง 15 เปอร์เซ็นต์ในประเทศไทยและอินเดีย (Kanjanasoon,1961; Pavgi และ Singh,1964) ในประเทศญี่ปุ่นทำให้ผลผลิตข้าวลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ (Ito และ Kimura,1931) และ 70 เปอร์เซ็นต์ในภาคเหนือของออสเตรเลีย (Heaton และ Morschel,1965) การป้องกันกำจัดที่ใช้ในปัจจุบันนี้ คือ คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสารป้องกันกำจัดเชื้อราก่อนปลูก ได้แก่ อ็อกเทฟ (prochloraz 50% WP), ไดเทน เอ็ม 45 (mancozeb 80% WP), เดลซีล เอ็มเอ็กซ์ 200 (mancozeb+carbendazim 73.8+6.2% WP) และซีสเทน-เอฟ (myclobutanil+mancozeb 2.25+60% WP) อัตรา 3 กรัม ต่อ เมล็ดพันธุ์ 1 กก. โดยคลุกเมล็ดไว้นาน 7-15 วันก่อนปลูก หรือแช่เมล็ดในสารละลายเคมีนาน 24-48 ชม. ก่อนปลูก (รัศมี, 2548)

มีงานวิจัยที่พบว่าจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่แยกได้จากดินนา หรือส่วนต่างๆ ของต้นข้าว มีศักยภาพในการป้องกันและกำจัดโรคถอดฝักดาบของข้าวได้ (Rosales และคณะ,1986; Rosales และ Mew, 1997; Kazempour และ Elahinia, 2007) จากการคัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเชื้อราสาเหตุโรคในระดับห้องปฏิบัติการ และมีประสิทธิภาพควบคุมโรคถอดฝักดาบในระดับเรือนทดลอง พบว่าสามารถคัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์ได้ 5 ไอโซเลท คือ BAK-016, BAK-088, BAK-102, BAK-117 และ BAK-131 ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์นำแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่คัดเลือกได้ดังกล่าวมาผลิตเป็นชีวะภัณฑ์รูปผง (powder formulation) และศึกษาประสิทธิภาพของผงเชื้อในการควบคุมโรคถอดฝักดาบในสภาพแปลงนา เพื่อความสะดวกในการใช้คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อควบคุมโรคถอดฝักดาบ เป็นทางเลือกสำหรับทดแทนสารป้องกันกำจัดโรคพืช และสำหรับเกษตรกรที่ปลูกข้าวอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การเตรียมผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ เตรียมผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 5 ไอโซเลท คือ BAK-016, BAK-088, BAK-102, BAK-117 และ BAK-131 ตามวิธีการของ Xu และ Gross (1986) โดยเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 5 ไอโซเลทบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Nutrient Agar (NA) เป็นเวลา 36-48 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลาย magnesium sulfate (0.1 M) ปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อจานเลี้ยงเชื้อ นำสารละลาย magnesium sulfate ที่มีเซลล์แบคทีเรียมาผสมกับ carboxymethyl cellulose 2.5 เปอร์เซ็นต์ในน้ำ ที่ปริมาตรเท่ากัน วางทิ้งไว้ 20 นาที แล้วผสมกับผง talcum อัตรา 1:4 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ผสมให้เข้ากันดีนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง เมื่อผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์แห้งดีแล้ว นำไปใส่ถุงพลาสติกมัดให้เรียบร้อย เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องหรือในตู้เย็น เพื่อใช้ในงานทดลองต่อไป

2. การทดสอบประสิทธิภาพของผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคถอดฝักดาบของข้าวในแปลงนา

วางแผนการทดลองแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) มี 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (control), กรรมวิธีที่ 2 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-016, กรรมวิธีที่ 3 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-088, กรรมวิธีที่ 4 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-102, กรรมวิธีที่ 5 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-117, กรรมวิธีที่ 6 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131, กรรมวิธีที่ 7 น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar), กรรมวิธีที่ 8 สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim, การทดลองฤดูนาปี 2552 ไม่มีกรรมวิธีที่ 7 ส่วนการทดลองในฤดูนาปี 2553 มีครบทั้ง 8 กรรมวิธี

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวจากแปลงที่มีโรคถอดฝักดาบระบาด เพื่อได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีเชื้อโรคติดไปกับเมล็ดโดยธรรมชาติ เตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว กรรมวิธีละ 200 กรัม ฤดูนาปี 2552 ใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าว อัตรา 1% โดยน้ำหนัก นำไปตกกล้า เมื่อกล้าอายุครบ 30 วัน บันทึกข้อมูลการเกิดโรคก่อนถอนกล้าไปปักดำ ฤดูนาปี 2553 ใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ละลายน้ำ อัตราผงเชื้อ 5 กรัมต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ 48 ชั่วโมง นำไปตกกล้า เมื่อกล้าอายุครบ 30 วัน ตรวจนับการเกิดโรคก่อนถอนกล้าไปปักดำในแปลงนาขนาด 4x5 ตารางเมตร โดยมีแปลงที่ปักดำด้วยต้นกล้าที่เมล็ดพันธุ์คลุกด้วยสารป้องกันกำจัดโรค

พืช mancozeb + carbendazim และแปลงที่ปักดำด้วยต้นกล้าที่เมล็ดพันธุ์ไม่ได้คลุกด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชเป็นแปลงเปรียบเทียบ บันทึกการเกิดโรคในระยะกล้าก่อนถอนกล้าไปปักดำและการปักดำ 1 เดือน โดยนับจำนวนต้นทั้งหมด และจำนวนต้นที่เป็นโรค ใน 1 กอ ทำการตรวจนับ 20 กอต่อแปลงทดลอง เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคถอดฝักดาบ (Disease Incidence)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคถอดฝักดาบของข้าวในแปลงนา

ผลการทดลองในฤดูนาปี 2552 ในระยะกล้า ไม่พบการเกิดโรคถอดฝักดาบ ส่วนในระยะแตกกอพบว่าเปอร์เซนการเกิดโรคถอดฝักดาบไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี โดยที่การใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim ให้ผลในการควบคุมโรคถอดฝักดาบดีที่สุด คือเกิดโรคน้อยที่สุด 8.2 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีที่ให้ผลดีรองลงมาคือ การใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 และ BAK-088 เกิดโรคถอดฝักดาบ 8.9 และ 9.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีควบคุม (control) เกิดโรคสูงคือ 10.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-102, BAK-016 และ BAK-117 เกิดโรคถอดฝักดาบ 12.6, 12.7 และ 12.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับผลผลิตของข้าว พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีเช่นกัน แต่กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-088 ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงสุด 596 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ให้ผลรองลงมาคือ กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131, BAK-117, BAK-102, กรรมวิธีควบคุม (control) และ กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-016 ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 589, 584, 575, 570 และ 568 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim ที่ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 556 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1)

ผลการทดลองในฤดูนาปี 2553 พบการเกิดโรคถอดฝักดาบของข้าวทั้งในระยะกล้า และระยะแตกกอ

ในระยะกล้า พบว่าเปอร์เซนการเกิดโรคถอดฝักดาบไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim เกิดโรคถอดฝักดาบน้อยที่สุดเพียง 0.03 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีที่ให้ผลดีรองลงมา คือ กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-016 และ BAK-131 เกิดโรคถอดฝักดาบ 0.31 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับกรรมวิธีการใช้น้ำส้มควันไม้ กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-117, BAK-088, และ กรรมวิธีควบคุม เกิดโรคถอดฝักดาบ 0.61, 0.62, 1.07 และ 1.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-102 ที่เกิดโรคถอดฝักดาบสูงที่สุด 2.23 เปอร์เซ็นต์

ในระยะแตกกอ เปอร์เซนการเกิดโรคถอดฝัดดาบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 ให้ผลในการควบคุมโรคถอดฝักดาบดีที่สุด คือเกิดโรคน้อยที่สุด 1.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim, กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-117, กรรมวิธีการใช้น้ำส้มควันไม้ กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-102, BAK-016 และ BAK-088 โดยเกิดโรคถอดฝักดาบ 1.47, 1.60, 1.69, 1.70, 2.11 และ 2.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ กรรมวิธีควบคุมเกิดโรคถอดฝักดาบมากที่สุด 3.87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับผลผลิตของข้าว มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกรรมวิธีเช่นกัน พบว่ากรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-102 ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงสุด 647 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ให้ผลรองลงมา คือ กรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-016 และ BAK-117 ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 615 และ 603 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับกรรมวิธีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 การใช้น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar), การใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-088 และกรรมวิธีควบคุม (control) ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 579, 578, 573 และ 547 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยน้อยที่สุด 516 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1)

จากผลการทดลองทั้ง 2 ฤดู แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 มีศักยภาพสูงสุด ในการควบคุมโรคถอดฝักดาบของข้าวเพราะข้าวในแปลงทดลองมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำ ในระยะแตกกอ ปี 2552 เกิดโรค 0.40 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กรรมวิธีควบคุม เกิดโรคสูง 1.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลเป็นไปในทางเดียวกันกับการทดลองในปี 2553 โดยพบว่าในระยะแตกกอ ข้าวในแปลงทดลองเกิดโรคต่ำที่สุด เพียง 1.3 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กรรมวิธีควบคุม เกิดโรคสูงที่สุด คือ 3.87 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในระยะกล้า แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 ก็ผลดีในการควบคุมโรคเช่นกัน โดยข้าวในแปลงเกิดโรค 8.9 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลดีรองลงมาจากการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb+carbendazim ที่เกิดโรคถอดฝักดาบ 8.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีควบคุมเกิดโรค 10.9 เปอร์เซ็นต์ ผลงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่แยกได้จากดินนา หรือส่วนต่างๆ ของต้นข้าวมีศักยภาพในการป้องกันและกำจัดโรคถอดฝักดาบของข้าวได้ (Rosales และคณะ,1986; Rosales และ Mew, 1997; Kazempour และ Elahinia, 2007) สำหรับกลไกการควบคุมโรคเกิดจากแบคทีเรียผลิตปฏิชีวนะสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Fusarium fujikuroi* สาเหตุโรคถอดฝักดาบของข้าว (Figure 1)

สรุปผล

แบคทีเรียปฏิปักษ์ BAK-131 ที่มีศักยภาพดีที่สุดในการควบคุมโรคถอดฝักดาบของข้าวในแปลงนา ใช้เป็นทางเลือกสำหรับทดแทนสารป้องกันกำจัดโรคพืช และสำหรับเกษตรกรที่ปลูกข้าวอินทรีย์

Table 1 Effect of powder formulation of antagonistic bacteria in controlling of bakanae disease and rice yield (14% moisture content) on rice variety RD6 in farmer field at amphoe mueang-phayao, Phayao province, in wet season 2009 and 2010

Treatments	Disease Incidence (%) Seedling stage		Disease Incidence (%) Tillering stage		Yield (Kg/Rai)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
1. control	-	1.48	10.9	3.87 a	570	547 b
2. BAK-016	-	0.31	12.7	2.11 b	568	615 ab
3. BAK-088	-	1.07	9.7	2.26 b	596	573 ab
4. BAK-102	-	2.23	12.6	1.70 b	575	647 a
5. BAK-117	-	0.62	12.9	1.60 b	584	603 ab
6. BAK-131	-	0.40	8.9	1.30 b	589	579 ab
7. Wood vinegar	-	0.61	-	1.69 b	-	578 ab
8.Mancozeb+carbendazim	-	0.03	8.2	1.47 b	556	516 b
C.V. (%)	-	178.8	27.8	53.3	5.4	10.2

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

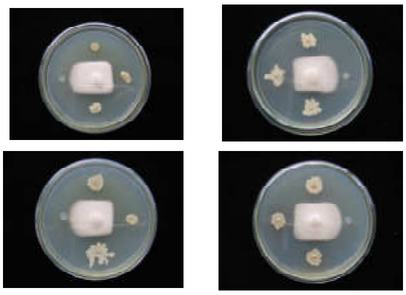


Figure1 *In vitro* test for antagonism between antagonistic bacteria and *Fusarium fujikuroi*, mycelial growth of *F.fujikuroi* is inhibited by antagonistic bacteria, compare to check, mycelial growth is not inhibited

Figure 2 The powder formulation of antagonistic bacteria

เอกสารอ้างอิง

รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์, 2548, โรคถอดฝักดาบของข้าว, หน้า 2, *ใน* : ข่าวอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร, ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 ประจำเดือนมิถุนายน 2548.

รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ วิชชุดา รัตนากาญจน์ และวิชิต ศิริสันธนะ, 2549, การควบคุมโรคไหม้ของข้าวด้วยผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์, หน้า 100-108, *ใน* : เรื่องย่อ การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2549. 28-29 มีนาคม 2549 โรงแรมลองบีช ชะอำ จ.เพชรบุรี

Dhitikiattipong, R., Rattanakarn, W. and Sirisantana, W., 2009, Control of Rice Blast Disease with Powder Formulation of Antagonistic Bacteria in Thailand, pp. 135 *In* : Proceedings of the 6th International Integrated Pest Management Symposium, March 24-26, 2009, Portland, Oregon, USA.

Heaton, J.B. and Morschel, J.R., 1965, A Foot Rot Disease of Rice Variety Bluebonnet, in Northern Territory, Australia, Caused by *F.moniliforme* Sheldon, Trop. Sci., 7: 116-121.

Ito, S. and Kimura, J., 1931, Studies on the Bakanae Disease of the Rice Plants, Pep. Hokkaido Exp. Stn., 27:1-95+5.

Kanjanasoon, P., 1961, Seed Dressing Campaign on Elongation Disease of Rice, IRC/RPP/W.P. 88.

Kazempour, M.N. and Elahinia, S.A., 2007, Biological Control of *Fusarium fujikuroi,* the Causal Agent of Bakanae Disease by Rice Associated Antagonistic Bacteria, Bulg. J. Agric. Sci., 13: 393-408.

Ou, S.H., 1985, Rice Disease, 2nd edition, Commonwealth Mycological Institute, Kew, England.380p.

Pavgi, M.S. and Singh, J.L., 1964, Bakanae and Foot Rot of Rice in Uttar Pradesh, India, Plant Dis. Reptr. 48:340-342.

Rosales, A.M., Nugue, F.L. and Mew, T.W., 1986, Biological Control of Bakanae Disease of Rice, Phil. Phytopath. 22: 29-35.

Rosales, A.M. and Mew, T.W., 1997, Suppression of *Fusarium moniliforme* in Rice by Rice-Associated Antagonistic Bacteria, Plant Dis., 81: 49-52.

Xu, G.W. and Gross, D.C., 1986, Field Evaluation of the Interaction Among Fluorescent Pseudomonas, *Erwinia carotovora* and Potato Yields, Phytopathology, 76: 423-430.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 161-164 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 161-164 (2554)

ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย

Effects of Water Drought on Inhibition of Growth in Sugarcane

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] **และ สิงหราช โค้วเจริญ**[1]

Sawatdikarn, S.[1] and Koajareun, S.[1]

Abstract

The objective of this study was evaluated the effect of water stress on inhibition of sugarcane growth. Samples of stem cutting in three sugarcane varieties namely Uthong 1, Uthong 3 and Uthong 6 were planted in plastic pot and watered at five treatments; watered at every day, watered at one day interval, watered at two days interval, watered at three days interval and watered at four days interval. Stalk height, leaf length, leaf wide and stalk dry weight were measured at 28 days after planting. The results showed that the watered at four days interval treatment gave the highest of inhibition of growth in three sugarcane varieties. The increasing of water stress resulted in the inhibition of growth. The watered at four days interval treatment reached the inhibition of leaf length in three sugarcane varieties over 50%, For inhibition of leaf length, the Uthong 1 Uthong 3 and Uthong 6 varieties showed inhibition at 54.61 68.23 and 62.75%, respectively. For inhibition of leaf width, the Uthong 1 Uthong 3 and Uthong 6 varieties showed inhibition at 37.66 40.34 and 44.45%, respectively. The watered at four days interval treatment reached the stalk height and leaf length of three varieties showed inhibition over 30%.

Keywords: water stress, sugarcane, inhibition of growth

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย โดยนำท่อนพันธุ์อ้อย 3 พันธุ์ คือ พันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 ปลูกในกระถางพลาสติกในสภาพแปลงปลูกแล้วให้น้ำต่างกัน แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ ให้น้ำทุกวัน ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำวันเว้น 2 วัน ให้น้ำวันเว้น 3 วัน และให้น้ำวันเว้น 4 วัน วัดการเจริญเติบโตของอ้อย หลังจากปลูก 28 วัน จำนวน 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น พบว่า การให้น้ำวันเว้น 4 วัน มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อยทั้งสามพันธุ์สูงสุด การให้ขาดน้ำในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วัน มีผลยับยั้งความยาวใบมากกว่า 50% โดยพันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 ถูกยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 54.61 68.23 และ 62.75% ตามลำดับ การให้น้ำวันเว้น 4 วันมีผลยับยั้งความกว้างใบของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 เท่ากับ 37.66 40.34 และ 44.45% ตามลำดับ และการให้น้ำวันเว้น 4 วันมีผลยับยั้งความสูงต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นของอ้อยทั้งสามพันธุ์มากกว่า 30%

คำสำคัญ: การขาดน้ำ อ้อย การยับยั้งการเจริญเติบโต

คำนำ

การขาดน้ำเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้งและฝนทิ้งช่วงทำให้พืชเศรษฐกิจหลายชนิดได้รับผลกระทบต่อการงอก การเจริญเติบและการให้ผลผลิต เช่น ข้าว (Ekanayake และคณะ, 1990) ข้าวสาลี (Pireivatlou และคณะ, 2010) ข้าวโพด (ศานิต, 2553) ข้าวโพดเทียน (Sawatdikarn, 2010) รวมทั้งอ้อย (Wiedenfeld, 2000; Glaz และ Gilbert, 2006) ในการศึกษาวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดน้ำในฤดูแล้งของอ้อย ได้มีการศึกษาผลของการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของอ้อยในหลายการทดลอง เช่น การเปรียบเทียบการให้น้ำอ้อยหลังเก็บเกี่ยว 3 วิธี คือ การให้น้ำทันทีหลังเก็บเกี่ยว ให้น้ำที่ระยะ 1 เดือน หลังเก็บเกี่ยว และมีการไม่ให้นำ พบว่า การให้น้ำแก่อ้อยทันทีหลังเก็บเกี่ยวและให้น้ำที่ระยะ 1 เดือนหลังเก็บเกี่ยวให้จำนวนกอเก็บเกี่ยว จำนวนลำต่อไร่ และผลผลิตอ้อยสูงกว่าอ้อยที่ไม่มีการให้

[1] **คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000**

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

น้ำ (ธงชัย และคณะ, 2541) ในการให้น้ำอ้อย 3 ระดับเมื่อค่าการระเหยจากถาดวัดสะสมถึง 40 80 และ 120 มม. เปรียบเทียบกับการให้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว พบว่า การให้น้ำที่ระดับ 120 มม. ทำให้อ้อยมีการสร้างน้ำหนักแห้งรวม ความสูงของลำ และดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่าการให้น้ำที่ระดับอื่นๆ (พงศ์เทพ และคณะ, 2545) การให้น้ำทุก 7 และ 14 วัน ให้ผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยสูงกว่าการให้น้ำทุก 21 วัน (ธงชัย และคณะ, 2550) การปลูกอ้อยในแปลงที่ได้รับน้ำมากให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่และผลผลิตน้ำตาลสูงกว่าอ้อยที่ปลูกในแปลงที่ได้รับน้ำน้อย (Glaz และคณะ, 2002) และการให้น้ำที่ปริมาณมาก (1.5 KC mid) มีผลทำให้อ้อยมีความสูงลำต้นและอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าการให้น้ำที่ปริมาณปานกลาง (1.25 KC mid) และต่ำ (1.0 KC mid) (Wiedenfeld และ Enciso, 2008) จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาการขาดน้ำของอ้อยในระยะการเจริญเติบโตและระยะให้ผลผลิตอย่างกว้างขวาง แต่การให้น้ำอ้อยในระยะงอกและระยะ 1 เดือนแรกของการเจริญเติบโตยังมีผู้ศึกษาน้อย การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย 3 พันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเลือกปลูกอ้อยในสภาพขาดน้ำให้มีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำท่อนพันธุ์ของอ้อย 3 พันธุ์ คือ อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และ อู่ทอง 6 ปลูกในกระถางพลาสติกที่บรรจุดิน 1,000 กรัม จำนวน 1 ท่อน X 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทำการให้น้ำอ้อยที่เพาะในวันแรกปริมาณ 1,000 มล. หลังจากนั้นดำเนินการให้น้ำต่างกัน แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ ให้น้ำทุกวัน (สภาพควบคุม) ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำวันเว้น 2 วัน ให้น้ำวันเว้น 3 วัน และให้น้ำวันเว้น 4 วัน (ศานิต และ วริสรา, 2553) ประเมินผลการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น นำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความสูงลำต้น ตามสูตรของศานิต (2553) ดังนี้

$$\text{การยับยั้งความสูงลำต้น (\%)} = \frac{\left\{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม} - \text{ความสูงลำต้นในสภาพขาดน้ำ}\right\}}{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม}} \times 100$$

ส่วนการยับยั้งความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการยับยั้งความสูงลำต้น และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะของอ้อยโดยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

อ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้อ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะสูงสุด การให้ขาดน้ำในเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ทั้ง 4 ลักษณะถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วันสามารถยับยั้งความยาวใบมากกว่า 50% โดยถูกยับยั้ง เท่ากับ 54.61% รองลงมาคือการให้น้ำวันเว้น 3 วัน วันเว้น 2 วัน และวันเว้นวันที่มีการยับยั้ง เท่ากับ 36.52 29.31 และ 20.09% ตามลำดับ (Table 1) ทำนองเดียวกันเมื่อระยะเวลาในการขาดน้ำเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยอีก 3 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นลดลงมากขึ้น โดยการให้น้ำวันเว้น 4 วันมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตมากที่สุด รองลงมาคือ การให้น้ำวันเว้น 3 วัน วันเว้น 2 วัน และวันเว้นวัน ตามลำดับ (Table 1)

อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะสูงสุด การให้ขาดน้ำเป็นเวลานานมากขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยพันธุ์นี้ถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วันมีผลยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 68.23% รองลงมาคือ การให้น้ำวันเว้น 3 วัน วันเว้น 2 วัน และวันเว้นวันมีผลยับยั้งความยาวของใบเท่ากับ 48.06 32.99 และ 24.43% ตามลำดับ (Table 2) ทำนองเดียวกันเมื่อระยะเวลาในการขาดน้ำนานเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยอีก 3 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นลดลงมากยิ่งขึ้น

อ้อยพันธุ์อู่ทอง 6 การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้อ้อยพันธุ์อู่ทอง 6 มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะสูงสุด การให้ขาดน้ำเป็นระยะเวลานานขึ้น มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 6 มากขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วันมีผลยับยั้งความยาวใบเท่ากับ 62.75% รองลงมาคือ การให้น้ำวันเว้น 3 วัน วันเว้น 2 วัน และวันเว้นวัน ตามลำดับ (Table 3) ทำนองเดียวกันที่เมื่อระยะในการขาดน้ำนานขึ้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยอีก 3 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความ

กว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นลดลงมากยิ่งขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วัน มีผลให้อ้อยพันธุ์นี้มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงลำต้น ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น เท่ากับ 37.49, 44.45 และ 32.19% ตามลำดับ

การให้น้ำในความถี่ที่ลดลงมีผลทำให้อ้อยทั้งสามพันธุ์ที่นำมาทดสอบในการทดลองนี้ คือ พันธุ์อู่ทอง 1 (Table 1) อู่ทอง 3 (Table 2) และอู่ทอง 6 (Table 3) ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองผลของการขาดน้ำต่อการงอก การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี (Pireivatlou และคณะ, 2010) ข้าวโพด (ศานิต, 2553) ข้าวโพดเทียน (Sawatdikarn, 2010) รวมทั้งอ้อย (Wiedenfeld, 2000; Glaz และคณะ, 2002; Glaz และ Gilbert, 2006; Wiedenfeld และ Enciso, 2008) และจากการศึกษานี้พบว่า การให้น้ำวันเว้น 4 วันมีผลยับยั้งความสูงต้น ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นของอ้อยทั้งสามพันธุ์มากกว่า 30% ในขณะที่มีผลยับยั้งความยาวใบได้มากกว่า 50% (Table 1 - 3) เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการขาดน้ำ พบว่า อ้อยทั้งสามพันธุ์ที่นำมาทดสอบ คือ พันธุ์อู่ทอง 1 (Table 1) อู่ทอง 3 (Table 2) และอู่ทอง 6 (Table 3) ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะสูงสุด โดยเมื่อให้น้ำวันเว้น 4 วัน เป็นระดับการขาดน้ำที่มีความรุนแรงที่สุด รองลงมาคือ การให้น้ำวันเว้น 3 วัน วันเว้น 2 วัน และวันเว้นวัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองในอ้อยของหลายการทดลอง พบว่า อ้อยที่ปลูกในสภาพขาดน้ำมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยกว่าอ้อยที่ปลูกในสภาพไม่ขาดน้ำหรือสภาพที่ขาดน้ำน้อย (ธงชัย และคณะ, 2541; ธงชัย และคณะ, 2550; Wiedenfeld, 2000; Glaz และคณะ, 2002) การขาดน้ำมีผลทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง (Wiedenfeld และ Enciso, 2008) ฉะนั้นเพื่อให้อ้อยที่ปลูกมีการเจริญเติบโตในระยะแรกดีและให้ผลผลิตสูงควรปลูกในสภาพที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอโดยไม่ควรปล่อยให้อ้อยขาดน้ำ

สรุปผล

การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้อ้อยทั้งสามพันธุ์มีการเจริญเติบโตต่ำสุด การขาดน้ำในระยะเวลานานมากขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยทั้ง 4 ลักษณะถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ที่ยับยั้งความยาวใบมากกว่า 50% โดยพันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 ถูกยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 54.61 68.23 และ 62.75% ตามลำดับ การให้น้ำวันเว้น 4 วันมีผลยับยั้งความกว้างใบของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 เท่ากับ 37.66 40.34 และ 44.45% ตามลำดับ และการให้น้ำวันเว้น 4 วันมีผลยับยั้งความสูงต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นของอ้อยทั้งสามพันธุ์มากกว่า 30%

เอกสารอ้างอิง

ธงชัย ตั้งเปรมศรี อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และวันทนา ตั้งเปรมศรี, 2541, ผลของการให้น้ำหลังการเก็บเกี่ยวที่มีต่อการไว้ตออ้อยพันธุ์ต่างๆ, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41, หน้า 1-5.

ธงชัย ตั้งเปรมศรี วันทนา ตั้งเปรมศรี ประชา ถ้ำทอง และณรงค์ ย้อนใจทัน, 2550, การให้น้ำอ้อยที่ปลูกในดินชุดกำแพงแสน, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, หน้า 11-17.

พงศ์เทพ มีนอก สุวิทย์ เลาหศิริวงศ์ นิมิต วรสูต และทักษิณา ศันสยะวิชัย, 2545, อิทธิพลของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของอ้อย 2 พันธุ์ในดินชุดสตึก, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 33: 213-223.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 489-492.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และวิริสรา ปลื้มฤดี, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 497-500.

Ekanayake, I., Steponkus, J.P.L. and De Detta, S.K., 1990, Sensitivity of Pollination to Water Deficits at Anthesis in Upland Rice, Crop Science, 30: 310-315.

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. and Gilbert, R.A., 2006, Sugarcane Responses to Water Tables, Periodic Flood and Foliar Nitrogen on Oganic Soil, Agronomy Journal, 98: 616-621.

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.

Sawatdikarn, S., 2010, Effects Of Water Stress On Inhibition Of Seed Germination and Vigor in Waxy Corn, p 1-7. In 36 th Proceeding Congress on Science and Technology of Thailand.

Wiedenfeld, R.P., 2000, Water Stress During Different Sugarcane Growth Periods on Yield and Response to N Fertilization, Agricultural Water Management, 43: 173-182.

Table 1 Inhibition of stalk height, leaf length, leaf width and stalk dry weight of Uthong 1 sugar cane variety at different water stress conditions compared with watered at every day treatment

Water stress Conditions	Inhibition of Stalk height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stalk dry weight (%)
One day interval	8.06d	20.09d	10.37d	4.26d
Two days interval	19.27c	29.31c	18.06c	19.56c
Three days interval	25.71b	36.52b	30.46b	26.38b
Four days interval	35.93a	54.61a	37.66a	35.57a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	10.67	9.68	11.65	12.45

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

Table 2 Inhibition of stalk height, leaf length, leaf width and stalk dry weight of Uthong 3 sugar cane variety at different water stress conditions compared with watered at every day treatment

Water stress Conditions	Inhibition of stalk height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stalk dry weight (%)
One day interval	9.61d	24.43d	14.34d	7.34d
Two days interval	18.13c	32.99c	21.36c	13.53c
Three days interval	21.26b	48.06b	31.42b	24.96b
Four days interval	32.85a	68.23a	40.34a	30.48a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	8.84	9.96	12.74	11.46

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

Table 3 Inhibition of stalk height, leaf length, leaf width and stalk dry weight of Uthong 6 sugar cane variety at different water stress conditions compared with watered at every day treatment

Water stress Conditions	Inhibition of stalk height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stalk dry weight (%)
One day interval	8.81d	28.69d	11.96d	8.62d
Two days interval	16.89c	31.82c	17.85c	15.73c
Three days interval	25.92b	49.93b	34.86b	22.53b
Four days interval	37.49a	62.75a	44.45a	32.19a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	10.25	13.69	10.79	9.62

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

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 165-168 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 165-168 (2554)

ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย

Effects of Water logging Duration on Inhibition of Growth in Sugarcane

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] วริสรา ปลื้มฤดี[1] และ สิงหราช โค้วเจริญ[1]

Sawatdikarn, S.[1], Pluemrudee, W.[1] and Koajareun, S.[1]

Abstract

The objective of this study was evaluated of water logging duration on inhibition of sugarcane growth. Samples of stem cutting in three sugarcane varieties namely Uthong 1, Uthong 3 and Uthong 6 were planted in plastic pot and water logged at five treatments; 0 (control treatment) 12, 24, 36 and 48 hours. Stalk height, leaf length, leaf width and stalk dry weight were measured at 28 days after planting. The results showed that the water logging for 48 hours gave the highest inhibition of growth in three sugarcane varieties. The increasing of water logging resulted in the inhibition of sugarcane growth. The water logged for 48 hours resulted to inhibit leaf length more than 50% Uthong 1, Uthong 3 and Uthong 6 varieties showed the inhibition of leaf length at 54.34 68.46 and 64.93%, respectively. Leaf widths of the Uthong 1, Uthong 3 and Uthong 6 varieties were inhibited about 43.64 39.41 and 40.96%, respectively. The inhibition of stalk height and stalk dry weight in three sugarcane varieties that were treated with the water logging in all treatments had the rang of inhibition from 29 to 34%.

Keywords: water logging, sugarcane, inhibition of growth

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย โดยนำท่อนพันธุ์ของอ้อย 3 พันธุ์ คือ พันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 ปลูกในกระถางพลาสติกแล้วให้น้ำท่วมขังนานต่างกัน แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ 0 12 24 36 และ 48 ชม. วัดการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. ทำให้อ้อยทั้งสามพันธุ์ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตสูงสุด การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. สามารถยับยั้งความยาวใบมากกว่า 50% โดยพันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 ถูกยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 54.34 68.46 และ 64.93% และถูกยับยั้งความกว้างใบ เท่ากับ 43.64 39.41 และ 40.96% ตามลำดับ ในขณะที่การยับยั้งความสูงลำต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นของอ้อยทั้งสามพันธุ์ที่ให้น้ำท่วมขังทุกทรีตเมนต์อยู่ระหว่าง 29-34%

คำสำคัญ: การให้น้ำท่วมขัง อ้อย การยับยั้งการเจริญเติบโต

คำนำ

น้ำท่วมขังเป็นปัญหาที่มักเกิดขึ้นในฤดูฝนและที่ราบต่ำและส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูก (Steffens และคณะ, 2005) โดยส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และกายวิภาคของพืช (Parent และคณะ, 2008) สำหรับอ้อยเป็นพืชที่มีการศึกษาการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมขังอย่างกว้างขวาง โดยมีการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบอ้อยในสภาวะน้ำท่วมขังอยู่ 2 ประการ คือ ระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังและพันธุ์อ้อย สำหรับระยะเวลาการให้น้ำท่วมขัง พบว่า ระยะการให้น้ำท่วมขังในแปลงปลูกนานมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อยมากกว่าระยะการให้น้ำท่วมขังสั้นๆ (Glaz และคณะ, 2004a; Glaz และคณะ, 2004b; Glaz และ Gilbert, 2006; Gilbert และคณะ, 2007; Glaz และคณะ, 2008) สำหรับพันธุ์อ้อย พบว่า อ้อยแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตในสภาวะน้ำท่วมขังต่างกัน เช่น อ้อยพันธุ์ CP 85-1308 มีผลผลิตสูงกว่าอ้อยอีก 8 พันธุ์เมื่อปลูกในสภาพที่มีน้ำท่วมขัง (Glaz และคณะ, 2002) อ้อยพันธุ์ CP 95-1376 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตในสภาวะน้ำท่วมขัง

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

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

ดีกว่าพันธุ์ CP 95-1429 (Glaz และคณะ, 2004) และอ้อยพันธุ์ CP 80-1827 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตในสภาวะน้ำท่วมขังดีกว่าพันธุ์ CP 72-2086 (Glaz และคณะ, 2006) นอกจากนี้ยังมีการทดสอบการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชอื่นในสภาวะน้ำท่วมขังอีกหลายชนิด เช่น ข้าวโพด (ศานิต และสุนันทา, 2553) ข้าว (Yamauchi และ Winn, 1996; Yamauchi และ Biswas, 1997; Ruan และคณะ, 2002) ข้าวบาร์เลย์ (Steffens และคณะ, 2005) และข้าวสาลี (Huang และคณะ, 1994; Huang และคณะ, 1997; Haque และคณะ, 2010) แต่ในปัจจุบันการทดลองเกี่ยวกับการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อยในระยะงอกที่ได้รับน้ำท่วมขังต่างกันยังมีน้อย สำหรับการศึกษาในอ้อยเกี่ยวกับสภาวะน้ำท่วมขังส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในระยะที่อ้อยให้ผลผลิตแล้ว (Glaz และคณะ, 2002; Glaz และคณะ, 2004b) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย 3 พันธุ์ คือ พันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และ อู่ทอง 6 เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปลูกอ้อยทั้งสามพันธุ์นี้ในฤดูฝนหรือปลูกในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำท่อนพันธุ์ของอ้อย 3 พันธุ์ คือ พันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และ อู่ทอง 6 ปลูกในกระถางพลาสติกที่บรรจุดิน 1,000 กรัม จำนวน 1 ท่อน X 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ให้น้ำท่วมขังแก่อ้อยที่ปลูกในกระถางพลาสติก (ศานิต, 2552) แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ 0 (สภาพควบคุม) 12 24 36 และ 48 ชม. ประเมินผลการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น นำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความสูงลำต้น ตามสูตรของศานิต และคณะ (2553) ดังนี้

$$\text{การยับยั้งความสูงลำต้น (\%)} = \left\{ \frac{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม} - \text{ความสูงลำต้นในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม}} \right\} \times 100$$

ส่วนการยับยั้งความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการยับยั้งความสูงลำต้น และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะของอ้อยทั้ง 3 พันธุ์โดยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้น้ำท่วมขังเป็นระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อ้อยทั้งสามพันธุ์ที่นำมาทดสอบ คือ พันธุ์อู่ทอง 1 (Table 1) อู่ทอง 3 (Table 2) และอู่ทอง 6 (Table 3) ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดสอบการเจริญเติบโตของอ้อยในสภาพน้ำท่วมขัง (Glaz และ Gilbert, 2006; Gilbert และคณะ, 2007; Glaz และคณะ, 2008) พบว่า การปลูกอ้อยในสภาพน้ำท่วมขังมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยลดลงกว่าการปลูกอ้อยในสภาพควบคุมและสภาพที่มีน้ำท่วมขังน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าการให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. สามารถยับยั้งความยาวใบของอ้อยทั้งสามพันธุ์ได้มากกว่า 50% โดยมีการยับยั้ง เท่ากับ 54.34 68.46 และ 64.93% ในอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 ตามลำดับ (Table 1-3) การที่อ้อยแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ต่างกัน เนื่องจากอ้อยแต่ละพันธุ์มีพันธุกรรมต่างกัน เช่นเดียวกับการทดสอบในอ้อยบางพันธุ์ในสภาวะน้ำท่วมขัง ที่พบว่า อ้อยแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตในสภาพน้ำท่วมขังได้ต่างกัน เช่น อ้อยพันธุ์ CP 95-1376 มีการเจริญเติบโตในสภาวะน้ำท่วมขังดีกว่าพันธุ์ CP 95-1429 (Glaz และคณะ, 2004) และอ้อยพันธุ์ CP 80-1827 มีการเจริญเติบโตในสภาวะน้ำท่วมขังดีกว่าพันธุ์ CP 72-2086 (Glaz และคณะ, 2006) นอกจากนี้การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. ทำให้อ้อยทั้งสามพันธุ์มีการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะลดลงกว่าการให้น้ำท่วมขังนาน 12 24 และ 36 ชม. เช่นเดียวกับการปลูกอ้อยในสภาพน้ำท่วมขัง (Glaz และคณะ, 2004a; Glaz และคณะ, 2004b) และเช่นเดียวกับการปลูกพืชอีกหลายชนิดในสภาพน้ำท่วมขัง เช่น ข้าวโพด (ศานิตและสุนันทา, 2553) ข้าว (Yamauchi และ Winn, 1996; Yamauchi และ Biswas, 1997) และข้าวสาลี (Huang และคณะ, 1994; Huang และคณะ, 1997) พบว่า การให้น้ำท่วมขังเป็นเวลานานมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชทั้งสามชนิดลดลงกว่าการให้น้ำท่วมขังเป็นเวลาที่สั้นๆ ดังนั้นในการปลูกอ้อยทั้งสามพันธุ์นี้ควรปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขังหรือมีน้ำท่วมขังน้อย และควรหลีกเลี่ยงการปลูกอ้อยที่มีน้ำท่วมขังนาน 48 ชม. ที่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตสูงสุด

สรุปผล

การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. ทำให้อ้อยทั้งสามพันธุ์พันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตสูงสุด การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. มีผลยับยั้งความยาวใบมากกว่า 50% โดยพันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และอู่ทอง 6 ถูกยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 54.34 68.46 และ 64.93% และถูกยับยั้งความกว้างใบ เท่ากับ 43.64 39.41 และ 40.96% ตามลำดับ ในขณะที่การยับยั้งความสูงลำต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นของอ้อยทั้งสามพันธุ์ที่ให้น้ำท่วมขังทุกทรีตเมนต์อยู่ระหว่าง 29-34%

เอกสารอ้างอิง

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2552, ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาวะน้ำท่วมขัง, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 40 (พิเศษ): 313-316.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วริสรา ปลื้มฤดี และสุนันทา อินทสุวรรณ์, 2553, ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 501-504.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และสุนันทา อินทสุวรรณ์, 2553, ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 493-496.

Gilbert, R.A., Rainbolt, C.R., Morris, D.R. and Bennett, A.C., 2007, Morphological Responses of Sugarcane to Long-term Flooding, Agronomy Journal., 99: 1622-1628.

Glaz, B., Morris, D.R. and Daroub, S.H., 2004a, Periodic Flooding and Water Table Effects on Two Sugarcane Genotypes, Agronomy Journal., 96: 832-838.

Glaz, B., Morris, D.R. and Daroub, S.H., 2004b, Sugarcane Photosynthesis, Transpiration and Stomatal Conductance due to Flooding and Water Table, Crop Science, 44: 1633-1641.

Glaz, B. and Gilbert, R.A., 2006, Sugarcane Response to Water Table, 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., Reed, S.T. and Albano, J.P., 2008, Sugarcane Response to Nitrogen Fertilization on A Histosol with Shallow Water Table and Periodic Flooding, Journal of Agronomy and Crop Science, 194: 369-379.

Haque, M.E., Abe, F. and Kawaguchi, K., 2010, Formation and Extension of Lysigenous Aerenchyma in Seminal Root Cortex of Spring Wheat (*Triticum aestivum* cv. Bobwhite line SH 98 26) Seedling under Different Strengths of Waterlogging, Plant Root, 4: 31-39.

Huang, B., Johnson, J.W., NeSmith, D.S. and Bridges, D.C., 1994, Root and Shoot Growth of Wheat Genotype to Hypoxia and Subsequent Resumption of Aeration, Crop Science, 34: 1538-1544.

Huang, B., Johnson, J.W. and NeSmith, D.S., 1997, Response to Root-zone CO_2 Enrichment and Hypoxia of Wheat Genotypes Differing in Water Logging Tolerance, Crop Science, 37: 464-468.

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.

Ruan, S., Xue, Q. and Tylkowska, K., 2002, The Influence of Priming on Germination of Rice (*Oryza sativa* L.) Seeds and Seedling Emergence and Performance in Flooded Soil, Seed Science and Technology, 30: 61-67.

Steffens, D., Hutsch, B.W., Eschholz, T., Losak, T. and Schubertt, S., 2005, Water Logging May Inhibit Plant Growth Primarily by Nutrient Deficiency rather than Nutrient Toxicity, Plant Soil and Environment, 51: 545-552.

Yamauchi, M. and Biswas, J.K., 1997, Rice Cultivar Difference in Seedling Establishment in Flooded Soil, Plant and Soil, 189: 145-153.

Yamauchi, M. and Winn, T., 1996, Rice Seed Vigor Seedling Establishment in Anaerobic Soil, Crop. Science., 36: 680-686.

Table 1 Inhibition of stalk height, leaf length, leaf width and stalk dry weight of Uthong 1 sugar cane variety at different water logging duration compared with control treatment

Water logging duration (hours)	Inhibition of stalk height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stalk dry weight (%)
12	10.15d	3.90d	12.03d	4.04d
24	16.71c	30.53c	24.31c	17.87c
36	20.58b	50.73b	34.01b	26.51b
48	33.21a	54.34a	43.64a	32.87a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	13.25	8.64	10.82	14.68

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

Table 2 Inhibition of stalk height, leaf length, leaf width and stalk dry weight of Uthong 3 sugar cane variety at different water logging duration compared with control treatment

Water logging duration (hours)	Inhibition of stalk height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stalk dry weight (%)
12	7.11d	17.23d	5.37d	8.82d
24	14.35c	35.86c	14.32c	19.49c
36	19.70b	59.72b	30.14b	28.41b
48	29.33a	68.46a	39.41a	33.76a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	9.86	10.82	11.45	10.45

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

Table 3 Inhibition of stalk height, leaf length, leaf width and stalk dry weight of Uthong 6 sugar cane variety at different water logging duration compared with control treatment

Water logging duration (hours)	Inhibition of stalk height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stalk dry weight (%)
12	8.42d	16.67d	12.08d	7.21d
24	16.64c	40.94c	18.46c	15.71c
36	24.89b	47.73b	27.02b	24.27b
48	33.88a	64.93a	40.96a	31.11a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	9.75	8.96	11.25	9.65

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

ผลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว

Effects of Antagonistic Microorganisms on Growth of Pathogenic Fungus of Dirty Panicle Disease in Rice

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] **และ สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์**[1]
Sawatdikarn, S.[1] and Samithiarporn, S.[1]

Abstract

Isolation of seed borne fungi (the caused agent of dirty panicle disease) of rice seed samples was conducted by PDA method, three pathogenic fungi were found. Antagonistic effects of microorganisms namely; *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* and *Bacillus* sp. against on growth inhibition of three pathogenic fungi of dirty panicle disease (*Curvularia* sp., *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp.) were carried out using dual culture method. The results showed that I. *harzianum*. inhibited the mycelial growth of three pathogens. *B. subtilis* showed ability to inhibit the growth of *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. by 60, 64 and 51%, respectively, while *Bacillus* sp. Could inhibit the groeth of *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. by 45, 52 and 36%, respectively.

Keywords: antagonistic microorganisms, dirty panicle disease in rice, biological control

บทคัดย่อ

การตรวจหาเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยวิธีเพาะบนอาหารวุ้น PDA พบเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าว 3 ชนิด และเมื่อนำเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด ได้แก่ *Trichoderma harzianum Bacillus subtilis* และ *Bacillus* sp. มาทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. โดยวิธี dual culture พบว่า เชื้อ *T. harzianum* ที่นำมาทดสอบสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวทั้ง 3 ชนิด ได้โดยสามารถเจริญปกคลุมเชื้อสาเหตุโรคได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนการทดสอบเชื้อ *B. subtilis* ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 3 ชนิด พบว่า *B. subtilis* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างคิดเป็น 60 64 และ 51% ของเชื้อ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ตามลำดับ และการทดสอบเชื้อ *Bacillus* sp. พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ได้ 45 52 และ 36% ตามลำดับ

คำสำคัญ: จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ โรคเมล็ดด่างของข้าว การควบคุมทางชีวภาพ

คำนำ

การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืชเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง โดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ เพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค เช่น การใช้เชื้อ *Trichoderma harzianum* ในการควบคุมโรคขอบใบไหม้ของข้าวที่เกิดจากเชื้อ *Rhizoctonia solani* (Cumagum และ Llang, 1997) และการใช้เชื้อ *T. harzianum* ในการควบคุมโรคทางดินที่เกิดจากเชื้อ *Sclerotium rolfsii* (Desai และ Schlosser, 1999) พบว่า เชื้อปฏิปักษ์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคได้โดยเส้นใยของเชื้อปฏิปักษ์สามารถแทงทะลุผ่านผนังของเชื้อสาเหตุโรคได้ และเข้าไปสร้างสปอร์อยู่ภายในของเชื้อสาเหตุโรค ส่วนเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์มีความสามารถในการลดความรุนแรงของโรคพืชบางชนิดได้ เช่น การใช้ *Bacillus subtilis* ในการควบคุมเชื้อ *Fusarium* sp. เชื้อสาเหตุโรคเหี่ยวของถั่วชิคพี (Hervas และคณะ, 1998) และการใช้เชื้อ *B. subtilis* ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคทางดินของถั่วลิสง 2 ชนิด คือ *Aspergillus niger* และ *Fusarium oxysporum* (Ziedan, 2006) สำหรับการควบคุมโรคเมล็ดด่างโดยใช้ราและแบคทีเรียปฏิปักษ์มีการศึกษาน้อย ส่วนใหญ่เป็นใช้เชื้อปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืชอื่น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิดคือ *Trichoderma* sp. *Bacillus subtilis* และ *Bacillus* sp. ต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Altranaria*

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

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ 1) การตรวจหาเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าวและการทดสอบเชื้อราปฏิปักษ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่าง ทำการตรวจหาเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าวบนอาหาร PDA ส่วนการทดสอบเชื้อราปฏิปักษ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่าง 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ทำการเลี้ยงเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* sp. และเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้ง 3 ชนิดบนอาหาร PDA โดยให้ระยะห่างระหว่างเชื้อราปฏิปักษ์และเชื้อราสาเหตุโรคประมาณ 5 ซม. ทำการทดลอง 2 ซ้ำ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง สังเกตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น 5 ลักษณะ คือ 1) การควบคุมสมบูรณ์ คือ เชื้อราปฏิปักษ์เจริญคลุมทับเชื้อสาเหตุโรค 2) เชื้อราปฏิปักษ์เจริญคลุมทับเชื้อสาเหตุโรค 2 ใน 3 3) เชื้อราปฏิปักษ์เจริญชนกันกับเชื้อสาเหตุโรค 1 ใน 2 4) เชื้อสาเหตุโรคเจริญคลุมทับเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ใน 3 และ 5) เชื้อสาเหตุโรคเจริญคลุมทับเชื้อราปฏิปักษ์โดยสมบูรณ์ และการทดลองที่ 2 การทดสอบแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้ง 3 ชนิด ใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 2 ชนิด คือ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus* sp. ทำการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ร่วมกับเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้ง 3 ชนิดบนอาหาร PDA เปรียบเทียบกับสภาพควบคุมที่วางเฉพาะไว้เฉพาะเชื้อราสาเหตุโรค บันทึกผลโดยการวัดขนาดความกว้างของบริเวณยับยั้งที่เกิดขึ้น และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การตรวจหาเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าวและการทดสอบเชื้อราปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่าง

การตรวจหาเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยวิธีเพาะบนอาหารวุ้น PDA พบเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าว 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. การใช้เชื้อ *Trichoderma* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวทั้ง 3 ชนิดได้โดยการเจริญคลุมทับเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคทั้ง 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. (Figure 1A) *Fusarium* sp. (Figure 1B) และ *Altrernaria* sp. (Figure 1C) อย่างสมบูรณ์ เช่นเดียวกับการทดสอบเชื้อ *Trichoderma* sp. ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชหลายชนิดได้ เช่น *Pythium* sp. (Paulitz และคณะ, 1990) *Sclerotium rolfsii* (Benhamou และ Chet, 1996; Kajal และ Chitreswar, 2000; Barakat และคณะ, 2006) *Fusarium* sp. (Hervas และคณะ, 1998) *Phytophthora cactorum* (Roiger และ Jeffers, 1991) *Pythium ultimum* (Burn และ Benson, 2000) และ *Collectotrichum falcatum* (Saikia และ Azad, 2001) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าเชื้อ *Trichoderma* sp. สามารถใช้ควบคุมการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้ง 3 ชนิดได้

การทดสอบแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่าง

เชื้อปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้ง 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ได้ เท่ากับ 60 64 และ 51% ตามลำดับ (Table 1) และการเจริญของเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้ง 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. (Figure 2A) *Fusarium* sp. (Figure 2B) และ *Alternaria* sp. (Figure 2C) ถูกยับยั้งเมื่อให้เชื้อสาเหตุโรคทั้ง 3 ชนิดเจริญร่วมกับเชื้อ *B. subtilis* ในขณะที่สภาพควบคุมที่ให้เชื้อสาเหตุโรคทั้ง 3 ชนิดเจริญเพียงชนิดเดียวมีการเจริญของเส้นใยเป็นปกติ สำหรับเชื้อปฏิปักษ์ *Bacillus* sp. สามารถเจริญยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้ง 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ได้ เท่ากับ 45 52 และ 36% ตามลำดับ (Table 1) และการเจริญของเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างทั้ง 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. (Figure 3A) *Fusarium* sp. (Figure 3B) และ *Alternaria* sp. (Figure 3C) ถูกยับยั้งเมื่อให้เชื้อสาเหตุโรคทั้ง 3 ชนิดเจริญร่วมกับเชื้อ *Bacillus* sp. ในขณะที่สภาพควบคุมที่ให้เชื้อสาเหตุโรคทั้ง 3 ชนิดเจริญเพียงชนิดเดียวมีการเจริญของเส้นใยเป็นปกติ การใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 2 ชนิด คือ *B. subtilis* และ *Bacillus* sp. (Table 1) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวที่เกิดจากเชื้อราทั้ง 3 ชนิด คือ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ได้ เช่นเดียวกับการทดสอบเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* และ *Bacillus* sp. ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคต่างๆ ในข้าวได้ เช่น การใช้ *B. subtilis* ในการควบคุมโรคของข้าว 3 ชนิด คือ โรคเมล็ดด่าง (พากเพียร และคณะ, 2550) โรคขอบใบแห้ง (นลินี และคณะ, 2537) และ โรคกาบใบแห้ง (พากเพียร และคณะ, 2544) และ การใช้ Bacillus sp. ในการควบคุมเชื้อ *Fusarium moniliforme* ที่ระบาดในนาข้าว (Rosales และ Mew, 1997) รวมทั้งให้ผลเช่นเดียวกับการใช้เชื้อ *Bacillus* sp. ในการควบคุมเชื้อ *Fusarium oxysporum* เชื้อสาเหตุโรค bayoud disease ของอินทผาลัม (Hassni และคณะ, 2007)

การที่เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* และ *Bacillus* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวที่เกิดจากเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้ เนื่องจากเชื้อปฏิปักษ์ทั้งสองชนิดมีกลไกบางประการในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ คือ ความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะบางชนิดที่มีผลกระทบต่อการเจริญของเชื้อรา สำหรับสารปฏิชีวนะที่สร้างโดย *B. subtilis* คือ สาร iturins ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม cyclic peptide ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ต่อกันเป็นวงแหวน ที่เกิดจากกรดจำนวน 2 ชนิด คือ กรดชนิดแอลฟา จำนวน 7 หน่วย และกรดชนิดบีตา จำนวน 1 หน่วย ซึ่งสารนี้มีผลในการต่อต้านการเจริญของเชื้อรา (Beattie และคณะ, 1995) ส่วนสารปฏิชีวนะที่สร้างโดย *Bacillus* sp. มีผลกระทบต่อผนังเซลล์ของเชื้อราทำให้การลำเลียงสารผ่านเข้าออกมีลักษณะที่ผิดปกติไปจากเดิม ส่งผลทำให้เซลล์ของเชื้อราสูญเสียหน้าที่และตายในที่สุด (Jiang และคณะ, 2006)

สรุปผล

จากการตรวจหาเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวพบเชื้อราสาเหตุโรค 3 ชนิด ได้แก่เชื้อราปฏิปักษ์ *T. harzianum* สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวทั้ง 3 ชนิดได้โดยสามารถเจริญปกคลุมเชื้อสาเหตุโรคได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างคิดเป็น 60 64 และ 51% ของเชื้อ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ตามลำดับ และเชื้อ *Bacillus* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Curvularia* sp. *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ได้ 45 52 และ 36% ตามลำดับ

1A 1B 1C

Figure 1 Growth of pathogenic fungus of dirty panicle disease in rice; *Curvularia* sp. (1A), *Fusarium* sp. (1B) and *Alternaria* sp. (1C) (left side) and growth of *Trichoderma* sp. covered on pathogenic fungus of dirty panicle disease in rice; *Curvularia* sp. (1A), *Fusarium* sp. (1B) and *Alternaria* sp. (1C) (right side)

2A 2B 2C

Figure 2 Growth of pathogenic fungus of dirty panicle disease in rice; *Curvularia* sp. (2A), *Fusarium* sp. (2B) and *Alternaria* sp. (2C) (left side) and growth of *Bacillus subtilis* together with pathogenic fungus of dirty panicle disease in rice; *Curvularia* sp. (2A), *Fusarium* sp. (2B) and *Alternaria* sp. (2C) (right side)

3A 3B 3C

Figure 3 Growth of pathogenic fungus of dirty panicle disease in rice; *Curvularia* sp. (3A), *Fusarium* sp. (3B) and *Alternaria* sp. (3C) (left side) and growth of *Bacillus* sp. together with pathogenic fungus of dirty panicle disease in rice; *Curvularia* sp. (3A), *Fusarium* sp. (3B) and *Alternaria* sp. (3C) (right side)

Table 1 Inhibition degree of *Bacillus subtilis* and *Bacillus* sp. on three pathogens of dirty panicle disease in rice

Pathogens of dirty panicle disease	Inhibition degree of *Bacillus subtilis* (%)	Inhibition degree of *Bacillus* sp. (%)
Curvularia sp.	60a	45b
Fusarium sp.	64a	52a
Alternaria sp.	51b	36c
C.V. (%)	15.26	17.14

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

เอกสารอ้างอิง

นลินี จาริกภากร พาณี หนูนิ่ม โสพนา วรฉัตรวิทยา อุทิศ ดวงสุวรรณ และมนูญ เอนกชัย, 2537, การควบคุมเชื้อสาเหตุโรคข้าวในสภาพไร่โดยแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ NSRS 89-24 และ NSRS 89-26, วารสารวิชาการเกษตร, 12: 111-116.

พากเพียร อรัญนารถ นงรัตน์ นิลพานิชย์ วิชิต ศิริสันธนะ และสมคิด ดิสถาพร, 2544, ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* ในการควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าว, วารสารวิชาการเกษตร, 19: 4-12.

พากเพียร อรัญนารถ นงรัตน์ นิลพานิชย์ และรัศมี ฐิติเกียรติพงศ์, 2550, การใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคเมล็ดด่างข้าว, วารสารวิชาการข้าว, 1: 21-28.

Barakat, R.M., Al-Mathareeq, F. and Al-Marsi, M.I., 2006, Biological Control of *Sclerotium rolfsii* by Using Indigenous *Trichoderma* spp. Isolate from Palestine, Hebron University Research Journal, 2: 27-47.

Beattie, B.B., Mc-Glasson, W.B. and Wade, N.L., 1995, Postharvest of Horticultural Products: Tropical Fruit, DPI, Brisbane, Australia, 56 p.

Benhamou, N. and Chet, I., 1996, Parasitism of Sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma hazianum* : Untrastructural and Cytochemical Aspects of the Interaction, Phytopathology, 86: 405-406.

Burns, J.R. and Benson, D.M., 2000, Biocontrol of Damping-off of *Catharanthus roseus* caused by *Pythium ultimum* with *Trichoderma virens* and Binucleate Rhizoctonia Fungi, Plant Disease, 84: 644-648.

Cumugum, C.J.R. and Llang, L.L., 1997, Parasitism of Sclerotial Bodies of *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma hazianum* and *Pencillium oxalicum*, Philippine Phytopathology, 33: 17-26.

Desai, S. and Schlosser, E., 1999, Parasitism of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma*, Indian Phytopathology, 52: 47-50.

Harvas, A., Landa, B., Datnoff, L.E. and Jimenez-Diaz, R.M., 1998, Effects of Commercial and Indigenous Microorganisms on Fusarium Wilt Development in Chickpea, Biological Control, 13: 166-176.

Jiang, Q.Z., Guo, H.Y., Li, M.S., Qi, Y.H. and Guo, H.J., 2006, Evaluation of Biocontrol Efficiency of Different Bacillus Preparation and Field Application Methods Against Phytophthora Blight of Bell Pepper, Biological Control, 36: 216-223.

Kajal, K.B. and Chitreswar, S., 2000, Mangement of Stem Rot of Groundnut Cassed by *Sclerotium rolfsii* Through *Trichoderma hazianum*, Indian Phytopathology, 53: 290-295.

Paulitz, T.C., Ahmad, J.S. and Baker, R., 1990, Integration of Pythium nunn and *Trichoderma harzianum* Isolate T-95 for the Biological Control of Pythium Damping-off of Cucumber, Plant and soil, 121: 243-250.

Roiger, D.P. and Jeffers, S.N., 1991, Evaluation of *Trichoderma* spp. for Biological Control of Phytophthora Crown and Root Rot of Apple Seedlings, Phytopathology, 81: 910-917.

Rosales, A.M. and Mew, T.W., 1997, Suppression of *Fusarium moniliforme* in Rice by Rice-associated Antagonistic Bacteria, Plant Disease, 81: 49-52.

Saika, R. and Azad, P., 2001, Effect of Certain Carbon and Nitrogen Sources on the Antagonistic Activities of Some Biocontrol Agents Against *Collectotrichum falcatum* Went, Enviroment and Ecology, 19: 849-852.

Ziedan, E.H.E., 2006, Manipulating Endophytic Bacteria for Biological Control to Soil Borne Disease of Peanut, Journal of Applied Sciences Research, 2: 497-502.

ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

Effects of Water Stress on Inhibition of Growth in Cassava

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] และ กิตติ การะพิมพ์[1]

Sawatdikarn, S.[1] and Karapim, K.[1]

Abstract

The objective of this study was evaluated of water stress on inhibition of growth in cassava. Samples of stem cutting in three cassava varieties namely Rayong 1, Rayong 60 and Rayong 72. The stem cutting were planted in plastic pot and watered at five treatments; watered at every day, watered at one day interval, watered at two days interval, watered at three days interval and watered at four days interval. Stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight were measured at 28 days after planting. The results showed that the watered at four days interval treatment gave the highest of inhibition of growth in three cassava varieties. The increasing of water stress resulted in the inhibition of growth. The watered at four days interval treatment reached the inhibition of leaf length and leaf width in three cassava varieties over 60%, For inhibition of leaf length, the Rayong 1, Rayong 60 and Rayong 72 cassava varieties showed inhibition at 74.39, 76.38 and 73.78%, respectively. and the inhibition of leaf width at 74.12, 62.01 and 64.83%, respectively. For inhibition of stem height and stem dry weight, the watered at four days interval treatment gave the inhibition ranged from 40 to 65% of three cassava varieties.

Keywords: water stress, cassava, inhibition of growth

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยนำท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และ ระยอง 72 ปลูกในกระถางพลาสติกแล้วให้น้ำต่างกัน แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ ให้น้ำทุกวัน ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำวันเว้น 2 วัน ให้น้ำวันเว้น 3 วัน และให้น้ำวันเว้น 4 วัน วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น พบว่า การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้มันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตสูงสุด การขาดน้ำเป็นระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้ง 4 ลักษณะถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วัน สามารถยับยั้งความยาวใบและความกว้างใบมากกว่า 60% โดยพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 ถูกยับยั้งความยาวใบเท่ากับ 74.39 76.38 และ 73.78% และยับยั้งความกว้างใบ เท่ากับ 74.12 62.01 และ 64.83% ตามลำดับ ในขณะที่การยับยั้งความสูงลำต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ที่ให้น้ำวันเว้น 4 วันอยู่ระหว่าง 40-65%

คำสำคัญ: การขาดน้ำ มันสำปะหลัง การยับยั้งการเจริญเติบโต

คำนำ

การขาดน้ำ (water stress) เป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะปลูกพืชโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งและฝนทิ้งช่วง มีผลทำให้พืชเศรษฐกิจหลายชนิดได้รับผลกระทบในหลายลักษณะ เช่น ผลกระทบต่อการงอก เช่น ข้าวโพด (ศานิต, 2553) ข้าวโพดเทียน (Sawatdikarn, 2010) และ radish (Hervieu และคณะ, 1994; Eslami และคณะ, 2010) และผลกระทบต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต เช่น ทานตะวัน (ภาวินี และคณะ, 2553) มันฝรั่ง (Basu และคณะ, 1999) และกาแฟ (Praxedes และคณะ, 2006) รวมทั้งมันสำปะหลัง ที่พบว่า การปลูกในสภาพขาดน้ำมีผลทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงกว่าการปลูกในสภาพปกติที่ไม่ขาดน้ำ (Alves และ Setter, 2000; Alves และ Setter, 2004a; Bakayoko และคณะ, 2009) มีการศึกษาผลของการขาดน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี การเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังในหลายการทดลอง เช่น การขาดน้ำมีผลทำให้มันสำปะหลังพันธุ์ BGM 252

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

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

มีพื้นที่ใบลดลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการพัฒนาการของเซลล์ที่ช้าลงและเกิดกระบวนการแบ่งเซลล์ที่ลดลง (Alves และ Setter, 2004a) มันสำปะหลัง 5 สายพันธุ์เมื่อปลูกในสภาพขาดน้ำ พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 5 พันธุ์มีการเจริญเติบโตของใบและอัตราการหายใจลดลง แต่เพิ่มปริมาณของกรดแอบไซสิค (Alves และ Setter, 2000) การปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ในสภาพขาดน้ำ พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์มีการสะสมของกรดแอบไซสิคเพิ่มขึ้น (Alves และ Setter, 2004b) และการปลูกมันมันสำปะหลังในสภาพขาดน้ำมีผลทำให้มีผลผลิตน้อยกว่าการปลูกในสภาพที่ไม่ขาดน้ำ (นพศูล และคณะ, 2550; พัชราพร และคณะ, 2552; Bakayoko และคณะ, 2009) จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังอย่างกว้างขวาง แต่การศึกษาผลของการขาดน้ำของมันสำปะหลังในระยะแรกของการเจริญเติบโตยังมีผู้ศึกษาไม่มากนัก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกปลูกมันสำปะหลังในสภาพขาดน้ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำท่อนพันธุ์ของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 ปลูกในกระถางพลาสติกที่บรรจุดิน 1,000 กรัม จำนวน 1 ท่อน X 4 ซ้ำ (ท่อน) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทำการให้น้ำแก่มันสำปะหลังที่เพาะในวันแรกปริมาณ 1,000 มล. หลังจากนั้นดำเนินการให้น้ำต่างกัน แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ ให้น้ำทุกวัน (สภาพควบคุม) ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำวันเว้น 2 วัน ให้น้ำวันเว้น 3 วัน และให้น้ำวันเว้น 4 วัน (ศานิต และ วริสรา, 2553) ประเมินผลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น นำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความสูงลำต้นตามสูตรของศานิต (2553) ดังนี้
การ

$$\text{ยับยั้งความสูงลำต้น (\%)} = \left\{\frac{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม} - \text{ความสูงลำต้นในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม}}\right\} \times 100$$

ส่วนการยับยั้งความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการยับยั้งความสูงลำต้น และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์โดยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้น้ำในความถี่ที่ลดลงมีผลทำให้มันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ที่นำมาทดสอบในครั้งนี้ คือ พันธุ์ระยอง 1 (Table 1) ระยอง 60 (Table 2) และระยอง 72 (Table 3) มีการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นลดลงยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับการทดสอบผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง พบว่า การปลูกในสภาพขาดน้ำมีผลทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงมากกว่าการปลูกในสภาพปกติที่ไม่ขาดน้ำ (Bakayoko และคณะ, 2009) และเช่นเดียวกับการทดสอบผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในพืชปลูกอีกหลายชนิด เช่น ข้าวโพด (ศานิต, 2553) ข้าวโพดเทียน (Sawatdikarn, 2010) มันฝรั่ง (Basu และคณะ, 1999) และกาแฟ (Praxedes และคณะ, 2006) พบว่า การขาดน้ำทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลงกว่าการให้น้ำปกติเมื่อพิจารณาระยะเวลาในการขาดน้ำ พบว่า มันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ที่นำมาทดสอบ คือ พันธุ์ระยอง 1 (Table 1) ระยอง 60 (Table 2) และระยอง 72 (Table 3) มีการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะลดลงสูงสุดเมื่อให้ขาดน้ำวันเว้น 4 วัน ซึ่งเป็นระดับการขาดน้ำที่มีความรุนแรงที่สุด รองลงมาคือ การให้น้ำวันเว้น 3 วัน วันเว้น 2 วัน และวันเว้นวัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดสอบผลของการขาดน้ำในมันสำปะหลังในหลายการทดลอง พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในสภาพขาดน้ำมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยกว่าการปลูกมันสำปะหลังในสภาพไม่ขาดน้ำหรือสภาพที่ขาดน้ำน้อยกว่า (นพศูล และคณะ, 2550; พัชราพร และคณะ, 2552; Alves และ Setter, 2000; Alves และ Setter, 2004) การขาดน้ำมีผลทำให้มันสำปะหลังได้รับผลกระทบในหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการงอก การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ซึ่งถ้ามีการขาดน้ำในสภาพที่รุนแรงมีผลทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง (Alves และ Setter, 2000; Alves และ Setter, 2004; Alves และ Setter, 2004) ฉะนั้นเพื่อให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูงในทุกสภาพแวดล้อมควรหลีกเลี่ยงการปลูก มันสำปะหลังในสภาพขาดน้ำหรือควรให้มันสำปะหลังได้รับน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก

สรุปผล

การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้มันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ชะงักการเจริญเติบโตสูงสุด การขาดน้ำในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้ง 4 ลักษณะถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วัน มีผลยับยั้งความยาวใบและความกว้างใบมากกว่า 60% โดยพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 พบการยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 74.39 76.38 และ 73.78% และพบการยับยั้งความกว้างใบ เท่ากับ 74.12 62.01 และ 64.83% ตามลำดับ ในขณะที่การยับยั้งความสูงลำต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ที่ให้น้ำวันเว้น 4 วันอยู่ระหว่าง 40-65%

เอกสารอ้างอิง

นพศูล สมุทรทอง เอ็จ สโรบล วิจารณ์ วิชชุกิจ และสุเทพ ทองแพ, 2550, ผลของปริมาณและอัตรการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 ประจำปี 2550, หน้า 75-82.

พัชราพร หนูวิสัย วิไลวรรณ พรหมคำ อารดา มาสริ เชาวนาถ พฤทธิเทพ และวันชัย ถนอมทรัพย์, 2552, การตอบสนองของพันธุ์มันสำปะหลังต่อความถี่การให้น้ำ, การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ประจำปี 2552, หน้า 162-170.

ภาวินี คามวุฒิ นวรัตน์ อุดมประเสริฐ ทศพล พรพรหม และพรศิริ หลีวานิช, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวัน, ว. วิชาการเกษตร, 28: 75-88.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 489-492.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และวริสรา ปลื้มฤดี, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 497-500.

Alves, A.A.C. and Setter, T.L., 2000, Response of Cassava to Water Deficit: Leaf Area Growth and Abscisic Acid, Crop Sci., 40: 131-137.

Alves, A.A.C. and Setter, T.L., 2004a, Abscisic Acid Accumulation and Osmotic Adjustment in Cassava under Water Deficit. Environ, Exp. Bot., 51: 259-271.

Alves, A.A.C. and Setter, T.L., 2004b, Response of Cassava Leaf Area Expansion to Water Deficit: Cell Proliferation, Cell Expansion and Delayed Development, Ann. Bot., 94: 605-613.

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, Afr. J. Agric. Res., 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, Environ. Exp. Bot., 42: 25-39.

Eslami, S.V., Gill, G.S. and Mcdonald, G., 2010, Effect of Water Stress during Seed Development on Morphometric Characteristics and Dormancy of Wild Radish (*Raphanus raphaistrum* L.) Seed, International Journal of Plant Production, 4: 159-168.

Hervieu, F., Dity, L.F., Billard, J.P. and Huault, C., 1994, Effects of Water Stress on Proline Content and Ornithine Aminotransferase Activity of Radish Cotyledons, Phytochemical, 37: 1227-1231.

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, Environ. Exp. Bot., 56: 263-273.

Sawatdikarn, S, 2010, Effects of Water Stress on Inhibition of Seed Germination and Vigor in Waxy Corn, p 1-7. In 36 th Proceeding Congress on Science and Technology of Thailand.

Table 1 Inhibition of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of Rayong 1 cassava variety 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	14.13d	31.09d	24.98d	17.45d
Two days interval	34.66c	44.06c	44.75c	28.35c
Three days interval	45.85b	58.70b	57.69b	41.77b
Four days interval	62.16a	74.39a	74.12a	52.75a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	8.45	10.63	8.74	10.62

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

Table 2 Inhibition of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of Rayong 60 cassava variety 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	12.61d	30.62d	19.87d	13.56d
Two days interval	29.04c	45.34c	29.03c	25.11c
Three days interval	39.32b	59.39b	45.52b	39.40b
Four days interval	52.23a	76.38a	62.01a	47.51a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	7.45	10.68	11.43	9.94

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

Table 3 Inhibition of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of Rayong 72 cassava variety 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	5.86d	19.29d	12.63d	10.73d
Two days interval	19.06c	43.71c	30.76c	25.48c
Three days interval	28.10b	66.53b	48.74b	34.85b
Four days interval	42.62a	73.78a	64.83a	46.32a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	8.59	11.48	10.60	11.47

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

ผลของการขาดน้ำต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

Effects of Water Stress on Seed Germination and Vigor of Soybean

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

Abstract

The objective of this research was to study the effect of water stress on inhibition of seed germination and vigor of soybean. Samples of two soybean seed varieties namely SJ. 5 and Chiang Mai 60 that composted with three seed qualities (high, medium and low quality) were planted in plastic basket and then watered different periods; watered every day, watered one day interval, watered two days interval, watered three days interval and watered four day interval. Seed germination, speed of germination index, shoot length and seedling dry weight were measured at 14 days after planting. The results showed that the watered four days interval gave the highest inhibition effect on seed germination and vigor in two soybean varieties. The increasing of water stress resulted in the inhibition of seed germination and vigor. The watered four days interval reached the inhibition of speed of germination index and shoot length in two soybean varieties over 50%, SJ. 5 varieties showed the inhibition of speed of germination index at 58.39, 69.68 and 77.21% and the inhibition of shoot length at 51.70, 63.49 and 67.87% of high, medium and low seed quality, respectively. For Chiang Mai 60 variety, the watered four days interval treatment gave the inhibition of speed of germination index at 59.27, 68.13 and 63.60% and the inhibition of shoot length at 67.01, 66.89 and 73.02% of high, medium and low seed quality, respectively.

Keywords: water stress, soybean seed, seed germination and vigor

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และเชียงใหม่ 60 ที่มีคุณภาพต่างกัน คือ คุณภาพสูง ปานกลาง และต่ำ เพาะในตะกร้าพลาสติกที่อุณหภูมิห้องแล้วให้น้ำต่างกัน แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ การให้น้ำทุกวัน ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำวันเว้น 2 วัน ให้น้ำวันเว้น 3 วัน และให้น้ำวันเว้น 4 วัน วัดคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองหลังจากการเพาะ 14 วัน จำนวน 4 ลักษณะ คือ ความงอก ดัชนีความเร็วในการงอก ความยาวยอด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า ผลการทดลองพบว่า การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์ถูกยับยั้งความงอกและความแข็งแรงสูงสุด ระยะเวลาในการขาดน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองถูกยับยั้งความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วัน มีผลยับยั้งดัชนีความเร็วในการงอกและความยาวยอดของต้นกล้าของถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์มากกว่า 50% โดยเมล็ดพันธุ์ สจ. 5 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งดัชนีความเร็วในการงอก เท่ากับ 58.39 69.68 และ 77.21% และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวยอด เท่ากับ 51.70 63.49 และ 67.87% ที่มีคุณภาพสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ส่วนถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า การให้น้ำวันเว้น 4 วัน มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งดัชนีความเร็วในการงอก เท่ากับ 59.27 68.13 และ 63.60% และยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้า เท่ากับ 67.01 66.89 และ 73.02% ของเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ

คำสำคัญ: การขาดน้ำ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

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

คำนำ

ในการผลิตพืชเศรษฐกิจหลายชนิดมักประสบปัญหาการขาดน้ำในช่วงระยะงอก ระยะเจริญเติบโต และระยะให้ผลผลิต เช่น ข้าว (Ekanayake และคณะ, 1990) ถั่วเขียว (ศานิต และวริสรา, 2553) ข้าวโพด (ศานิต, 2553) และ ข้าวโพดเทียน (Sawatdikarn, 2010) มีการศึกษาการขาดน้ำที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น การขาดน้ำของถั่วเหลืองในระหว่างการเจริญเติบโต (วันชัย และ คณะ, 2540; วันชัย และ คณะ, 2542; Allen และคณะ, 2003; King และ Purcell, 2006) และการขาดน้ำของถั่วเหลืองในระยะให้ผลผลิต (ทรงยศ และอุมา, 2543; สมยศ และ ธวัชชัย, 2543; Serraj และ Sinclair, 1997; Serraj และคณะ, 1997) และยังมีการศึกษาผลของการขาดน้ำที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง (Helms และคณะ, 1997; Helms และคณะ, 1997; Schuab และคณะ, 2007) ซึ่งเป็นการทดลองในต่างประเทศ แต่ในประเทศไทยยังมีการศึกษาน้อยเกี่ยวกับผลของการขาดน้ำต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ดังนั้นจึงได้ศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ สจ. 5 และเชียงใหม่ 60 เพื่อเป็นข้อมูลในการใช้ถั่วเหลืองปลูกในสภาพขาดน้ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ สจ. 5 และเชียงใหม่ 60 ที่มีคุณภาพต่างกัน คือ คุณภาพสูง มีความงอกมากกว่า 92% คุณภาพปานกลาง มีความงอก 82-87% และคุณภาพต่ำ มีความงอกมากกว่า 70% เพาะในตะกร้าพลาสติกที่บรรจุดิน 1,000 กรัม จำนวน 50 เมล็ดX 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ที่อุณหภูมิห้องแล้วให้น้ำถั่วเหลืองที่เพาะในวันแรกปริมาณ 1,000 มล. หลังจากนั้นดำเนินการให้น้ำต่างกัน แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ ให้น้ำทุกวัน ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำวันเว้น 2 วัน ให้น้ำวันเว้น 3 วัน และให้น้ำวันเว้น 4 วัน ประเมินผลความงอกตามกฎของ ISTA (2003) ทุกวัน ในช่วง 4-7 วัน คำนวณความงอกและดัชนีความเร็วในการงอก และประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ 2 ลักษณะ คือ ความยาวยอดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าตามกฎการทดสอบของ AOSA (2002) แล้วนำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ตามสูตรของศานิต (2553) ดังนี้

$$\text{การยับยั้งความงอก (\%)} = \left\{ \frac{\text{ความงอกในสภาพควบคุม} - \text{ความงอกในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ความงอกในสภาพควบคุม}} \right\} \times 100$$

ส่วนการยับยั้งความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการยับยั้งความงอก และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้น้ำในความถี่ที่ลดลงมีผลยับยั้งความงอก ดัชนีความเร็วในการงอก ความยาวยอด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์เหลืองที่นำมาทดสอบทั้งสองพันธุ์ คือ สจ. 5 (Table 1, 2) และเชียงใหม่ 60 (Table 3, 4) เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการทดลองในถั่วเหลือง (Helms และคณะ, 1997; Helms และคณะ, 1997; King และ Purcell, 2006; Schuab และคณะ, 2007) รวมทั้งถั่วอัลฟัลฟา (Steiner และคณะ, 1992) และถั่ว faba bean (Ghassemi-Golezani และ Hosseinzadeh-Mahootchy, 2009) เมื่อพิจารณาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้เพาะ พบว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูงเมื่อเพาะในสภาพขาดน้ำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความงอก ดัชนีความเร็วในการงอก ความยาวยอด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ ปานกลางและต่ำ (Table 1-4) เช่นเดียวกับการทดสอบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในสภาพขาดน้ำ พบว่า ควรเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูงปลูกในสภาพขาดน้ำมากกว่าการใช้เมล็ดที่มีคุณภาพต่ำ (Albuquerque และ de carvalho, 2003) ฉะนั้นเพื่อให้การปลูกถั่วเหลืองในสภาพขาดน้ำได้ผลดีควรเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูงซึ่งจะให้การงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าสูงกว่าการใช้เมล็ดพันธุ์คุณภาพต่ำ

สรุปผล

การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งสองสายพันธุ์ถูกยับยั้งความงอกและความแข็งแรงสูงสุด การขาดน้ำในระยะเวลาที่นานขึ้นทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองถูกยับยั้งความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น การให้น้ำวันเว้น 4 วันสามารถยับยั้งดัชนีความเร็วในการงอกและความยาวยอดของต้นกล้าของถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์มากกว่า 50% โดย

พันธุ์สจ. 5 ถูกยับยั้งดัชนีความเร็วในการงอก เท่ากับ 58.39 69.68 และ 77.21% และยับยั้งความยาวยอด เท่ากับ 51.70 63.49 และ 67.87% ของเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ส่วนถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า การให้น้ำวันเว้น 4 วัน มีผลยับยั้งดัชนีความเร็วในการงอก เท่ากับ 59.27 68.13 และ 63.60% และยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้า เท่ากับ 67.01 66.89 และ 73.02% ของเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ทรงยศ ตันพิพัฒน์ และอุมา แสงคร้าม, 2543, ผลของช่วงความถี่การให้น้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง, ว. เกษตรพระจอมเกล้า, 18 (2) : 20-28.

วันชัย ถนอมทรัพย์ กนกพร เมาลานนท์ และเทวา เมาลานนท์, 2540, การตอบสนองของถั่วเหลืองต่อปริมาณการให้น้ำและการจัดระยะปลูก, ว. วิชาการเกษตร, 15 : 105-114.

วันชัย ถนอมทรัพย์ สมชาย บุญประดับ กนกพร เมาลานนท์ และเทวา เมาลานนท์, 2542, การตอบสนองของถั่วเหลืองที่มีอายุแตกต่างกันต่อความถี่การให้น้ำและการคลุมดิน, ว. วิชาการเกษตร, 17 : 150-159.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 489-492.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และวริสรา ปลื้มฤดี, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 497-500.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล และธวัชชัย อุบลเกิด, 2543, ผลของการขาดน้ำช่วงต่าง ๆ กันของการเจริญเติบโตต่อผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด 3 พันธุ์, ว. เกษตรพระจอมเกล้า, 18 (1) : 24-33.

Albuquerque, M.C. de F. and de carvalho, 2003, Effect of the Type of Environmental Stress on the Emergence of Sunflower (*Helianthus annus* L.), Soybean (*Glyzine max* (L.) Merril) and Maize (*Zea mays* L.) Seeds with Different Levels of Vigor, Seed Sci. & Technol., 31 : 465-479.

Allen, L.H., Pan, D., Boote, K.J., Pickering, N.B. and Jones, J.W., 2003, Carbon Dioxide and Temperature Effects on Evapotranspiration and Water use Efficiency of Soybean, Agron. J.,95 : 1071-1081.

AOSA, 2002, Seed Vigor Testing Handbook, Association of Official Seed Analysts, No.32, Lincoln 20-73 p.

Ekanayake, I.J., Steponkus, P.L. and De Detta, S.K., 1990, Sensitivity of Pollination to Water Deficits at Anthesis in Upland Rice, Crop Sci., 30: 310-315.

Ghassemi-Golezani, K. and Hosseinzadeh-Mahootchy, A., 2009, Changes in Seed Vigour of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Cultivars During Development and Maturity, Seed Sci. & Technol., 37 : 713-720.

Helms, T.C., Deckard, E.L., Goos, R.J. and Enz, J.W., 1996a, Soybean Seedling Influenced by Days of Soil Water Stress and Soil Temperature, Agron. J., 88 : 657-661.

Helms, T.C., Deckard, E.L., Goos, R.J. and Enz, J.W., 1996b, Soil Moisture, Temperature and Drying Influence on Soybean Emergence, Agron. J., 88: 662-667.

ISTA, 2003,. ISTA Handbook on Seedling Evaluation, 3 rd Edition, International Rules for Seed Testing.

King, C.A. and Purcell, L.C., 2006, Genotypic Variation of Shoot N Concentration and Responses to Water Deficits in Soybean, Crop Sci., 46: 2396-2402.

Sawatdikarn, S., 2010, Effects of Water Stress on Inhibition of Seed Germination and Vigor in Waxy Corn, In 36th Proceeding Congress on Science and Technology of Thailand, p 1-7.

Schuab, S.R.P., Braccini, A.L., Scapini, C.A., Franca-Neto, J.B., Meschede, D.K. and Avila, M.R., 2007, Germination Test under Water Stress to Evaluate Soybean Seed Vigour, Seed Sci. & Technol., 35: 187-199.

Serraj, R. and Sinclair, T.R., 1997, Variation among Soybean Cultivars in Dinitrogen Fixation Response to Drought, Agron J., 89: 963-969.

Serraj, R., Bona, S., Purcell, L.C. and Sinclair, T.R., 1997, Nitrogen Accumulation and Nodule Activity of Field-Grown Jackson Soybean in Response to Water-deficits, Field Crop Res., 52:109-116.

Steiner, J.J., Hutmacher, R.B., Gamble, S.D., Ayars, J.E. and Vail, S.S., 1992, Alfalfa Seed Water Management: I. Crop reproductive development and seed yield, Crop Sci., 32: 476-481.

Table 1 Inhibition of seed germination and speed of germination index of high, medium and low soybean seed quality in SJ. 5 variety at different water stress conditions compared with watered at every day treatment

Water stress	Inhibition of seed germination (%)			Inhibition of speed of germination index (%)		
Conditions	High	Medium	Low	High	Medium	Low
One day interval	4.21d	5.82d	5.41d	18.91d	14.93d	23.46d
Two days interval	9.47c	12.79c	16.21c	38.22c	36.64c	34.51c
Three days interval	12.63b	18.60b	21.62b	19.93b	54.19b	58.97b
Four days interval	22.10a	22.58a	31.08a	58.39a	69.68a	77.21a
C.V. (%)	8.96	10.24	13.35	7.98	8.96	10.28

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

Table 2 Inhibition of shoot length and seedling dry weight of high, medium and low soybean seed quality in SJ. 5 variety at different water stress conditions compared with watered at every day treatment

Water stress	Inhibition of shoot length (%)			Inhibition of seedling dry weight (%)		
Conditions	High	Medium	Low	High	Medium	Low
One day interval	14.61d	10.28d	23.68d	8.31d	9.74d	5.75d
Two days interval	29.17c	34.39c	37.85c	20.17c	16.88c	21.44c
Three days interval	39.06b	51.55b	50.61b	28.01b	24.73b	37.19b
Four days interval	51.70a	63.49a	67.87a	36.05a	37.41a	52.51a
C.V. (%)	7.45	9.64	13.56	6.54	10.29	12.56

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

Table 3 Inhibition of seed germination and speed of germination index of high, medium and low soybean seed quality in Chiang Mai 60 variety at different water stress conditions compared with watered at every day treatment

Water stress	Inhibition of seed germination (%)			Inhibition of speed of germination index (%)		
Conditions	High	Medium	Low	High	Medium	Low
One day interval	3.23d	5.88d	6.94d	7.01d	16.16d	21.77d
Two days interval	8.61c	10.59c	13.88c	21.89c	40.85c	32.73c
Three days interval	13.97b	16.47b	19.45b	49.30b	51.42b	52.72b
Four days interval	21.50a	27.05a	30.55a	59.27a	68.13a	63.60a
C.V. (%)	6.98	8.78	11.56	5.48	9.65	12.34

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

Table 4 Inhibition of shoot length and seedling dry weight of high, medium and low soybean seed quality in Chiang Mai 60 variety at different water stress conditions compared with watered at every day treatment

Water stress	Inhibition of shoot length (%)			Inhibition of seedling dry weight (%)		
Conditions	High	Medium	Low	High	Medium	Low
One day interval	20.79d	26.83d	11.64d	6.11d	10.02d	9.78d
Two days interval	41.91c	32.85c	31.18c	15.46c	19.81c	17.18c
Three days interval	54.62b	43.45b	51.07b	27.55b	29.66b	32.69b
Four days interval	67.01a	66.89a	73.02a	36.30a	44.84a	49.60a
C.V. (%)	5.87	9.89	14.56	8.96	10.23	14.58

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

ผลของการงอกต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และการปลดปล่อยกลูโคสภายใต้สภาวะจำลองการย่อยสตาร์ชถั่วเขียวในร่างกาย

Effect of Germination on the Physico-Chemical Properties and Glucose Release under *In vitro* Digestion of Mung Bean Starch

นันทรัตน์ ณ นครพนม[1] ภาธินี สุวรรณมณี[2] และ สุทธินี สุปิยพันธ์[2]
Na Nakornpanom, N.[1], Suwanmanee, P.[2] and Supiyapan, S.[2]

Abstract

The effect of germination time (0, 12 and 24 hr) on the physico-chemical properties and glucose release under *in vitro* gastrointestinal condition of mung bean starch was studied. It showed that the germination time did not affect on the amylose content of the starch (50.0-53.64% w/w) ($P \geq 0.05$). After germination, mung bean starch granule showed a deeper hole compared to native starch. The swelling power of starch increased when increasing the temperature up to 70°C. At 15 min of digestion under *in vitro* gastrointestinal condition, the 24 hr germinated mung bean starch was the highest rate the amount of glucose release compared to the others ($P<0.05$). The rate of glucose release was 0.043, 0.024 and 0.023 mg/min for 24 hr, 12 hr and 0 hr germinated starch, respectively. However, the glucose release of the germinated starch was similar to the native starch (0.6-0.9 mg/g of starch) after digestion for 60 min. This study demonstrated that the germination of mung bean seed for 24 hr could be used as ingredient for improving the nutritional value of dietetic formulas that the germinationl was not effect on physico-chemical properties and starch digestion under gastrointestinal condition.

Keywords: germination, *In vitro* gastrointestinal digestion, physico-chemical properties, mung bean

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของระยะเวลางอก (0, 12 และ 24 ชั่วโมง) ต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ถูกปลดปล่อยภายใต้สภาวะจำลองการย่อยสตาร์ชถั่วเขียวในร่างกาย พบว่า ระยะเวลางอกไม่มีผลต่อปริมาณอะไมโลสของสตาร์ช (50.0-53.64% w/w) ($P \geq 0.05$) การงอกส่งผลให้สตาร์ชถั่วเขียวบางเม็ดมีโพรงลึกปรากฏเมื่อเปรียบเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ผ่านการงอก ค่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชถั่วเขียวเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายเท่ากับ 70°C ในนาทีที่ 15 ของการย่อยสตาร์ชถั่วเขียวในสภาวะจำลองการย่อยในร่างกาย สตาร์ชถั่วเขียวที่ผ่านการงอกนาน 24 ชั่วโมงปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสในอัตราที่สูงสุด ($P<0.05$) อัตราในการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 0.043, 0.024 และ 0.023 มิลลิกรัมต่อนาที สำหรับสตาร์ชถั่วเขียวที่ผ่านการงอก นาน 24, 12 และ 0 ชั่วโมง ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ที่ 60 นาทีของการย่อย ปริมาณกลูโคสที่ปลดปล่อยมีค่าใกล้เคียงกับสตาร์ชที่ไม่ผ่านการงอก (0.6-0.9 มิลลิกรัมต่อกรัมสตาร์ช) แสดงให้เห็นถั่วเขียวที่ผ่านการงอก นาน 24 ชั่วโมง สามารถใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในอาหารสำหรับผู้ป่วยเบาหวานได้ โดยการงอกของเมล็ดพืชไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และการถูกย่อยของสตาร์ชถั่วเขียวในร่างกาย

คำสำคัญ: การงอก การย่อยในสภาวะเลียนแบบร่างกาย คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ถั่วเขียว

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

[1] Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Wattana, Bangkok, 10110

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

[2] Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Wattana, Bangkok, 10110

คำนำ

ถั่วเขียว (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) เป็นพืชวงศ์ถั่ว ประกอบด้วย สตาร์ชร้อยละ 50 (w/w) การที่สตาร์ชถั่วเขียวมีความคงทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส (glycemic index ~31) จึงเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน (Kasemsuwan และคณะ, 1998) การงอกทางธรรมชาติของเมล็ดพืชส่งผลให้เมล็ดพืชมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น ได้แก่ การสังเคราะห์กรดแกรมมาอะมิโนบิวไทริกในข้าวกล้องงอก การเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และลดปริมาณไฟเตทในเมล็ดถั่ว เป็นต้น (Oh และ Oh, 2004; Femandez-Orozco, 2008) อย่างไรก็ตามการงอกทางธรรมชาติของเมล็ดพืช อาจส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และหรือความคงทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสของสตาร์ชเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงระดับน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือด ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของระยะเวลางอกของเมล็ดพืชต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ โครงสร้างระดับจุลภาค และการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสภายใต้สภาวะจำลองการย่อยในร่างกายของสตาร์ชถั่วเขียว องค์ความรู้ที่ได้จะเป็นแนวทางในการนำถั่วเขียวงอกมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

อุปกรณ์และวิธีการ

ถั่วเขียว (ตราไร่ทิพย์, บริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด, นนทบุรี) ประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 11 โปรตีน (Nx5.52) ร้อยละ 21 และไขมันร้อยละ 1 โดยน้ำหนักแห้ง (AOAC, 2000) นำมาเพาะให้งอกโดยนำถั่วเขียว 2 กิโลกรัม แช่ในน้ำปริมาตร 6 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) นาน 2 ชั่วโมง เทน้ำออก เก็บในที่มืดเป็นเวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมง นำถั่วเขียวงอกมาปั่นผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.35 โมลาร์ ในอัตราส่วนถั่วเขียวต่อสารละลาย เป็น 1:3 (w/v) นำเข้าเครื่องแยกกาก ตั้งส่วนสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที เทส่วนน้ำทิ้ง และนำตะกอนไปล้างด้วยน้ำกลั่นอัตราส่วนตะกอนต่อน้ำเป็น 1:2 (w/v) ทำการล้าง จำนวน 3 ครั้ง นำตะกอนไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่ 40°C นาน 12 ชั่วโมง เก็บสตาร์ชที่เตรียมได้ในถุงโพลีเอทิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (AOAC, 2000) ปริมาณอะไมโลส (McGrance และคณะ, 1998) โครงสร้างระดับจุลภาคก่อนและหลังให้ความร้อน ค่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชถั่วเขียว (Subramanian และคณะ, 1994) และการย่อยสตาร์ชภายใต้สภาวะจำลองการย่อยในร่างกาย (Sandhy และ Lim, 2008)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การงอกของเมล็ดพืชเป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่เหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีและกายภาพของเมล็ดพืช การงอกของเมล็ดถั่วเขียว นาน 24 ชั่วโมงในสภาวะที่มีน้ำในปริมาณจำกัด ส่งผลให้เมล็ดถั่วเขียวมีความยาวของหางที่งอกประมาณ 0.7 ถึง 2.0 มิลลิเมตร การเพิ่มระยะเวลาในการงอกส่งผลให้ถั่วเขียวมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้น โดยเพิ่มจากร้อยละ 16.09±0.19 เป็น 20.91±0.03 w/w ($P<0.05$) ดังนั้นเพื่อให้สตาร์ชที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์ งานวิจัยนี้จึงทำการสกัดสตาร์ชด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.35 โมลาร์ เพื่อละลายโปรตีนชนิดวิซิลิน (8S) และ เลกูมิน (11S) ออกจากสตาร์ชถั่วเขียว (Mendoza และคณะ, 2001)

การงอกของเมล็ดพืช นาน 24 ชั่วโมงไม่มีผลต่อปริมาณอะไมโลสของสตาร์ช ($P\geq0.05$) (Table 1) การงอกของเมล็ดพืชส่งผลให้สตาร์ชบางเม็ดมีโพรงลึกปรากฏ (Figure 1b และ 1c) แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพืชที่ผ่านการงอก นาน 12 และ 24 ชั่วโมง มีการสังเคราะห์เอนไซม์อะไมเลสและหรือโปรติเอสที่ก่อให้เกิดการย่อยองค์ประกอบภายในเม็ดสตาร์ช อย่างไรก็ตามปริมาณเอนไซม์ที่สังเคราะห์อาจมีปริมาณเพียงเล็กน้อย จึงส่งผลให้ปรากฏโพรงลึกในเม็ดสตาร์ชบางเม็ดเท่านั้น โดยทั่วไปปริมาณอะไมเลสเพิ่มขึ้นเป็น 60 เท่าของเมล็ดพืชที่ไม่ผ่านการงอกเมื่อใช้ระยะเวลางอก นาน 48 ชั่วโมง (Tian และคณะ, 2010)

การเพิ่มระยะเวลาในการงอกส่งผลต่อค่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชถั่วเขียวที่อุณหภูมิห้อง ($P<0.05$) (Table 1) การงอกของเมล็ดพืชส่งผลให้ค่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชลดลง อย่างไรก็ตามค่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายเท่ากับ 70°C สอดคล้องกับผลที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ชนิดลำแสงส่องผ่าน (Figure 2) ที่ 70°C สตาร์ชมีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น และเกิดการหลอมรวมกันบางส่วน (Figure 2g และ 2k) แสดงให้เห็นว่าการงอกไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนเซชันของสตาร์ชถั่วเขียว สตาร์ชถั่วเขียวมีอุณหภูมิในการเจลาทิไนเซชันในช่วง 58 ถึง 82°C (Hoover และคณะ, 1997)

ภายหลังจากย่อยสตาร์ชภายใต้สภาวะจำลองการย่อยในร่างกาย ที่เวลา 15 นาที สตาร์ชถั่วเขียวที่ผ่านการงอกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปลดปล่อยกลูโคสในอัตราที่สูงกว่าสตาร์ชที่ผ่านการงอก นาน 12 และ 0 ชั่วโมง (Figure 3) ปริมาณกลูโคสที่ปลดปล่อยเท่ากับ 0.043, 0.024 และ 0.023 มิลลิกรัมต่อนาที ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ที่ 60 นาทีของการย่อย ปริมาณกลูโคสที่ปลดปล่อยมีค่าใกล้เคียงกับสตาร์ชที่ไม่ผ่านการงอก (0.6-0.9 มิลลิกรัมต่อกรัม)

สรุปผล

ระยะเวลางอกของเมล็ดพืช (12 -24 ชั่วโมง) ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณอะไมโลส การพองตัวของสตาร์ชที่อุณหภูมิสูง และอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนเซชันของสตาร์ชถั่วเขียว แต่การงอกส่งผลให้เม็ดสตาร์ชบางเม็ดเกิดโพรงลึก และปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสภายใต้สภาวะจำลองการย่อยในร่างกายในอัตราที่มากขึ้นในช่วงต้นของการย่อย อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ปลดปล่อยยังคงมีต่ำถึงแม้ผ่านการย่อยนาน 60 นาที ดังนั้นสตาร์ชถั่วเขียวที่ผ่านการงอก นาน 24 ชั่วโมง สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพ และการปลดปล่อยกลูโคสจากสตาร์ชถั่วเขียวในร่างกาย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปี 2553

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Femandez-Orozco, R., Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M.K., Kozlowaska, H. and Vidal-Valverde, C., 2008, Kinetic Study of the Antioxidant Compounds and Antioxidant Capacity during Germination of *Vigna radiate* cv.*emmerald*, *Glycine max* cv. *Jutro* and *Glycine max* cv. *Merit*, Food Chemistry, 111: 622-630.

Hoover, R. Li, Y.X., Hynes, G. and Senanayake, N., 1997, Physicochemical Characterization Of Mung Bean Starch, Food Hydrocolloids, 11: 401-408.

Kasemsuwan, T., Bailey, T. and Jane, J., 1998, Preparation of Clear Noodles with Mixtures of Tapioca and High Amylase Starchs, Carbohydrate Polymers, 32: 301-302.

McGrance, S.J., Hugh, J.C. and Rix, C.J., 1998, A Simple and Rapid Colorimetric Method for the Determination of Amylase in Starch Products, Starch/Stärke, 50: 158-163.

Mendoza, E.M.T., Adachi, M., Bernardo, A.E.N. and Utsumi, S., 2001, Mungbean [*Vigna radiate* (L.) Wilczek] Globulins: Purification and Characterization, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 1552-1558.

Oh, C.H. and Oh, S.H., 2004, Effects of Germinated Brown Rice Extracts with Enhanced Levels of GABA on Cancer Cell Proliferation and Apoptosis, Journal of Medicinal Food, 7: 19-23.

Sandhy, K.S. and Lim, S.T., 2008, Digestibility of Legume Starches as Influenced by its Physical and Structural Properties, Carbohydrate Polymers, 71: 245-252.

Subramanian, V., Hoseney, R.C. and Bramel-Cox, P., 1994, Shear Thinning Properties of Sorghum and Corn Starchs, Cereal Chemistry, 71: 272-275.

Tian, B., Xie, B., Shi, J., Wu, J., Cai, Y., Xu, T., Xue, S. and Deng, Q., 2010, Physicochemical Changes of Oat Seeds during Germination, Food Chemistry, 119: 1195-1200.

Table 1 Effect of germination on amylose content and swelling power of mung bean starch.

Germination time (hr)	Amylose content (% w/w)	Swelling power (g/g)				
		30°C	60°C	70°C	80°C	90°C
0	50.27^{a} ± 4.62	2.19^{aD}±0.09	2.60^{aD}±0.16	5.91^{bC}±0.23	7.97^{aB}±0.49	9.19^{aA}±0.58
12	53.36^{a} ± 5.05	1.87^{bD}±0.05	2.88^{aC}±0.67	6.68^{aB}±0.57	7.05^{bB}±0.22	8.26^{aA}±0.19
24	52.11^{a} ± 4.34	1.90^{bC}±0.08	2.46^{aC}±0.09	6.44^{abB}±0.47	7.14^{bB}±0.05	8.61^{aA}±0.79

Means in the same column followed by different lower case superscripts are significantly different (P<0.05). Means in the same row followed by different upper case superscripts are significantly different (P<0.05).

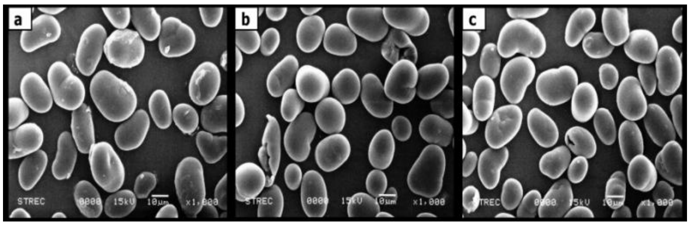


Figure 1 Scanning electron micrographs of germinated for 0, 12 and 24 hr (a, b and c) mung bean starch (scale bar = 10μm).

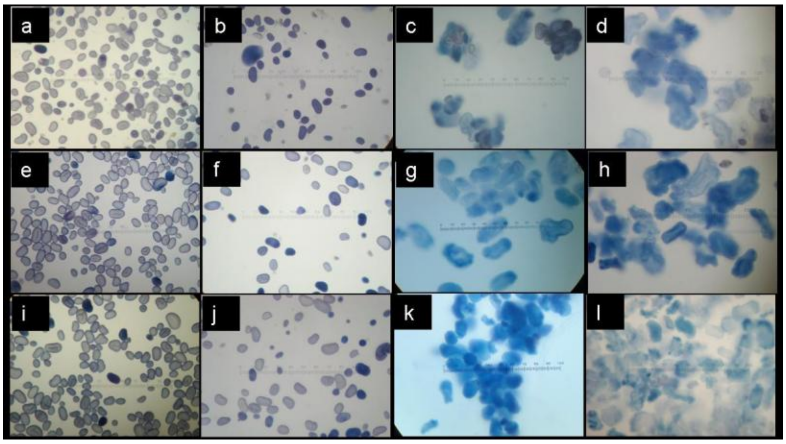


Figure 2 Microstructure (400x) of germinated mung bean starch for 0 hr (a-d), 12 hr (e-h) and 24 hr (i-l) in the 1% (w/v) starch suspension heated at 30°C (a,e,i), 60°C (b,f,j), 70°C (c,g,k) and 80°C (d,h,l) for 30 min.

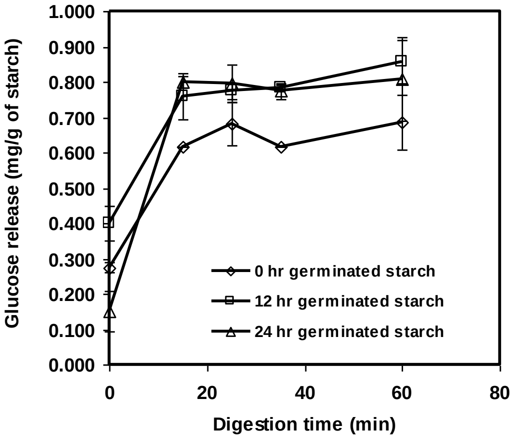


Figure 3 Effect of germination on the glucose release from mung bean starch under *in vitro* gastrointestinal condition.

การเกิดยอดจำนวนมากจากการเพาะเลี้ยงเมล็ดของถั่วคาวาลเคด *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade

Multiple Shoots Cultured from Seeds of *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade

รัตนาภรณ์ บุญเรือง[1] อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม[1] ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ[2] และ จันทกานต์ อรณนันท์[3]

Boonruang, R.[1], Poeaim, A.[1], Pongtongkam, P.[2] and Arananant, J.[3]

Abstract

In the present study we optimized the multiple shoot from *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade. Mature seeds were cultured on MS medium supplemented with 0.5, 1, 3 and 5 mg/l 6-benzyladenine (BA), 30 g/l sucrose and 2.6 g/l phytagel. The cultures were incubated under fluorescent light for 16 hr/day and dark for 8 hr/day at 25^{o}C for 4 weeks. The results showed that multiple shoot regeneration on MS medium supplemented with 1 mg/l BA was the highest numbers of shoots per seed (5.29 shoots per seed). The highest of shoots elongation was found in MS medium supplemented with 0.5 mg/l BA which the average of shoots length was 38.00 mm per explant.

Keywords: cavalcade, multiple shoots, seeds

บทคัดย่อ

การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเกิดยอดจำนวนมากของถั่วคาวาลเคด *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade โดยเพาะเลี้ยงเมล็ดบนอาหารสูตร MS ที่ประกอบด้วย 6 - benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และไฟตาเจล 2.6 กรัมต่อลิตร ในที่มีแสงสว่าง 16 ชั่วโมง ที่มืด 8 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าในสูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยของยอดจำนวนมากที่สุดคือ 5.2 ยอดต่อเมล็ด สำหรับสูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยความสูงของต้นมากที่สุดคือ 37.50 มิลลิเมตรต่อชิ้นเนื้อเยื่อ

คำสำคัญ: ถั่วคาวาลเคด ยอดจำนวนมาก เมล็ด

คำนำ

พืชวงศ์ถั่วเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ใช้ปลูกเพื่อเป็นอาหารสัตว์ โดยมีแหล่งดั้งเดิมและการแพร่กระจายแตกต่างกัน (Williams, 1983) โดยถั่วเขตร้อนที่ใช้ปลูกเป็นอาหารสัตว์จะมีเพียงไม่กี่ชนิด โดยสกุล Desmodium และ Stylosanthes มีจำนวนชนิดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมากที่สุด รองลงมาได้แก่ Centrosema ปัจจุบันในประเทศไทยมีการนำถั่วเหล่านี้มาศึกษาทั้งหมด และแนะนำให้เกษตรกรปลูกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์เป็นส่วนใหญ่ ถั่ว Centrosema มีแหล่งดั้งเดิมอยู่ในแถบตอนกลางและตอนใต้ของทวีปอเมริกาบริเวณคาริบเบียน และตอนใต้สหรัฐอเมริกา และอีกหลายชนิดมีถิ่นกำเนิดในบริเวณเขตร้อนชื้นของแอฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอินเดีย (สายัณห์, 2547) คุณค่าทางโภชนะของถั่วคาวาลเคดแห้งอายุตัดที่ 90 วัน มีวัตถุแห้ง 91.96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบทางเคมีคิดเป็นวัตถุแห้ง มีค่าโปรตีน 17.07 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.58 เปอร์เซ็นต์ (จินดา และคณะ, 2546) ในปี 1992 Angelon และคณะ ได้ศึกษาการชักนำให้เกิดแคลลัส และการพัฒนาเป็นต้นของถั่ว *Centrosema brasilianum*, *C. arenarium*, *C. macrocarpum, C. pascuorum, C. pubescens* และ *C. virginianum* พบว่าสามารถชักนำให้เกิดแคลลัส ได้บนอาหารสูตรที่เติม NAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรเดิมนี้ แคลลัสของ *Centrosema brasilianum* สามารถพัฒนาเป็นต้นได้เพียงชนิดเดียว และจากการศึกษาของ รัตนาภรณ์ และคณะ (2554) การเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอยของถั่วคาวาลเคดที่เพาะเลี้ยงใน

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

[1] Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

[2] ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900

[2] Department of Genetics.Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[3] กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ จังหวัดปทุมธานี 12000

[3] Feed and Forage Analysis Section, Animal Nutrition Division, Department of Livestock Development, Pathumthani Province, 12000

อาหารเหลวสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร พบว่าค่าน้ำหนักสดและค่าน้ำหนักแห้งสูงสุดคือ 1.164 กรัมต่อ 25 มิลลิลิตร และ 0.0220 กรัมต่อ 25 มิลลิลิตร การศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ถั่วคาวาลเคดยังมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นพื้นฐานอันสำคัญในการช่วยปรับปรุงและขยายพันธุ์ถั่วอาหารสัตว์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ และอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาหาสูตรอาหารที่เหมาะสม ในการเพาะเลี้ยงเมล็ดถั่วคาวาลเคดให้เกิดยอดจำนวนมาก โดยคัดเลือดเมล็ดถั่วที่มีความสมบูรณ์มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวนอกด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 – 3 นาที จากนั้นทำการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ที่เติมสารจับใบ (tween-20) จำนวน 1-2 หยด เขย่าตลอดเวลา 15 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 2 - 3 ครั้งๆ ละ 3 นาที นำเมล็ดที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้ววางลงบนทิชชูปลอดเชื้อ นำเมล็ดวางบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS (Murashige และ Skoog, 1962) ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 0.5, 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปเพาะเลี้ยงภายใต้แสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 25 - 28 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกการเจริญเติบโตของยอดในอาหารแต่ละสูตร ทุก 1 สัปดาห์ โดยใช้เวอร์เนียร์วัดความสูง จำนวนยอดและลักษณะของยอดที่เกิดขึ้นและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการเจริญเป็นยอด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาหาสูตรอาหารที่เหมาะสม ในการเพาะเลี้ยงเมล็ดถั่วคาวาลเคดให้เกิดยอดจำนวนมาก บนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 0.5, 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (Figure 1) พบว่าสูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสัปดาห์ที่ 4 มียอดจำนวนมากที่สุดคือ 5.29 ยอดต่อเมล็ด และมีความสูงของยอดเท่ากับ 30.99 มิลลิเมตร ลักษณะของต้นมีความสมบูรณ์มากที่สุด ส่วนสูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสัปดาห์ที่ 4 มีจำนวนยอดต่อเมล็ดจำนวนมากที่สุดคือ 4.69 ยอดต่อเมล็ด และมีความสูงของยอดมากที่สุดคือ 38.00 มิลลิเมตร มีลักษณะลำต้นผอมและยืดยาว และสูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ลักษณะลำต้นแคระแกร็นไม่สูงและไม่สามารถเกิดยอดได้อย่างชัดเจนซึ่งเกิดจำนวนยอดได้น้อยที่สุดในการทดลอง ในทุกสูตรอาหารบริเวณรากและลำต้นจะเกิดแคลลัสรอบๆบริเวณเนื้อเยื่อเป็นจำนวนมาก ซึ่งแคลลัสที่เกิดขึ้นสามารถนำไปชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนาภรณ์ และคณะ (2554) โดยนำแคลลัสที่ชักนำจากใบเลี้ยงมาชักนำให้เกิดเป็นต้นใหม่ โดยนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5, 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร และไฟตาเจล 2.6 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าสูตรอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำแคลลัสให้พัฒนาเป็นต้นได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ และพัฒนาแคลลัสให้เกิดเป็นยอดได้ 4.2 ยอดต่อแคลลัส (Figure 2) อนุรักษ์ และคณะ (2551) ได้ศึกษาแคลลัสที่ชักนำจากส่วนไฮโปคอทิลให้เกิดเป็นต้นบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้แคลลัสพัฒนาเป็นต้นได้ดีที่สุดคือ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ยต่อแคลลัส 3.5 ยอด

Table 1 Effect of BA on number of shoot per seed and length of shoot of *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade.

BA (mg/l)	Number of seeds	Shoot formation developed	1 week		2 weeks		3 weeks		4 weeks	
			Shoots /seed	Length (mm)	Shoots /seed	Length (mm)	Shoots /seed	Length (mm)	Shoots /seed	Length (mm)
0.5	30	29	1^{A}	16.35^{A}	2.10^{A}	34.97^{A}	3.14^{A}	37.50^{A}	4.69^{A}	38.00^{A}
1	30	28	1^{A}	13.21^{AB}	2.57^{B}	26.87^{B}	4.50^{B}	28.97^{B}	5.29^{A}	30.99^{B}
3	30	25	1^{A}	13.71^{AB}	1.73^{BC}	19.97^{C}	2.62^{BC}	20.77^{C}	2.81^{B}	21.32^{C}
5	30	26	1^{A}	11.53^{B}	1.38^{C}	14.90^{C}	1.88^{C}	17.34^{C}	1.92^{B}	18.72^{C}

Means followed by different character showed the singnificantly different at P $\leq$ 0.05 according to HSD Turkey's test

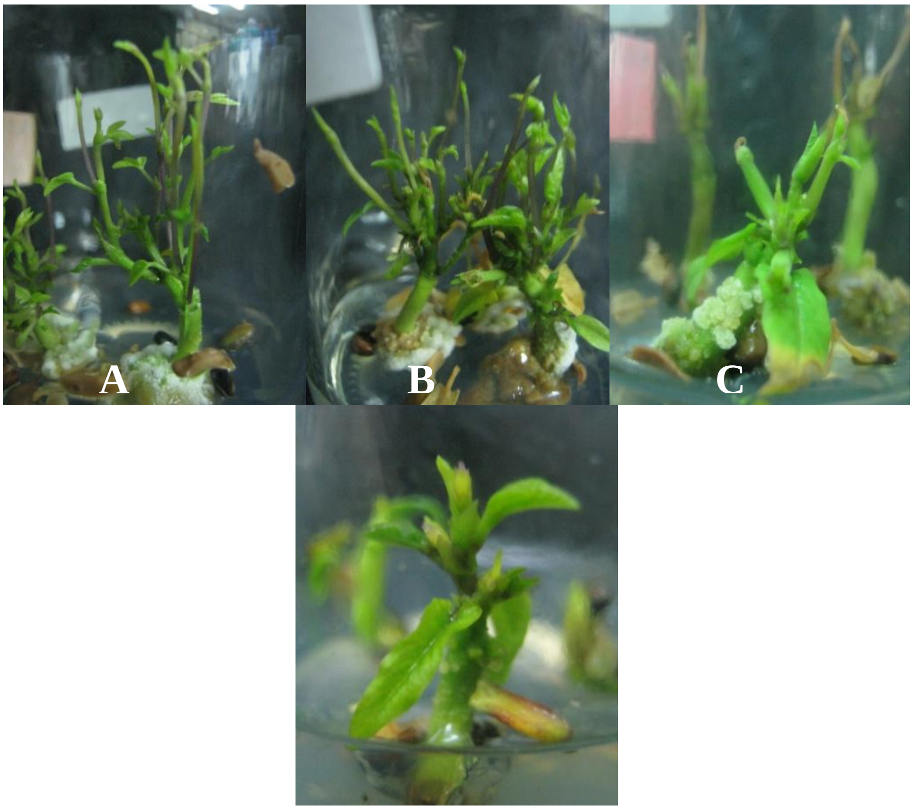


Figure 1 Mutiple shoot regenerated on MS medium supplement with BA (A) 0.5 mg/l, (B) 1 mg/l, (C) 3 mg/l, and (D) 5 mg/l for 4 weeks.

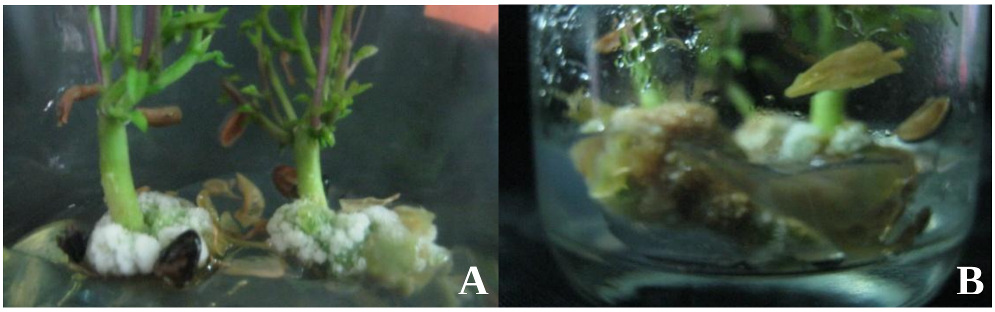


Figure 2 (A) Callus from stem shoot on MS medium supplement with BA 1 mg/l for 4 weeks. (B) Callus from root on MS medium supplement with BA 1 mg/l.

สรุปผล

การเพาะเลี้ยงเมล็ดถั่วคาวาลเคดให้เกิดยอดจำนวนมาก บนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 0.5, 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสัปดาห์ที่ 4 มียอดจำนวนมากที่สุดจำนวน 5.29 ยอดต่อเมล็ด และมีความสูง 30.99 มิลลิเมตร สูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มียอดจำนวน 4.69 ยอดต่อเมล็ด และมีความสูง 38.00 มิลลิเมตร และสูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BA ความเข้มข้น 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีลักษณะลำต้นแคระแกร็นและไม่สามารถเกิดยอดได้อย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

จินดา สนิทวงศ์ฯ ประพฤทธิ์ จงใจภักดิ์ และพิมพาพร พลเสน, 2546, คุณค่าทางโภชนของถั่วคาวาลเคดและระดับการเสริมถั่วคาวาลเคดในโคเนื้อ, รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546, กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หน้า 264-276.

รัตนาภรณ์ บุญเรือง อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ และจันทกานต์ อรณนันท์, 2554, การเติบโตของเซลล์แขวนลอยจากแคลลัสของใบเลี้ยงของถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv.Cavalcade), รายงานผลงานวิจัย สาขาพืช การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.

รัตนาภรณ์ บุญเรือง อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ และจันทกานต์ อรณนันท์, 2554, การเจริญเป็นต้นใหม่จากแคลลัสของถั่วอาหารสัตว์พันธุ์คาวาลเคด, การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 10, กรุงเทพ, หน้า 292.

สายัณห์ ทัดศรีม, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 534 หน้า.

อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม วิชุดา พิริยพลพงศ์ ศุภลักษณ์ มั่นไทย ศรัณย์ สุขวัฒน์ และจันทกานต์ อรณนันท์, 2551, การเกิดเป็นต้นใหม่จากแคลลัสที่พัฒนามาจากไฮโพคอทิลของถั่วคาวาลเคด, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 5, 8-9 ธันวาคม 2551, หน้า 1139-1145.

Angelon, P.N., Rey. H.Y. and Mroginski, L.A, 1992, Regeneration of Plants from Callus Tissue of the Pasture Legume *Centrosema brasilianum*, Plant Cell Reports, 11: 519 - 521.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures, Physiol. Plant., 15: 473 – 497.

Williams, R.J., 1983, Tropical Legumes, In: Genetic Resources of Forage Plants, McIvor J.G. and Bray R.A. (Eds.), 7 – 37 p.

การพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมโดยวิธีผสมสลับ S_1~ Half-Sib เพื่อผลิตข้าวโพดไร่ลูกผสมทางการค้า

Development of Composite Line by Alternate S_1~ Half – Sib Selection for the Commercial Corn Hybrid

สิทธินันต์ จองโพธิ์[1] และ กฤษฎา สัมพันธารักษ์[1]
Jongpho, S.[1] and Samphantharak, K.[1]

Abstract

The breeding materials composed of 7 single crosses and 14 Three-way crosses. Visual selection in alternate S_1~ HS progenies was employed for 1 or 2 cycle of the composite - sibbed line selection. The visualted 22 composite – sibbed lines yielded 3,372-7,715 kg/ha of which their 43 hybrid combinations yielded 5,576-9,770 kg/ha. Moreover, same composite - sibbed lines yielded higher than a commercial single cross NK48 while the first 6 and 3 hybrid-combinations of composite sibbed lines yield significantly higher than NK48 and KLS, us pettily. There for, visual selection in alternate S_1~ HS progenies is an effective selection for composite - sibbed lines. However, yields of composite – sibbed lines are not correlated with general combining ability (GCA) or specific combining ability (SCA) of specific lines but high GCA lines trended to give good hybrid combinations. In addition, outstanding hybrid derived from parents with high GCA and SCA. Thus, the value of lines must be proved in the combinations of hybrids.

Keywords: composite sibbed line, hybrid, alternate S_1~Half-sib selection

บทคัดย่อ

เชื้อพันธุกรรมเริ่มต้นที่นำมาใช้งานวิจัยประกอบด้วยลูกผสมเดี่ยว 7 คู่ผสม และลูกผสมสามทาง 14 คู่ผสม และสกัดสายพันธุ์อินเบรด ด้วยวิธีการคัดเลือกผสม S_1~ HS จำนวน 1 ถึง 2 รอบ ด้วยสายตา สายพันธุ์ผสมรวม 22 สายพันธุ์ที่คัดได้ให้ผลผลิต 3,372 – 7,715 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และให้ผลผลิตของคู่ผสม 43 คู่ 5,576 – 9,770 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สายพันธุ์ผสมรวมให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสมทางการค้า NK48 ในขณะที่คู่ผสม 6 คู่แรก ให้ผลผลิตสูงกว่า NK48 และคู่ผสม 3 คู่แรกให้ผลผลิตสูงกว่า KLS อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า การคัดเลือกสลับ S_1~ HS ด้วยสายตา เป็นวิธีปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวมที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวม ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า general combining ability (GCA) หรือ specific combining ability (SCA) ของแต่ละสายพันธุ์ แต่สายพันธุ์ที่มีค่า GCA สูง มักให้ลูกผสมที่ดี แต่ลูกผสมที่โดดเด่นมาจากพ่อแม่ที่ให้ค่า GCA และ SCA สูง ดังนั้นคุณค่าของสายพันธุ์จะต้องพิสูจน์ด้วยวิธีการเข้าคู่ผสมในขั้นสุดท้าย

คำสำคัญ: สายพันธุ์ผสมรวม ลูกผสม วิธีการคัดเลือก S_1~Half-sib selection

คำนำ

การพัฒนาสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดไร่โดยวิธีการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการถดถอยทางพันธุกรรมสูง เป็นผลให้สายพันธุ์อ่อนแอและส่งผลให้ผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดตกต่ำ นอกจากนี้กระบวนการผสมตัวเองในหลายชั่วที่ยาวนาน ทำให้ต้นทุนการวิจัยสูงและเป็นแรงผลักดันราคาเมล็ดพันธุ์สูง แต่เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ได้รับความนิยมจากเกษตรกรสูงและเหนืออื่นใดลูกผสมเดี่ยวสามารถปกป้องตัวเองในทางทรัพย์สินทางปัญญา แต่ลูกผสมเดียวต้องการสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิตสูงเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ในราคาของเมล็ด ดังนั้นการค้นหาสายพันธุ์อินเบรดที่ให้มีผลผลิตสูง จึงเป็นสิ่งที่มิอาจหลีกเลี่ยงเพื่อให้พันธุ์ลูกลูกผสมมีขีดความสามารถในเชิงการค้าเพื่อเป็นทางเลือกในการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว Kinman (1952) เสนอแนะให้ใช้สายพันธุ์ผสมรวม (composite line) ซึ่งมาจากการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ที่มาจาก S_1 แต่ละต้นเพื่อรักษาระดับผลผลิตของ S1 ในชั่วหลังๆ ขณะเดียวกันก็รักษาระดับความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จากการศึกษาของ นฤมล ศรีสมุทร (2548) ได้ผลที่สนับสนุนว่า สายพันธุ์ผสมรวมและลูกผสมจากสายพันธุ์ดังกล่าวให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์อินเบรดและลูกผสมที่มาจากสายพันธุ์ที่ผสมตัวเอง

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900.
[1] Deparment of Agronomy, Faculty of Agriculture ,Kasetsart University, 50 Pahol Yothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900.

อย่างต่อเนื่องและมีความสม่ำเสมอค่อนข้างสูง ในอีกแง่มุมหนึ่ง Genter (1976) ปรับปรุงประชากรฐานพันธุกรรมแคบเริ่มต้นจากลูกผสมเดี่ยวพบว่าการผสมตัวเองสลับการผสมต้นต่อต้น นอกจากจะเพิ่มค่าเฉลี่ยของประชากรแล้ว ยังเพิ่มผลผลิตของคู่ผสมต้นต่อต้นที่สูงสุดอีกด้วย ในขณะที่การผสมต้นต่อต้นอย่างต่อเนื่องให้ผลผลิตเฉลี่ยประชากรเพิ่มขึ้นแต่ไม่ได้เพิ่มผลผลิตของคู่ผสมสูงสุด การทดลองในทำนองเดียวกันแต่ใช้ฐานพันธุกรรมกว้างโดยเริ่มจาก 6 คู่ผสมเดี่ยว Samphantharak และ Yavilads (2004) ใช้วิธีผสมแบบพบกันหมดของสายพันธุ์ที่ได้รับจากการคัดเลือกสลับ S_1~ Half Sib ในแต่ละรอบ ผลปรากฏว่า ไม่ว่าจะใช้ผลผลิตของ S_1 หรือผลผลิตของ half-sibs เป็นเกณฑ์ ความถี่ของยีนจากพ่อแม่เริ่มต้น จะเคลื่อนเข้าหาสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมสูงและเข้าสู่สมดุลภายใน 2-3 รอบการคัดเลือก แต่การใช้ S_1 จากคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงเป็นเกณฑ์ สามารถรักษาระดับความแปรปรวนทางพันธุกรรมไว้ได้สูงกว่าการคัดเลือกโดยพิจารณาจากผลผลิตของ S_1 เป็นเกณฑ์จากข้อมูลดังกล่าว Samphantharak และคณะ (2008) นำมาใช้ในการปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวม (camposis – sibbed line) โดยเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวม 4 วิธี คือ 1) SFL (selfed bulked within line or selfed family line) 2) SMS (selective mass sibbing) 3) TCL (topcross within line) 4) AS_1F (alternatr S1 ~ full -Sib) พบว่า AS_1F และ SMS ให้ประสิทธิผลเท่าเทียมกัน แต่การผสม แบบ AS_1F ให้ความสม่ำเสมอสูงกว่า SMS (จงใจ มะปะเข, 2552) อย่างไรก็ตามการผสมแบบ AS_1F อาจมีปัญหาในการผสมและในบางกรณีได้เมล็ดจำนวนน้อยไม่พอเพียงสำหรับการทดสอบสายพันธุ์ เพื่อแก้จุดด้อยของวิธี AS_1F และ SMS การทดลองนี้จึงใช้วิธีผสมสลับระหว่าง S_1 และ HS หรือ S_1~ HS เพื่อปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวมเพื่อเพิ่มผลผลิตและสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทดลองใช้ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่เดือน มีนาคม 2551 สิ้นสุดเดือนมิถุนายน 2553 สายพันธุ์เริ่มต้นที่ใช้มาจากคู่ผสม F_1 จำนวน 7 คู่ผสม และสายพันธุ์อินเบรดต้านทานโรค SMV 2 สายพันธุ์ SW16 และ KLในการทดสอบผลผลิตของคู่ผสมใช้ พันธุ์ลูกผสมทางการค้า 2 พันธุ์เป็นพันธุ์เปรียบเทียบผลการทดสอบผลผลิตทั้งหมดใช้ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ

ฤดูที่ 1 นำเมล็ดข้าวโพดไร่ F_1 7 คู่ผสม มาปลูกที่ระยะ 0.25x0.75 เมตร แถวยาว 5 เมตร อัตราการปลูก 2 เมล็ดต่อหลุมปลูก คัดเลือกลักษณะที่ดีและผสมตัวเอง 5 ต้นต่อคู่ผสมเมล็ดที่ได้เป็น S_1

ฤดูที่ 2 นำเมล็ด S_1 จากฤดูที่ 1 จำนวน 7 ครอบครัว ไปปลูกในผังรวงผึ้งไม่มีซ้ำ (honeycomb design) จำนวน 100 ต้นต่อครอบครัว คัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีและผสมตัวเอง 6 ต้นต่อครอบครัว ได้เมล็ด S_2 42 สายพันธุ์ แบ่งเมล็ด S_2 ของแต่ละฝักออกเป็น 2 ส่วน คือ AC_1S_2 และ BC_1S_2

ฤดูที่ 3 ใช้เมล็ดของกลุ่ม A ปลูก 2 แถวต่อฝัก จำนวน 7 ครอบครัว ครอบครัวละ 6 ฝักรวมเป็น 42 สายพันธุ์ของ AC1S2 และผสมระหว่างแถวภายในแต่ละสายพันธุ์ ได้เมล็ด AC_1HS 42 สายพันธุ์ ในขณะเดียวกันผสมข้ามระหว่างไปยังสายพันธุ์ครอบครัว BC_1S_2 อินเบรดต้านทานโรค 2 สายพันธุ์ SW16 และ KL ได้ $7BC_1S_2$/SW16 และ $7BC_1S_2$/KL

ฤดูที่ 4 ปลูก AC_1HS 42 สายพันธุ์ และคัดเลือก 4 ครอบครัว ที่ดีที่สุดด้วยสายตา ครอบครัวละ 2 สายพันธุ์ พร้อมทั้งผสมตัวเองได้เมล็ด AC_2S_1 8 สายพันธุ์ นอกจากนี้ทดสอบผลผลิตของ 14 คู่ผสม ของกลุ่ม B พร้อมทั้งผสมตัวเองของต้นในแถวกันชน (border rows) ได้ $14BC_1S_1$ และคัดเลือก 3 สายพันธุ์ BC_1S_1 ของแต่ละคู่ผสมของสายพันธุ์ต้านทานโรค

ฤดูที่ 5 นำเมล็ด AC_2S_1 8 สายพันธุ์ มาผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) ได้ 28 คู่ผสมในขณะเดียวกัน ผสมข้ามระหว่างแถวภายในสายพันธุ์ภายในสายพันธุ์ได้เมล็ด AC_2HS 8 สายพันธุ์ สำหรับกลุ่ม B ปลูกผสมแบบพบกันหมดระหว่าง 6 BC_1S_1 ได้ 15 คู่ผสม ในขณะเดียวกันผสมข้ามภายในสายพันธุ์ทั้งหมดได้ 14 BC_1HS

ฤดูที่ 6 ทดสอบผลผลิตของคู่ผสมและสายพันธุ์อินเบรดที่ได้จากฤดูปลูกที่ 5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมรรถนะการผสมของแต่ละสายพันธุ์จะเปลี่ยนแปลงตามสายพันธุ์ทดสอบ (tester line) ที่เปลี่ยนไป สายพันธุ์ที่ให้คู่ผสมที่ดีกับสายพันธุ์ทดสอบหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องให้คู่ผสมที่ดีเมื่อคู่ผสมเปลี่ยนแปลงไป (Castellanos และคณะ, 1998) นอกจากนี้ยังไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างผลผลิตของสายพันธุ์เริ่มต้นเดียวกันกับสายพันธุ์ที่คัดได้ในขั้นสุดท้าย ไม่ว่าจะใช้วิธีผสมพันธุ์และวิธีคัดเลือกอย่างเดียวกันหรือคนละวิธีอย่างไรก็ตามในระดับการตรึงตัวทางพันธุกรรม(inbreeding coefficient) ที่เท่ากันสายพันอินเบรดจากวิธี sib mating ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ที่ได้จากการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง (Cornelius และ Dudley, 1974) ด้วยเหตุผลดังกล่าว การคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดจากประชากรกระจายพันธุ์โดย

พิจารณาจากผลผลิตเพื่อให้โอกาสสายพันธุ์จากแต่ละวิธีคัดเลือกอย่างเท่าเทียมกัน คัดเลือก จากวิธีการแผนการผสมหรือสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ในชั่วจึงขาดประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่สิ้นเปลือง ทั้งแรงงานเวลาการลงทุน การผสมแบบ sib-mating และการคัดเลือกด้วยสายตาจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ในการเพิ่มผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรด ตลอดจนปรับปรุงลักษณะทางการเกษตรอื่นๆของสายพันธุ์อินเบรด (จงใจ, 2552; Kinman, 1952) และเนื่องจาก sib – mating สามารถรักษาระดับผลผลิตและสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ในแต่ละชั่วของการคัดเลือกด้วยการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์จำนวนน้อยจากแต่ละชั่วของการคัดเลือก ดังจะเห็นได้จากมีการคัดเลือกเพียง 8 สายพันธุ์จาก Plan A และ 6 สายพันธุ์จาก Plan B แต่สายพันธุ์ดังกล่าวให้สมรรถนะคู่ผสม 10 อันดับแรกสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ โดย 6 คู่ผสมแรกให้ผลผลิตสูงกว่า NK48 และ 3 คู่ผสมแรกให้ผลผลิตสูงกว่า KL อย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) เมื่อพิจารณาสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ใน Table 1 ร่วมกับผลผลิตของสายพันธุ์พ่อแม่ใน Table 2 จะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (B02SW16) และสายพันธุ์ที่มีผลผลิตต่ำ (A01) มี GCA เป็นอันดับที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ B12SW16 มีผลผลิตสูงสุดและให้ GCA ต่ำ อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ที่มี GCA สูง มีประสิทธิภาพในการให้คู่ผสมที่ดี แต่สายพันธุ์ที่ให้คู่ผสมที่โดดเด่นจะต้องมี SCA สูงด้วย ดังเช่น คู่ผสมลำดับที่ 1 และ 2 เป็นที่น่าสังเกตว่าสายพันธุ์ A01 และ A02 สกัดมาจากพันธุ์ KL และสายพันธุ์ B02SW16 มาจากคู่ผสม KL/SW16 ทั้ง 3 สายพันธุ์มี GCA ที่ลำดับ 1,3 และ 2 ตามลำดับ ดังนั้นทุกคู่ผสม 10 อันดับแรกต่างก็มีเชื้อพันธุกรรมของ KL ทั้งสิ้น เนื่องจากค่าสมรรถนะการผสมไม่ว่า GCA หรือ SCA จะเปลี่ยนไปในแต่ละชุดของคู่ผสม ดังนั้นจึงเป็นหลักปฏิบัติโดยทั่วไป ที่จะเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีให้ผลผลิตสูงในระดับที่ยอมรับได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการสร้างลูกผสมเดี่ยว แต่คุณค่าของสายพันธุ์เหล่านี้จะต้องได้รับการทดสอบในคู่ผสม อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนยีนของพ่อแม่ (Yavilads, 2x002) และสมดุลทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ผสมรวมสามารถทรงตัวได้ภายใน 2-3 ชั่วของรอบการคัดเลือก (Hardy-weiberg equilibrium) ดังนั้นจึงสามารถใช้สายพันธุ์ผสมรวมเพื่อสกัดลูกผสมที่มีความสม่ำเสมอสูงได้ตั้งแต่ชั่วแรกๆ ของการคัดเลือกเป็นคู่ผสมที่ให้ผลผลิตที่ดีเช่นเดียวกับคู่ผสมที่มีค่า heterosis สูง additive (GCA) และ non-additive (SCA) genes ต่างก็มีความสำคัญต่อคุณค่าของคู่ผสม แต่สายพันธุ์ที่มีค่า GCA สูงมักให้คู่ผสมที่ดี แต่คู่ผสมที่โดดเด่นต้องมาจากพ่อแม่ที่มีค่า GCA และ SCA สูง ความสำเร็จของโครงการจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์พ่อแม่เริ่มต้น ในกรณีนี้ลูกผสม KL เป็นเชื้อพันธุกรรมที่สามารถถ่ายทอดลักษณะ GCA ไปสู่รุ่นลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 1 Grain yield at 15% moisture content and other characteristics of top-10 out of 43 hybrids and other agronomic traits as compares to the same traits of NK48 and KLS, planted on June, 2010 at National Corn and Sorghum Research Center, Thailand.

Crosses	Seed yield (kg/ha)	1000 seed s/g	% Heterosis	SCA	GCA	
					female	male
A01/A04	9770.4A	282F-M	112.09	2088.37	934.8	-561.4
B05KL/B12SW16	9684.3A	322A-D	45.56	2023.57	4.66	50.1
B02SW16/B03KL	9549.9AB	325A-C	40.53	1145.41	621.2	177.32
A01/A06	9192.0A-C	288E-L	95.06	635.5	934.8	-174.75
A01/A03	9120.7A-D	281G-M	110.85	685.87	934.8	181.35
B02SW16/B11KL	9093.4A-E	301B-H	45.48	1465.17	621.2	-598.95
A01/A05	8563.5A-F	293D-K	108.43	420.19	934.8	-100.12
A03/A04	8450.6A-G	281F-M	71.87	1521.97	181.35	-561.4
B02SW16/B05KL	8352.5A-H	329AB	28.13	120.65	621.2	4.66
B03KL/B12SW16	8172.1B-I	330AB	17.99	338.68	177.32	50.1
NK48	7088.6F-P	335A				
KLS	8077.9C-I	320A-E				
Mean	7494.96	286	56.39			
rank	9770.4 - 5575.8	335.5 - 242.7	112.09 - 6.15			
Multiple range test[1]	**	**				
%C.V	11.83	6.58				

[1/] Quality traits included ear appearance, sweetness, pericarp tenderness, and flavor.

**: highly significant

สรุปผล

การปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรดในแบบ alternate S_1~ half – sib (S_1~HS) เป็นวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดที่มีประสิทธิภาพ โดยที่สายพันธุ์อินเบรดบางสายพันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ NK48 และค่าเฉลี่ยของ 43 คู่ผสมทดสอบ อย่างไรก็ตามผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดไม่มีความสัมพันธุ์กับค่า SCA หรือ GCA ของสายพันธุ์ ถึงแม้ว่าวิธีการคัดเลือกด้วยสายตาเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการคัดลักษณะโดยรวมของสายพันธุ์อินเบรด แต่คุณค่าของอินเบรดจะต้องทดสอบด้วยการเข้าคู่ผสมทดสอบในขั้นสุดท้าย อย่างไรก็ตาม ค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ (heterosis) ไม่ใช่ดัชนีที่ดีสำหรับคุณค่าของคู่ผสม คู่ผสมที่มี heterosis ต่ำอาจให้ลูกผสมที่ดีได้

Table 2 Grain yield at 15% moisture content and other characteristics of top-10 out of 22 S_1~half-sib (A and B) at the National Corn and Sorghum Research Center, Thailand (June, 2010)

No.		pedigee	Seed yield (kg/ha)	1,000 seed (g)	Days to fiowering 50%		Shelling (%)	Moisture content (%)	No.of Row/Ear
					maie	female			
20	A01	C_2F_1HS101-3	4015.5EF	268D-G	60.2A-D	60.0	75.7F-H	18.00A	17.44A-D
18	A03	C_2F_1HS104-2	4635.8D-F	199I	58.0C-G	57.8	76.4E-H	16.89B-F	15.50BC
15	A04	C_2F_1HS105-1	5198.1C-E	227H	59.2B-E	60.3	78.8B-E	16.38D-F	15.00B-D
19	A05	C_2F_1S105-2	4201.8D-F	255E-H	56.2G	57.8	76.7D-H	15.93EF	15.50BC
13	A06	C_2F_1S106-1	5409.3C-E	253E-H	58.0C-G	58.0	77.6B-H	18.10AB	16.50B
3	B02SW16	C_1F_1HS02	7373.6AB	309AB	61.0AB	61.5	79.5A-C	14.50CD	17.73A-C
8	B03KL	C_1F_1HS03	6217.5BC	317AB	58.5B-G	58.8	80.2AB	14.50CD	15.93EF
11	B05KL	C_1F_1HS05	5663.7CD	302BC	58.0C-G	58.8	78.4B-F	14.00DE	15.98EF
16	B11KL	C_1F_1HS11	5127.7C-E	250F-H	58.2C-G	58.3	78.0B-G	15.50BC	15.77F
2	B12SW16	C_1F_1HS12	7634.2AB	333A	57.7C-G	58.5	76.9C-H	13.50DE	18.60A
		Mean	5600.86	270.83	58.86	58.9	16.93	77.9	15.14
		rank	7915.0-3372.8	332.7-199.2	62.7-56.2	61.7-57.2	18.6-15.8	81.5-75.0	18.0-13.0
		Multiple rang test[1/]	**	**	**	NS	**	**	**
		%C.V	16.69	6.61	2.75	3.26	4.41	2.11	6.03

[1/] Quality traits included ear appearance, sweetness, pericarp tenderness, and flavor., **: highly significant, NS =non significant

เอกสารอ้างอิง

จงใจ มะปะเข, 2552, การแสดงออกของสายพันธุ์ผสมรวมและสายพันธุ์ย่อยของแต่ละสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากสามวิธีคัดเลือก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤมล ศรีสมุทร, 2548, การปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรดฐานกว้างด้วยวิธีคัดเลือกแบบวงจรของสามสายพันธุ์พี่น้องเพื่อสร้างลูกผสมข้าวโพดหวานพิเศษ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Castellanos, J.S., Hallauer, A.R. and Cordova, H.S., 1998, Relative Performance of Testers to Identify Elite Lines of Corn (Zea mays L.), Maydica, 43: 217 – 226.

Cornelius, P.L. and Dudley, J.W., 1974, Effects of Inbreeding by Selfing and Full – sib Mating in Maize Population, Crop Science., 14: 815 – 819.

Genter, C.F., 1976, Recurrent Selection for Yield in the F2 of a Maize Single Cross, Crop Science.,16: 350–352.

Kinman, M.L., 1952, Composite Sibbing Versus Selfing in Development of Corn in Bred Lines, Agronomy Journal New Articles, 44: 209-241.

Samphantharak, K. and Yavilad, R., 2004, S1 Selection in Honeycomb Design for Theimprovement to High Yield Maize (Zea mays L.) Inbreds and hybrids, Kasetsart Journal (Natural Science), 38: 157-164.

Sampahantharak, K., JitlaKa, C. and Lertmongkol, S., 2008, Composite-sibbid Line Methods and Their Potential use in Sweet Corn Hybrids, Kasetsart Journal (Natural Science), 42: 423-428.

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการปรับปรุงประชากรแบบ Flexible

Development of Maize Breeding Programs by Flexible Population Improvement

กรณ์วดี ตุ้มทรัพย์[1,2] เฉลิมพล ภูมิไชย์[1,2] ทวีศักดิ์ ภู่หลำ[3] และ ธานี ศรีวงศ์ชัย[1]

Thoomsub, K.[1,2], Phumichai, Ch.[1,2], Pulam, T.[3] and Sreewongchai, T.[1]

Abstract

Population Improvement is maize breeding program consists of 3 basic steps; progenies, evaluation and recombining selection progenies. Flexible Population Improvement is not exactly follow conventional recurrent selection, But each steps selected is appropriate process base on limited resources breeding materials and fit regular breeding program. It is a convenient easy process, cost saving and high efficiency. Germplasm from Flexible Population Improvement should have various source in genetics progress and should be useful as souse population for hybrid breeding program.

Keywords: population improvement, flexible population improvement, maize breeding programs

บทคัดย่อ

การปรับปรุงประชากรเป็นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้พื้นฐานการคัดเลือกแบบวงจร 3 ขั้นตอน คือ การสร้างประชากร การทดสอบหรือประเมินสายพันธุ์ และการผสมรวมประชากรที่คัดเลือก เพื่อประกอบเป็นประชากรปรับปรุงใหม่ การดำเนินงานของการปรับปรุงประชากรแบบ Flexible จะไม่เป็นรูปแบบวงจรที่แน่นอนตามมาตรฐานของการคัดเลือกแบบวงจร แต่มีการปรับเปลี่ยนวิธีการดำเนินงานตามสภาวะที่จำกัด วัสดุ อุปกรณ์และการดำเนินงานในการปรับปรุงพันธุ์ ทำให้การดำเนินงานมีความสะดวกและสามารถปฏิบัติได้ง่าย ประหยัดเวลา ต้นทุน และมีประสิทธิภาพสูง เชื้อพันธุกรรมที่ผ่านการปรับปรุงประชากรแบบ Flexible จะมีความก้าวหน้าของเชื้อพันธุกรรมแตกต่างไปตามวิธีที่ใช้และสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสมได้

คำสำคัญ: การปรับปรุงประชากร การปรับปรุงประชากรแบบ Flexible วิธีการคัดเลือกเพื่อพัฒนาเชื้อพันธุกรรม

คำนำ

โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การสร้างพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมให้มีผลผลิตสูง และมีลักษณะอื่นๆ ตามความต้องการของเกษตรกร การปรับปรุงพันธุ์พืชส่วนใหญ่ต้องใช้ เวลา และค่าใช้จ่ายมากเพื่อดำเนินงานปรับปรุงพันธุ์ให้ประสบความสำเร็จ (ทวีศักดิ์, 2540) ดังนั้นการเลือกใช้แผนการปรับปรุงพันธุ์ และการดำเนินงานในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จในการคัดเลือกสายพันธุ์แท้ และการพัฒนาให้ได้ลูกผสมที่ดี (Briggs และ Knowles, 1970) การใช้แผนการปรับปรุงประชากรในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นการปรับปรุงประชากรแบบวงจร (recurrent selection) มีหลักการดำเนินงานพื้นฐาน 3 ขั้นตอน คือ การสร้างประชากร การทดสอบหรือการประเมินประชากร และนำประชากรที่คัดเลือกมาผสมรวม (recombine) จากหลักการพื้นฐานนั้น จะดำเนินงานให้ครบทั้งสามหลักการถือเป็น 1 รอบการคัดเลือก และมีรูปแบบการดำเนินงานซ้ำหลาย ๆ รอบ (Sprague และ Eberhart,1977; กฤษฎา, 2551) ซึ่งมีหลายวิธีการให้เลือกใช้ โดยจะมีชื่อวิธีการคัดเลือกที่แตกต่างกันตามการทดสอบหรือประเมินจากในรุ่นลูกเช่น การคัดเลือกรวม การคัดเลือกแบบฝักต่อแถว การคัดเลือกแบบวงจร half-sib การคัดเลือกแบบวงจร full-sib การคัดเลือกแบบวงจร S1 การคัดเลือกแบบวงจร test cross และการคัดเลือกแบบวงจรสลับ (reciprocal recurrent selection) (Hallauer และ Miranda, 1988; กฤษฎา, 2551; สุทัศน์, 2552) แต่ละวิธีมีการใช้ระยะเวลาเพื่อสร้าง

---

[1] **คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ**

[1] Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok

[2] **ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ** 10900

[2] Center of Excellence on Agricultural Biotechnology : (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900

[3] **บริษัท สวีทซีดส์ จำกัด 59/1 หมู่ 8 อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี**

[3] Sweetseed Company 59/1 m. 8 Phrabuddhabat Saraburi

ลูกมาทดสอบต่างกันและข้อจำกัดของการแสดงออกในรุ่นลูกก็แตกต่างไปตามวิธีที่ใช้การปรับปรุงประชากรทุกวิธีที่กล่าวมา เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาประชากร แต่วิธีการต่างๆ มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน เช่น ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย พื้นที่ แรงงาน และ ความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นหลังการคัดเลือก การเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง ควรเป็นวิธีที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานปรับปรุงพันธุ์ ปฏิบัติได้ง่าย สะดวก ประหยัดเวลา ต้นทุน และมีประสิทธิภาพสูง

การประยุกต์แผนการดำเนินงานปรับปรุงประชากรที่นำวิธีพื้นฐานมาใช้ โดยเปลี่ยนวิธีดำเนินการตามข้อจำกัดของพื้นที่ แรงงาน และพันธุกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการผสม โดยในแต่ละรอบการผสมจะเปลี่ยนวิธีการ เช่น มีการคัดเลือกโดยการวิธีการ S1 และ อีกรอบการคัดเลือกใช้วิธีการ half-sib แต่จะยังคงไว้ในหลักการของแผนการดำเนินงานพื้นฐาน ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นการนำข้อดีของแต่ละวิธีมาใช้ทำให้ประชากรที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์มีความก้าวหน้าต่อไปและสามารถดำเนินงานภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ได้ แผนการดำเนินงานนี้ เรียกว่า การปรับปรุงประชากรแบบ flexible (flexible population improvement) สำหรับโครงการที่เริ่มต้นใหม่ที่มีพื้นที่และแรงงานจำกัด แต่ต้องการให้ได้พันธุ์ข้าวโพดลูกผสมตามความต้องการของเกษตรกร การปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีนี้น่าจะเป็นทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจอีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวโพดลูกผสมทางการค้าที่ถูกจัดกลุ่มไว้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม ThComA ได้แก่ Big 919 DK888 NK48 และ กลุ่ม ThComB ได้แก่ PIO 87 PAC220 ND-2 KU4452 (Phumichai และคณะ, 2008) มาสร้างเป็นประชากรและใช้แผนการดำเนินโครงการปรับปรุงประชากรแบบ flexible ในแต่ละรอบการคัดเลือกจะนำวิธีการของ การคัดเลือกแบบวงจร S1 การคัดเลือกแบบวงจร half-sib การคัดเลือกแบบวงจรสลับ (reciprocal recurrent selection) มาใช้ โดยในแต่ละรอบการคัดเลือกจะพิจารณาการปฏิบัติตามข้อจำกัดและความเหมาะสมของวิธีการ จำนวน 4 รอบการคัดเลือกดังนี้ (Figure 1และ Figure 2)

การสร้างประชากรพื้นฐานสร้างโดยนำเมล็ดที่จัดแบ่งกลุ่มแล้วมาจัดการผสมแบบพบกันหมด นำเมล็ดที่ได้มาทำ balanced seed และ bulk รวมกัน

การปรับปรุงประชากรแบบ flexible รอบการคัดเลือกที่ 1 นำประชากรพื้นฐานมาผสมตัวเอง และนำไปปลูกแบบฝักต่อแถว (ear-to-row selection) คัดเลือกเมล็ดโดยการดูจาก line per se นำเมล็ดที่ได้มาทำ balanced seed และ bulk รวมกัน ซึ่งการดำเนินงานจะคล้ายกับวิธี S1 recurrent selection

การปรับปรุงประชากรแบบ flexible รอบการคัดเลือกที่ 2 นำสายพันธุ์ที่ได้จากคัดเลือกแบบฝักต่อแถวในการปรับปรุงประชากรแบบ flexible รอบการคัดเลือกที่ 1 มาผสมตัวเองปลูกแบบ ear-to-row selection แบ่งครึ่งประชากร bulk ละอองเกสรแต่ละครึ่งมาใส่ในอีกฝัง เก็บเมล็ดที่ได้มา balance seed และ bulk เมล็ดรวมกัน เมล็ดที่ได้จะเป็นเมล็ดที่ทราบต้นแม่แต่ไม่ทราบต้นพ่อ จึงถือว่าได้ประชากรลูกแบบ half-sib

การปรับปรุงประชากรแบบ flexible รอบการคัดเลือกที่ 3 นำเมล็ด half-sib ที่ได้ปลูกแบบ ear-to-row selection เลือกผสมตัวเอง นำลูกที่ได้ไปปลูกผสมตัวเองอีกครั้งเก็บไว้เป็น S1 remnant seed และนำละอองเกสรจากต้นที่ผสมตัวเองไปผสมข้ามกับสายพันธุ์ทดสอบที่เป็น heterotic patterns กัน ลูกที่ได้นำไปปลูกทดสอบผลผลิต คัดเลือกต้น และกลับไปเอา S1 remnant seed มาปลูก ปล่อยผสมรวมตัวกันใหม่ วิธีการปฏิบัติเช่นนี้จะเหมือนการดำเนินงานตามวิธีการคัดเลือกแบบวงจรสลับ (reciprocal recurrent selection)

ในการปรับปรุงประชากรแบบ flexible มีการดำเนินงานในการสร้างประชากรพื้นฐาน ให้เวลา 1 ฤดู ดำเนินงานในรอบการคัดเลือกที่ 1 ใช้เวลา 2 ฤดู ดำเนินงานในรอบการคัดเลือกที่ 2 ใช้เวลา 1 ฤดู และดำเนินงานในรอบการคัดเลือกที่ 3 ใช้เวลา 4 ฤดู

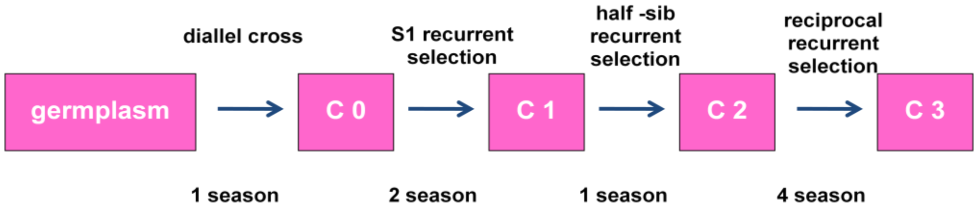


Figure 1 แผนผังแสดงระยะเวลาการปรับปรุงประชากรแบบ Flexible

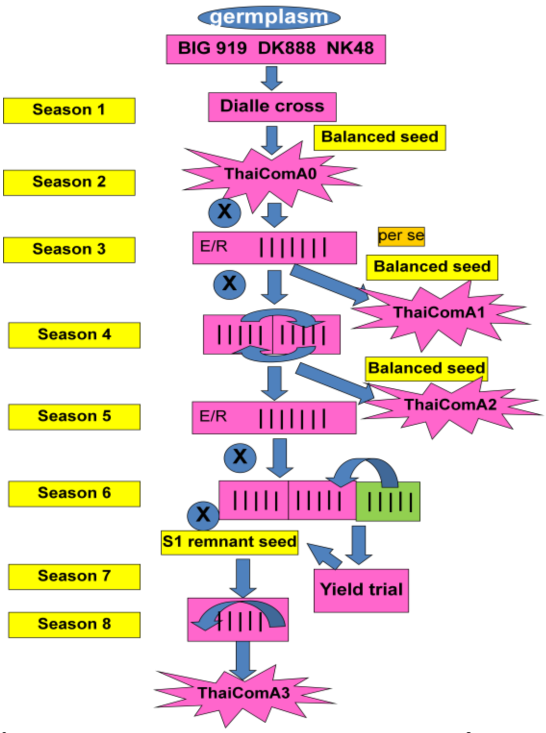


Figure 2 แผนผังการดำเนินงานการปรับปรุงประชากรแบบ Flexible ใน ประชากร ThComA

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แนวทางในการปรับปรุงประชากรแบบ flexible มีการใช้เวลาไม่เท่ากันในแต่ละรอบการคัดเลือก จาก Figure 1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงประชากรแบบ flexible การสร้างประชากรพื้นฐาน ใช้เวลา 1 ฤดู ในการปรับปรุงประชากรแบบ flexible รอบการคัดเลือกที่ 1 วิธีการที่ใช้จะคล้ายกับ S1 recurrent selection โดยใช้เวลาเพียง 2 ฤดู ซึ่งในการปรับปรุงประชากรแบบ S1 recurrent selection นั้นจะใช้เวลาถึง 3 ฤดู ในเลือกใช้วิธีการปรับปรุงประชากรแบบวิธีนี้ ประชากรรุ่นลูกจะมีความสม่ำเสมอมากขึ้น มีการแสดงลักษณะอย่างชัดเจน ทำให้การคัดเลือกลักษณะใดลักษณะหนึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กฤษฎา, 2551) และสามารถนำไปใช้ปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตได้ (ราเชนทร์, 2514) การปรับปรุงแบบ flexible รอบการคัดเลือกที่ 2 ประชากรรุ่นลูกที่ได้จะเป็นแบบ half-sib ซึ่งใช้ในเวลาในการดำเนินงาน 1 ฤดู การปฏิบัติแบบนี้ในหลักทฤษฎีการปรับปรุงประชากรแบบ half-sib จะมีการใช้เวลาดำเนินงานในแต่ละรอบการคัดเลือกถึง 3 ฤดู (กฤษฎา, 2551) ซึ่งการปรับปรุงแบบ flexible จะเป็นการประหยัดเวลาของฤดูที่ใช้คัดเลือกและลูกที่ได้จะได้มาจากการคัดเลือกจากพันธุกรรมต้นแม่ประชากรรุ่นลูกที่ได้จะเป็นแบบ half-sib ทั่วไป การปรับปรุงแบบ flexible รอบการคัดเลือกที่ 3 เป็นการวิธีการคัดเลือกแบบวงจรสลับใช้เวลา 4 ฤดู ซึ่งจะมีการปลูกแบบ ear to row และคัดเลือกก่อน 1 ฤดู ทำให้ใช้ฤดูมากว่าวิธีการคัดเลือกแบบวงจรสลับที่มีการใช้เวลาเพียง 3 ฤดู ทั้งนี้เพื่อให้ประชากรมีการแสดงในลักษณะอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปผสมทดสอบกับประชากรที่เป็น heterotic patterns กัน เพื่อนำลูกไปปลูกทดสอบ การสร้างประชากรพื้นฐานจนถึงประชากรรอบการคัดเลือกที่ 3 ใช้เวลาทั้งหมด 8 ฤดู หากการปฏิบัติตามวิธีการปรับปรุงประชากรอื่นเช่น วิธีการ S1 recurrent selection วิธีการคัดเลือกแบบวงจร half-sib และการคัดเลือกแบบวงจรสลับ (reciprocal recurrent selection) เพียงรูปแบบเดียวจะต้องใช้เวลา 10-11 ฤดู (Hallauer และ Miranda, 1988; กฤษฎา, 2551; สุทัศน์, 2552) มีการวิจัยศึกษาวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่ประยุกต์จากวิธีการเดิมแต่ปรับใช้ให้เข้ากับการปรับปรุงประชากรในแต่ละโครงการ
โดยยังคงพื้นฐานของการปรับปรุงพันธุ์และประสิทธิภาพของวิธีการปรับปรุงประชากรเรียกว่า modified reciprocal recurrent selection (MRRS) พบว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงประชากรและให้สายพันธุ์ที่ดีในการสร้างลูกผสมได้ (Santos และคณะ, 2007; Jenweerawat และคณะ, 2009, 2010) และยังมีการเปรียบเทียบการคัดเลือกวิธีต่างๆ ราเชนทร์ (2514) ได้เปรียบเทียบวิธีการ S1 selection กับ half sib selection เช่นเดียวกับ Wright (1980) เปรียบเทียบวิธีการ Half-Sib selection Testcross selection และ S1 selection และ Peng และคณะ (2007) ได้เปรียบเทียบวิธีการ modified S1 family selection (MS1) modified S1 family-half-sib family combining selection (MS1-HS) และ modified half-sib reciprocal recurrent selection (MHSRRS) พบว่า ทุกวิธีการที่ศึกษามีประสิทธิภาพที่

ทำให้ผลผลิตมีความก้าวหน้าขึ้น ในการศึกษาต่างๆ เพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดในการนำมาใช้ปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งวิธีการแต่ละวิธีการมีประสิทธิภาพการพัฒนาพันธุกรรมให้มีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นแต่จะมีข้อการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้วิธีการที่แตกต่างกัน ดังนั้นควรพิจารณา ลักษณะงานที่ต้องทำในแต่ละฤดู ให้เหมาะกับข้อจำกัดของพื้นที่และแรงงาน และมีการปรับวิธีการให้เหมาะสมกับข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งรูปแบบที่ปรับปรุงประชากรนั้นยังคงมีพื้นฐานของการปรับปรุงประชากรคือ การสร้างประชากร การประเมินประชากร และการผสมรวมประชากร ดัง Figure 2 ที่แสดงถึงวิธีการโดยละเอียดของการปรับปรุงประชากรแบบ flexible ทั้ง 4 รอบการคัดเลือก และคาดว่าวิธีการปรับปรุงประชากรแบบ flexible นั้น จะสามารถพัฒนาประชากรให้มีความก้าวหน้าทางพันธุกรรม และสามารถนำสายพันธุ์ที่ได้ไปใช้สร้างลูกผสมที่ดีต่อไปได้

สรุปผล

การปรับปรุงประชากรแบบ flexible เป็นแนวทางหนึ่งของการปรับปรุงประชากรโดยตอบสนองกับโครงการปรับปรุงพันธุ์ใหม่ที่ต้องการสร้างลูกผสมที่ดี ในสภาพที่มีข้อจำกัดต่าง ๆ แต่เป็นโครงการที่ยังคงหลักการของของปรับปรุงพันธุ์พื้นฐานไว้ครบโดยไม่ยึดติดกับรูปแบบที่ใช้ในการปฏิบัติ และประชากรที่ผ่านการคัดเลือกแบบ flexible น่าจะมีความก้าวหน้าของประชากรและสามารถนำไปสร้างเป็นลูกผสมต่อไปได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และขอขอบคุณ บริษัท สวีทซีดส์ จำกัดที่เอื้อเฟื้อสถานที่รวมทั้งทุนทรัพย์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2551, ปรับปรุงพันธุ์พืช พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ, 2540, ข้าวโพดหวาน: การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า, โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์,กรุงเทพฯ.

ราเชนทร์ ถิรพร, 2514, การเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกระหว่าง S1 Selection กับ Half-sib Selection ในข้าวโพด, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์, 2552, การปรับปรุงพันธุ์พืช, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Briggs, F.N. and Knowles, P.F., 1970, Introduction to Plant Breeding, University of California Davis, California.

Hallauer, A.R. and Miranda, J.B., 1988, Quantitative Genetic in Maize Breeding, 2nd ed. The Iowa State Univ, Press, Ames, Iowa.

Jenweerawat, S., Aekatasanawan, C., Laosuwan, P. and Hallauer, A.R., 2009, Interpopulation Hybrid Development in Maize using Modified Reciprocal Recurrent Selection, Thai Journal of Agricultural Science, 42: 139-148.

Jenweerawat, S., Aekatasanawan, C., Laosuwan, P. and Hallauer, A.R., 2010, Potential Lines and Hybrid Development from Modified Reciprocal Recurrent Selection in Maize, Thai Journal of Agricultural Science, 44: 517-522.

Peng, Z., Li, M., Liu, X. and Li, J., 2007, Comparisons of Three Recurrent Selection Method in the Improvement of Maize Population, Agricultural Science in China, 6: 657-664.

Phumichai, C., Doungchan, W., Puddhanon, P., Jampatong, S., Grudloyma, P., Kirdsri, C., Chunwongse, J. and Pulam, T., 2008, SSR-based and Grain Yield-based Diversity of Hybrid Maize in Thailand, Field Crops Research, 108: 157-162.

Santos, M.F., Camara, T.M.M., Moro, G.V., Costa, E.F.N. and Souza, C.L.D., 2007, Responses to Selection and Changes in Combining Ability after Three Cycles of a Modified Reciprocal Recurrent Selection in Maize, Euphytica, 157: 185-194.

Sprague, G.F. and Eberhart, S.A., 1977, Corn Breeding, pp. 305-562. *In* G.F. Sprague, ed. Corn and Corn Improvement, Am. Soc. Agron, Madison, Wisconsin.

Wright, A.J., 1980, The Expected Efficiencies of Half-Sib, Testcross and S1 Progeny Testing Method in Single Population Improvement, Hdy., 45: 361-376.

ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา

Effects of Water logging Duration on Inhibition of Growth 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 of water loging duration on inhibition of seedling growth of para rubber. Samples of seedling of three para rubber varieties namely RRIM 600, PB 235 and BP 24 were planted in plastic bag and water logged at five treatments; 0 (control treatment) 12, 24, 36 and 48 hours. Stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight were measured at 28 days after planting. The results showed that the water logged at 48 hours gave the highest of inhibition of seedling growth in three para rubber varieties. The increasing of water logged duration resulted in the inhibition of growth. The water logged for 48 hours resulted the inhibition of stem height and stem dry weight in three para rubber varieties over 45%, For leaf length characteristics, showed the inhibition of RRIM 600, PB 235 and BP 24 varieties at 66.67, 59.55 and 48.95%, respectively. For leaf width characteristics, showed the inhibition of RRIM 600, PB 235 and BP 24 varieties at 47.33, 59.55 and 48.95%, respectively, whereas, the water logged at 48 hours treatment gave the inhibition of stem height and stem dry weight ranged from 35 to 50%.

Keywords: water logging, para rubber, inhibition of growth

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา โดยนำต้นกล้าของยางพารา 3 พันธุ์ คือ RRIM 600 PB 235 และ BP 24 เพาะในถุงพลาสติกแล้วให้น้ำท่วมขังนานต่างกัน แบ่งเป็น 5 ระยะ คือ 0 (สภาพควบคุม) 12 24 36 และ 48 ชม. วัดการเจริญเติบโตของยางพาราที่อายุ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. ทำให้ยางพาราทั้งสามพันธุ์ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตสูงสุด การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้ยางพาราถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะเพิ่มขึ้น การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. สามารถยับยั้งความยาวใบและความกว้างใบมากกว่า 45% โดยพันธุ์ RRIM 600 PB 235 และ BP 24 ถูกยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 66.67 59.55 และ 48.95% และยับยั้งความกว้างใบ เท่ากับ 47.33 65.16 และ 60.65% ตามลำดับ ในขณะที่การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. ให้ผลในการยับยั้งความสูงลำต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นของยางพาราอยู่ระหว่าง 35-50%

คำสำคัญ: การให้น้ำท่วมขัง ยางพารา การยับยั้งการเจริญเติบโต

คำนำ

สภาพน้ำท่วมขัง (water logging; water flooding) เป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกและมักเกิดขึ้นในฤดูฝนและที่ราบต่ำ ทั้งนี้สภาพน้ำท่วมขังจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกหลายชนิด (Pezeshki, 2001; Parent และคณะ, 2008) สำหรับการศึกษาการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมขังของพืช มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบพืชปลูกในสภาวะน้ำท่วมขังอยู่ 2 ประการ คือ ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังและผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช การให้น้ำท่วมขังในแปลงปลูกนานมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชปลูกลดลงกว่าการให้น้ำท่วมขังในแปลงปลูกที่สั้นกว่า เช่น มะเขือเทศ (Jackson และคณะ, 1996) Starfruit (Ismail และ Noir, 1996) ข้าวสาลี (Malik และคณะ, 2001) ปอแก้ว (Ashraf และ Arfan, 2005) และ perennial ryegrass (Mcfarlane และคณะ, 2004) ส่วนผลกระทบจากการให้น้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูก พบว่า การให้น้ำท่วมขังมีผลทำให้พืชปลูกหลายชนิดมีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ลดลง เช่น การสะสมของน้ำหนักแห้งของลำต้นในฝ้าย

[1] **คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000**

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

(Bange และคณะ, 2004) การเจริญเติบโตทางลำต้นและพื้นที่ใบในทานตะวัน (Grassini และคณะ, 2007) การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของ buckwheat (Matsuura และคณะ, 2005) พื้นที่ใบ ความสูงของลำต้น ความกว้างลำต้น จำนวนกิ่ง และน้ำหนักแห้งของลำต้นใน winter rape (Zhou และ Lin, 1995; Leul และ Zhou, 1998) จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาผลของการให้น้ำท่วมขังต่อพืชปลูกหลายชนิด แต่การทดลองเกี่ยวกับผลของการให้น้ำท่วมขังของยางพาราในระยะแรกของการเจริญเติบโตที่ได้รับน้ำท่วมขังต่างกันยังไม่มีผู้ศึกษา สำหรับการศึกษาในพืชยืนต้นเกี่ยวกับสภาวะน้ำท่วมขังมีอยู่บ้างส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในพืชชนิดอื่น เช่น Starfruit (Ismail และ Noir, 1996) และ โอ๊ค *(Quercus suber)* (Perez-Ramos และ Moranon, 2009) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา 3 พันธุ์ คือ RRIM 600 PB 235 และ BP 24 เพื่อเป็นข้อมูลในการปลูกต้นกล้ายางพาราในสภาพแปลงปลูกที่มักประสบปัญหาน้ำท่วมขังต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำต้นกล้าของยางพารา 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ RRIM 600 PB 235 และ BP 24 ปลูกในถุงพลาสติกที่บรรจุดิน 1,000 กรัม จำนวน 1 ต้น X 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และให้น้ำท่วมขังแก่ยางพาราที่ปลูกในถุงพลาสติก (ศานิต, 2552) แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ 0 (สภาพควบคุม) 12 24 36 และ 48 ชม. ประเมินผลการเจริญเติบโตของยางพาราที่อายุ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น นำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความสูงลำต้น ตามสูตรของศานิต และคณะ (2553) ดังนี้

$$\text{การยับยั้งความสูงลำต้น (\%)} = \left\{ \frac{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม} - \text{ความสูงลำต้นในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม}} \right\} \times 100$$

ส่วนการยับยั้งความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการยับยั้งความสูงลำต้น และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะของยางพาราทั้ง 3 พันธุ์โดยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้น้ำท่วมขังเป็นระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ยางพาราที่นำมาทดสอบทั้งสามพันธุ์ คือ พันธุ์ RRIM 600 (Table 1) PB 235 (Table 2) และ BP 24 (Table 3) ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นเพิ่มขึ้น การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. มีผลทำให้ความสูงลำต้นของยางพาราทั้งสามพันธุ์ถูกยับยั้งสูงสุด เท่ากับ 42.65 48.88 และ 42.17% ของพันธุ์ RRIM 600 (Table 1) PB 235 (Table 2) และ BP 24 (Table 3) ตามลำดับเช่นเดียวกับการทดสอบพืช 3 ชนิด คือ ทานตะวัน (Grassini และคณะ, 2007) Buckwheat (Matsuura และคณะ, 2005) และ Winter rape (Zhou และ Lin, 1995) ในสภาวะน้ำท่วมขังที่มีผลทำให้ความสูงของลำต้นลดลงมากที่สุด

สำหรับความยาวใบและความกว้างใบ พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. มีผลทำให้ความยาวใบและความกว้างใบของยางพาราทั้งสามพันธุ์ถูกยับยั้งมากที่สุด โดยเฉพาะพันธุ์ BP 235 ที่ถูกยับยั้งความยาวใบและความกว้างใบมากกว่า 55% เช่นเดียวกับการทดสอบการเจริญเติบโตของทานตะวันในสภาพน้ำท่วมขัง พบว่า พื้นที่ใบของทานตะวันได้ผลกระทบจากการให้น้ำท่วมขังมากที่สุด (Grassini และคณะ, 2007) รวมทั้งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบพืชปลูกอีก 2 ชนิดในสภาพน้ำท่วมขังด้วย คือ buckwheat (Matsuura และคณะ, 2005) และ Winter rape (Zhou และ Lin, 1995) ที่มีพื้นที่ใบลดลงเมื่อปลูกในสภาพน้ำท่วมขังและพื้นที่ใบของพืชทั้งสองชนิดนี้มีค่ามากที่สุดเมื่อปลูกในสภาพให้น้ำปกติ ส่วนการยับยั้งน้ำหนักแห้งของลำต้น พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. มีผลทำให้ยางพาราทั้งสามพันธุ์ คือ พันธุ์ RRIM 600 (Table 1) PB 235 (Table 2) และ BP 24 (Table 3) ถูกยับยั้งน้ำหนักแห้งของลำต้น เท่ากับ 39.86 38.99 และ 36.89% ตามลำดับ การลดลงของน้ำหนักแห้งของลำต้นของยางพาราในการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบพืช 3 ชนิดในสภาวะน้ำท่วมขัง คือ ฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) และ Winter rape (Zhou และ Lin, 1995; Leul และ Zhou, 1998) ที่มีการลดลงของน้ำหนักแห้งของลำต้นเมื่อปลูกในสภาวะน้ำท่วมขัง จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าสภาพน้ำท่วมขังนาน 48 ชม. มีผลทำให้การเจริญเติบโตของยางพาราทั้ง 4 ลักษณะถูกยับยั้งมากที่สุด รองลงมาคือ การให้น้ำท่วมขังนาน 36 24 และ 12 ชม. ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดสอบพืชหลายชนิดในสภาพน้ำท่วมขัง เช่น ถั่วเขียว (ศานิต, 2552) ถั่วเหลือง (ศานิต และคณะ, 2553) มะเขือเทศ (Jackson และคณะ, 1996) starfruit (Ismail และ Noir, 1996) ข้าวสาลี (Malik และ

คณะ, 2001) และปอแก้ว (Ashraf และ Arfan, 2005) พบว่า การให้น้ำท่วมขังเป็นเวลานานมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชทุกชนิดลดลงกว่าการให้น้ำท่วมขังเป็นเวลาที่สั้น ดังนั้นในการปลูกยางพาราทั้งสามพันธุ์นี้ควรปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขังหรือมีน้ำท่วมขังน้อย และควรหลีกเลี่ยงการปลูกยางพาราในสภาพแปลงปลูกที่มีน้ำท่วมขังนาน 48 ชม. ที่ทำให้ยางพาราถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นสูงสุด

สรุปผล

การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. ทำให้ยางพาราถูกยับยั้งการเจริญเติบโตสูงสุด การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพาราเพิ่มขึ้น โดยมีผลยับยั้งความยาวใบและความกว้างใบมากกว่า 45% โดยเฉพาะพันธุ์ RRIM 600 PB 235 และ BP 24 ถูกยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 66.67 59.55 และ 48.95% และยับยั้งความกว้างใบ เท่ากับ 47.33 65.16 และ 60.65% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีผลในการยับยั้งความสูงลำต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นของยางพาราอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2552, ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาวะน้ำท่วมขัง, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 40 (พิเศษ): 313-316.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วริสรา ปลื้มฤดี และสุนันทา อินทสุวรรณ์, 2553, ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41 (พิเศษ): 501-504.

Ashraf, M. and Arfan, M., 2005, Gas Exchange Characteristics and Relation in Two Cultivars of Hibicus esculentus under Waterlogging, Biol. Plant., 49: 459-462.

Bange, M.P., Milroy, S.P. and Thongbai, P., 2004, Growth and Yield of Cotton in Response to Waterlogging, Field Crop Res., 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 Sun Flower, Field Crop Res., 101: 352-363.

Ismail, M.R. and Noir, J.M., 1996, Growth and Physiological Process of Young Starfruit (Averrhoa evambola L.) Plant under Soil Flooding, Scientia Hort, 65: 229-238.

Jackson, M.B., Davies, W.J. and Else, M.A., 1996, Pressure-flow Relationships, Xylem Solutes and Root Hydraulic Conductance in Flooded Tomato Plants, Ann. Bot., 77: 17-24.

Leul, M. and Zhou, M., 1998, Alleviation of Waterlogging Damage in Winter Rape by Application of Uniconazole: Effects on Morphological Characteristics, Hormone and Photosynthesis, Field Crop Res., 59: 121-127.

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, Aust. J. Plant Physiol, 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 Prod. Sci., 8: 525-532.

Mcfarlane, N.M., Ciavarella, T.A. and Smith, K.F., 2004, The Effects of Waterlogging on Growth, Photosynthesis and Biomass Allocation in Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) Genotype with Contrasting Root Development, J. Agric. Sci., 141: 241-248.

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.

Perez-Ramos, I.M. and Maranon. T., 2009, Effects of Waterlogging on Seed Germination of Three Mediterranean Oak Species: Ecological Implication, Acta. Oecologica, 35: 422-428.

Pezeshki, S.R., 2001, Wetland Plant Responses to Soil Flooding, Environ. Exp. Bot., 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 Crop Res., 44: 103-110.

Table 1 Inhibition of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of RRIM 600 para rubber variety at different water logging duration compared with control treatment

Water logging duration (hours)	Inhibition of stem height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stem dry weight (%)
12	13.01d	37.71c	11.91d	7.91d
24	24.90c	53.50b	19.93c	19.72c
36	34.71b	55.90b	28.67b	30.84b
48	42.65a	66.67a	47.33a	39.86a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	8.95	9.65	7.89	10.26

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

Table 2 Inhibition of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of PB 235 para rubber variety at different water logging duration compared with control treatment

Water logging duration (hours)	Inhibition of stem height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stem dry weight (%)
12	12.63d	19.33d	11.45d	10.51d
24	21.54c	40.21c	30.43c	14.06c
36	36.40b	48.72b	43.75b	28.49b
48	48.88a	59.55a	65.16a	38.99a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	6.94	7.85	10.28	11.47

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

Table 3 Inhibition of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of BP 24 para rubber variety at different water logging duration compared with control treatment

Water logging duration (hours)	Inhibition of stem height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stem dry weight (%)
12	12.17d	19.24d	15.56d	7.36d
24	21.13c	26.48c	34.50c	14.72c
36	30.51b	37.76b	44.05b	25.65b
48	42.17a	48.95a	60.65a	36.89a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	6.87	7.84	10.25	12.48

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

ลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ก้าวหน้า 6 สายพันธุ์

Physical Characteristics of Seed Coat and Seed Quality of 6 Advanced Soybean Breeding Lines

ณัฐกานต์ ปรารถนา[1] วันชัย จันทร์ประเสริฐ[1] สุปราณี งามประสิทธิ์[2] และ ประศาสตร์ เกื้อมณี[3]

Prattana, N.[1], Chanprasert, W.[1], Ngamprasitthi, S.[2] and Kermanee, P.[3]

Abstract

Studies on physical characteristics of seed coat and seed quality of 6 advanced soybean breeding lines of Kasetsart University Breeding Project, i.e. KUSL3802-1, KUSL3802-4, KUSL3802-6, NS1 1-12, ST2 34-1 and KUSL20004 comparing to 2 recommended cultivars, i.e. SJ5 and CM60 grown in dry season 2009 and rainy season 2010 were carried out. The results revealed that KUSL3802-1 showed the highest values of percent seed coat, seed coat thickness and specific weight of seed coat in both seasons, and its seed quality determined by standard germination and 3 different vigor tests were also among the highest in both seasons. On the other hands, ST2 34-1 tended to have low to medium values of seed coat measurements, while its germination and vigor were the lowest in both growing seasons. For the simple correlation analysis, there were correlations between physical characteristics of seed coat and seed weight and seed volume. Seeds with high weight and volume were found to have thinner seed coats. However, in this experiment there were no correlation between physical characteristics of seed coat and seed quality.

Keywords: soybean, physical characteristics, seed coat, seed quality

บทคัดย่อ

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสายพันธุ์ก้าวหน้า 6 สายพันธุ์ ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ KUSL3802-1, KUSL3802-4, KUSL3802-6, NS1 1-12, ST2 34-1 และ KUSL20004 เปรียบเทียบกับพันธุ์ส่งเสริม 2 พันธุ์ คือ SJ5 และ CM60 ที่ปลูกในฤดูแล้งปี 2552 และฤดูฝน ปี 2553 ผลการทดลองพบว่า ถั่วเหลืองสายพันธุ์ KUSL3802-1 มีเปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ด ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ด และน้ำหนักจำเพาะเยื่อหุ้มเมล็ดสูงที่สุด และมีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าสายพันธุ์/พันธุ์อื่นสอดคล้องกันทั้ง 2 ฤดูปลูก ขณะที่สายพันธุ์ ST2 34-1 มีค่าการตรวจวัดลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดต่ำถึงปานกลาง และมีความงอกและความแข็งแรงต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก จากการวิเคราะห์ simple correlation พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดกับน้ำหนักและปริมาตรเมล็ด คือเมล็ดที่มีน้ำหนักมากหรือขนาดใหญ่มีแนวโน้มว่าจะมีเยื่อหุ้มเมล็ดบาง อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดกับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แต่อย่างใด

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง ลักษณะทางกายภาพ เยื่อหุ้มเมล็ด คุณภาพเมล็ดพันธุ์

คำนำ

เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) เป็นส่วนประกอบทางโครงสร้างที่สำคัญของเมล็ดถั่วเหลือง นอกจากจะทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับส่วนประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ภายในแล้ว ยังทำหน้าที่ควบคุมการดูดซึมน้ำ อากาศ และป้องกันไม่ให้เชื้อโรคและแมลงเข้าทำลายเมล็ด (วันชัย, 2553) มีรายงานการวิจัยพบว่า เยื่อหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของเมล็ด เช่น วันชัย และคณะ (2543ก) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์/พันธุ์ พบว่า ลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและปริมาตรของเมล็ดถั่วเหลือง กล่าวคือเมล็ดที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเมล็ดต่ำจะมีเปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ดสูง เยื่อหุ้มเมล็ดหนา และน้ำหนักจำเพาะเยื่อหุ้มเมล็ดสูง ทั้งยัง

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

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

[2] **สถานีวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[2] Suwan Wajokkasikit field Crops Research Station, Inseechandrastitya Institute, Kasetsart University

[3] **ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**

[3] Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

พบความสัมพันธ์กับคุณภาพด้วย (วันชัย และคณะ, 2543ข) วันชัย (2540) พบแนวโน้มว่าเมล็ดที่มีสัดส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดสูงจะมีคุณภาพที่ทดสอบโดยความงอกมาตรฐาน การเร่งอายุ และความงอกในไร่สูงด้วย

ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองนั้น ลักษณะทางคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นับว่ามีความสำคัญเนื่องจากถั่วเหลืองบางพันธุ์เมื่อส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกประสบปัญหาด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงต้องศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ก้าวหน้า เพื่อให้มั่นใจว่าพันธุ์ถั่วเหลืองที่ดีที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกต่อไปมีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ดีไม่มีปัญหาหรือมีปัญหาน้อยที่สุดในการผลิตเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ก้าวหน้า 6 สายพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ RCB สิ่งทดลอง 8 สายพันธุ์/พันธุ์ ได้แก่ KUSL3802-1, KUSL3802-4, KUSL3802-6 (สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากคู่ผสม KUSL20004 x ST2), NS1 1-12 (NS1 ที่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วยรังสีแกมม่า), ST2 43-1 (ST2 ที่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วยรังสีแกมม่า), KUSL20004 (สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จาก Clark63 x Orba), SJ 5 และ CM 60 ทำ 4 ซ้ำ ศึกษาใน 2 ฤดูปลูกคือ ฤดูแล้งปี 2552 และฤดูฝนปี 2553 ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จ.นครราชสีมา เก็บเกี่ยวที่ระยะแก่เก็บเกี่ยว (ความชื้น 14%) กะเทาะเมล็ดและลดความชื้นให้เหลือประมาณ 9% (8.10-9.25%) สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ได้มาศึกษาลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ด ได้แก่เปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ด ความหนาเยื่อหุ้มเมล็ด (มม.) และน้ำหนักจำเพาะเยื่อหุ้มเมล็ด (มก./ตร.มม.) และหาลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ได้แก่น้ำหนักเมล็ด (กรัม/1000 เมล็ด) และปริมาตรเมล็ด (ลบ.ซม/ 25 เมล็ด) ตามวิธีที่อธิบายใน วันชัย และคณะ (2543ก) ทดสอบคุณภาพเมล็ด ได้แก่ ความงอกมาตรฐาน (ตามวิธีของ ISTA, 2008) ความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุ (ที่อุณหภูมิ 41°C ความชื้นสัมพัทธ์ 100% นาน 64 ชั่วโมง) และความงอกในไร่ ศึกษาความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์ simple correlation

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Table 1 Seed coat characteristics, i.e. percent seed coat (%SC), seed coat thickness (SC Tk, mm), specific weight of seed coat (SpWt of SC, mg/mm²) and physical properties of seed, i.e. seed weight (SWt, g/1000seeds) and seed volume (SVol, cm³/25seeds) of 8 soyben lines/varieties grown in dry season 2009 and rainy season 2010 at Corn and Sorghum Research Center of Thailand, Nakhon Ratchasima.

Lines/	Dry season 2009					Rainy season 2010				
variety	%SC	SC Thk (mm)	SpWt of SC (mg/mm²)	SWt (g/1000s)	SVol (cm³/25s)	% SC	SC Thk (mm)	SWt of SC (mg/mm²)	SWt (g/1000s)	SVol (cm³/25s)
KUSL3802-1	8.51 a*	0.137 a	2.94 a	153.4 f *	3.76 d	8.14 a	0.127 a	3.057 a	122.5 h	2.92 g
KUSL3802-4	8.22 b	0.113 d	2.48 b	176.8 cd	4.31 c	7.74 bc	0.115 d	2.246 c	155.2 d	3.64 c
KUSL3802-6	8.15 b	0.111 e	2.09 e	181.5 bc	4.39 c	7.49 d	0.105 f	2.456 b	166.7 b	3.85 b
NS1 1-12	7.97 c	0.111 e	1.79 f	201.4 a	5.09 a	7.82 b	0.116 cd	2.060 d	172.8 a	4.25 a
ST2 34-1	7.02 d	0.100 g	1.56 g	189.0 b	4.56bc	6.82 e	0.102 g	1.547 f	144.3 e	3.52 d
KUSL20004	7.93 c	0.103 f	2.37 bc	189.2 b	4.69 b	7.61 cd	0.108 e	1.868 e	158.3 c	3.67 c
SJ. 5	8.42 a	0.132 b	2.31 cd	160.7 ef	3.79 d	7.90 b	0.124 b	1.932 de	131.5 g	3.11 f
CM60	8.27 b	0.116 c	2.24 d	166.1 de	3.91 d	7.88 b	0.118 c	2.364bc	140.0 f	3.46 e
LSD.05	0.126	1.895	0.119	11.0	0.27	0.173	2.786	0.154	1.23	3.75
C.V.(%)	1.064	1.117	3.671	4.2	4.30	1.536	1.657	4.792	0.56	0.71

* Mean values in each column followed by the same letter are not significantly different at the probability level of 0.05

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสายพันธุ์ก้าวหน้า 6 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์ SJ5 และ CM60 พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 8 สายพันธุ์/พันธุ์ มีลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดแตกต่างกัน (Table 1) โดยถั่วเหลืองสายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีเปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ด ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ด และน้ำหนักจำเพาะ

ของเยื่อหุ้มเมล็ดสูงที่สุด ขณะที่สายพันธุ์ ST2 34-1 มีเปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ด ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ด และน้ำหนักจำเพาะเยื่อหุ้มเมล็ดต่ำที่สุดสอดคล้องกันทั้ง 2 ฤดูปลูก สายพันธุ์ KUSL 3802-4, KUSL3802-6, NS1 1-12 และ KUSL 20004 มีเปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ด ความหนาเยื่อหุ้มเมล็ดปานกลาง วันชัย และคณะ (2540) รายงานว่า ถั่วเหลืองสายพันธุ์ KUSL20004 มีเปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ด 12.2% แตกต่างจากการทดลองในครั้งนี้ที่ปลูกในฤดูฝนเช่นกัน ซึ่งพบว่า KUSL20004 มีเปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ด 7.61% ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าสภาพแวดล้อมและความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกัน ระหว่างแหล่งปลูกที่กำแพงแสน และที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดแตกต่างกันด้วย (น้ำหนักเมล็ด 81.0 กรัมต่อ 1000 เมล็ด และ 158.3 กรัม ต่อ 1000 เมล็ด ตามลำดับ)

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วเหลือง 8 สายพันธุ์/พันธุ์ ก็มีความแตกต่างกันเช่นกัน (Table 1) โดยพบว่าสายพันธุ์ KUSL3802-1 มีน้ำหนักเมล็ดและปริมาตรต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดู ใกล้เคียงกับพันธุ์ SJ5 ส่วนสายพันธุ์ KUSL3802-4, KUSL3802-6, ST2 34-1 และ KUSL20004 มีแนวโน้มที่จะมีปริมาตรเมล็ด และน้ำหนักเมล็ด ปานกลางถึงสูง ส่วนสายพันธุ์ NS1 1-12 เมล็ดมีน้ำหนัก และปริมาตรสูงที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก สอดคล้องกับรายงานของ ธีรเดช และคณะ (2553) และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดกับลักษณะกายภาพเมล็ด (Table 2) พบว่าน้ำหนักเมล็ดมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ด และปริมาตรเมล็ดมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความหนาและน้ำหนักจำเพาะของเยื่อหุ้มเมล็ดทั้ง 2 ฤดูปลูก

Table 2 Correlation coefficient between seed physical properties of seed and seed coat characteristics at harvesting maturity of 8 soybean lines/varieties grown in dry season 2009 and rainy season 2010.

Physical properties of seed	Seed coat characteristics. % SC	SC Thn (mm)	SpWt of SC (mg/mm²)
Seed weight (g/1000seeds)	-0.296ns	-0.629**	-0.485ns
Seed volume (cm³/25seeds)	-0.314ns	-0.614**	-0.541**

Table 3 Quality of seed, i.e. standard germination (%), accelerated aging (%), field emergence (%)of 8 soyben lines/varieties grown in dry season 2009 and rainy season 2010 at Corn and Sorghum Research Center of Thailand, Nakhon Ratchasima..

Lines/variety	Dry season 2009			Rainy season 2010		
	Seed germination (%)	Accelerated aging (%)	Field emergence (%)	Seed germination (%)	Accelerated aging (%)	Field emergence (%)
KUSL3802-1	93.00 a*	83.00 a	91.00 a	89.00 a	78.50 b	84.00 a
KUSL3802-4	87.00 d	77.50 bc	86.00 b	81.00 d	69.00 e	72.00 d
KUSL3802-6	89.00 bc	79.00 b	87.00 b	87.00 ab	81.00 a	85.00 a
NS1 1-12	88.00 cd	73.00 d	82.50 c	83.00 cd	75.50 c	79.00 b
ST2 34-1	84.00 e	68.00 e	80.00 d	75.00 f	65.00 f	70.00 e
KUSL20004	85.00 e	66.00 e	78.00 d	77.50 e	73.00 d	76.00 c
SJ. 5	90.00 b	77.50 bc	87.00 b	85.00 bc	71.50 d	74.50 c
CM60	89.00 bc	75.50 c	85.00 b	81.00 d	73.00 d	76.00 c
LSD.05	1.74	2.37	1.99	2.11	2.35	1.83
C.V.(%)	1.34	2.15	1.6	1.75	2.17	1.61

* Mean values in each column followed by the same letter are not significantly different at the probability level of 0.05

จากการทดสอบคุณภาพของเมล็ดได้แก่ ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้ง 8 สายพันธุ์/พันธุ์ พบว่า มีความแตกต่างกัน (Table 3) โดยสายพันธุ์ KUSL3802-1 มีคุณภาพในด้านความงอก และความแข็งแรงสูงที่สุด ขณะที่สายพันธุ์ ST2 34-1 มีความงอกและความแข็งแรงต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับ ธีรเดช และคณะ (2553) ที่รายงานว่า ภายหลังจากการเก็บรักษา 8 เดือน ถั่วเหลืองสายพันธุ์ KUSL3802-1 เสื่อมความงอกน้อยที่สุด และให้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ SJ5 และสายพันธุ์ ST2 34-1 มีความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก สำหรับสายพันธุ์ KUSL3802-4, KUSL3802-6 และ NS1 1-12 มีความงอกและความแข็งแรงอยู่ในระดับปานกลาง โดยสายพันธุ์ KUSL3802-4 มีแนวโน้มความแข็งแรงต่ำ และ KUSL3802-6 แนวโน้มมีค่าความแข็งแรงสูง

วันชัย และคณะ (2553) พบว่าสายพันธุ์ KUSL3802-4 ค่อนข้างไวต่อการขาดน้ำและอ่อนแอต่อการสำลักน้ำเช่นเดียวกับ KUSL20004 และ CM60 ส่วนสายพันธุ์ KUSL3802-6 เป็นสายพันธุ์ที่งอกได้ดีในสภาพขาดน้ำและทนทานต่อการสำลักน้ำ ธีรเดช และคณะ (2553) พบว่าความงอกภายหลังการเก็บรักษาของสายพันธุ์ KUSL3802-6 และ NS1 1-12 สูง ขณะที่ KUSL20004 มีความงอกต่ำ ขณะที่ วันชัย (2533) รายงานว่าสายพันธุ์ KUSL20004 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความงอกปานกลาง ในจำนวนถั่วเหลือง 18 สายพันธุ์/พันธุ์ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดกับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แตกต่างจาก วันชัย และคณะ (2543ข) ที่พบว่าถั่วเหลืองที่มีน้ำหนักน้อย ขนาดเมล็ดเล็ก และมีสัดส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดสูง มีคุณภาพเมล็ดดีกว่าเมล็ดที่มีน้ำหนักมาก ขนาดเมล็ดใหญ่ และมีสัดส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการทดลองนี้ศึกษาถั่วเหลืองเพียง 8 สายพันธุ์/พันธุ์ ซึ่ง 3 สายพันธุ์คือ KUSL3802-1, KUSL3802-4 และ KUSL3802-6 เป็นสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากคู่ผสมเดียวกันคือ KUSL20004 x ST2 (วิภาพรรณ และคณะ, 2553) จึงอาจได้รับอิทธิพลทางพันธุกรรมที่ทำให้ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ชัดเจนพอที่จะแสดงนัยสำคัญ ในขณะที่ วันชัย และคณะ (2543ข) ศึกษาในถั่วเหลืองถึง 40 สายพันธุ์/พันธุ์ จึงพบความสัมพันธ์ที่ชัดเจน

สรุปผล

ลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดกับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ก้าวหน้าในโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทั้ง 6 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ KUSL3802-1 มีเปอร์เซ็นต์เยื่อหุ้มเมล็ด ความหนาเยื่อหุ้มเมล็ด และน้ำหนักจำเพาะเยื่อหุ้มเมล็ดสูงที่สุด มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์สูงกว่าสายพันธุ์/พันธุ์อื่นทั้ง 2 ฤดูปลูก ขณะที่สายพันธุ์ ST2 34-1 มีค่าการตรวจวัดลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดในระดับต่ำถึงปานกลาง มีคุณภาพเมล็ดต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก สำหรับคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยภาพรวมสายพันธุ์ที่ให้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับพันธุ์ SJ5 คือ KUSL3802-6 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูปลูกพบว่า โดยทั่วไปถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูแล้งมีลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดและเมล็ดสูงกว่า รวมทั้งให้เมล็ดที่มีคุณภาพดีกว่าถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนด้วย

เอกสารอ้างอิง

ธีรเดช เกลียวกลม วันชัย จันทร์ประเสริฐ จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุปราณี งามประสิทธิ์, 2553, คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสายพันธุ์ก้าวหน้าในโครงการวิจัยถั่วเหลืองของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 73-76.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2533, การศึกษาความงอก ความแข็งแรง และความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 18 สายพันธุ์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 24(3): 261-267.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ สุชาติ อ่อนดำ และสุรพล อุปดิสสกุล, 2540, การเสื่อมคุณภาพในแปลงปลูกและลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 10 พันธุ์, รายงานการประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติครั้งที่ 6, วันชัย จันทร์ประเสริฐ รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และจุฑามาศ ร่มแก้ว: บรรณาธิการ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 296-302.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ เชิดชาย วังคำ สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และลิลลี่ กาวีต๊ะ, 2543ก, ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์/พันธุ์, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 11-21.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ เชิดชาย วังคำ สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และลิลลี่ กาวีต๊ะ, 2543ข, ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพกับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์/พันธุ์, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 32-42.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ ศิรินทิพย์ เหล่าวานิชกุล อัจฉราวรรณ ตังสุวรรณ์ และสุปราณี งามประสิทธิ์, 2553, ความไวต่อการขาดน้ำและการสำลักน้ำในระหว่างการงอกของถั่วเหลืองต่างพันธุ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 109-112.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, ปรับปรุงใหม่ 2553 โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมฯ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ, 167 หน้า.

วิภาพรรณ ชนะภักดิ์ ลิลลี่ กาวีต๊ะ มาลี ณ นคร และรังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2553, ลักษณะทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับผลผลิตในถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 48 สาขาพืช, กรุงเทพฯ, หน้า 236-243.

ISTA, 2008, International Rules for Seed Testing, Edition 2008, International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland.

ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

Effect of Carnauba Coating on Keeping Quality of Mangoes cv. Nam Dok Mai Si Thong

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์[1] เบญจมาส รัตนชินกร[1] และ ปรางค์ทอง กวานห้อง[1]

Srithanyarat, S.[1], Ratanachinakorn, B.[1] and Kwanhong, P.[1]

Abstract

Effect of carnauba coating concentrations for prolonging shelf life of Mangoes cv. Nam Dok Mai Si Thong was studied. The fruits were dipped in hot water at 52^{o}C for 10 minutes before coated with 10 15 20 and 25% carnauba coating then stored at 12^{o}C. It was found that carnauba coating could reduced weight loss, ripening and decay of mangoes. The fruits were coated with 20 and 25% carnauba could prolong storage life for 20 days at 12^{o}C. Carnauba coated mangoes could be normally ripe and were accepted by consumer after transferring to 25^{o}C.

Keywords: coating, storage, carnauba

บทคัดย่อ

ศึกษาความเข้มข้นของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาต่อการยืดอายุมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง โดยใช้มะม่วงที่ผ่านการทำ hot water treatment ที่อุณหภูมิ 52^{o}C นาน 10 นาที มาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาความเข้มข้น 10 15 20 และ 25% เปรียบเทียบกับ control ที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12^{o}Cพบว่า สารเคลือบผิวสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การสุก และการเกิดโรคของมะม่วงได้ โดยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25% สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้นาน 20 วัน ที่ 12^{o}C และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25^{o}C) มะม่วงสามารถสุกได้ปกติ กลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ: การเคลือบผิว การเก็บรักษา คาร์นูบา

คำนำ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่เป็นที่นิยมทั้งในประเทศและเพื่อการส่งออก เนื่องจากมีรสชาติหวาน หอม และมีสีผิวสวยเป็นที่ต้องการของตลาด ตลาดที่สำคัญในการส่งออกมะม่วงได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น โดยในปี 2553 มีการส่งออกมะม่วงสด 22,770 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 505 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) มะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric ภายหลังการเก็บเกี่ยวมีการพัฒนาการสุกได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดผลนิ่มระหว่างการขนส่งและการวางจำหน่าย มีอายุการเก็บรักษาสั้นและเกิดโรคได้ง่าย ทำให้ไม่สามารถขนส่งไปจำหน่ายยังประเทศปลายทางที่ไกลได้ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิเหมาะสมเป็นปัจจัยหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด แต่มะม่วงไม่สามารถเก็บที่อุณหภูมิต่ำมากได้เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายจากความเย็น การใช้สารเคลือบผิวจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา โดยช่วยชะลอการสุก การสูญเสียน้ำ และลดการเกิดโรค (Baldwin และคณะ, 1997) ซึ่งถือว่าเป็นการปรับสภาพบรรยากาศรอบผล คล้ายกับการเก็บผักและผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงหรือในสภาพควบคุมบรรยากาศ (Nisperos-Carriedo และคณะ, 1990; Baldwin และคณะ, 1995) ดังนั้นในการทดลองในครั้งนี้ จึงได้ศึกษาความเข้มข้นของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Postharvest and Processing Research and Development office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา กรดโอเลอิค และมอร์โฟลีน ที่ความเข้มข้น 10, 15, 20 และ 25% นำมาทดสอบในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองจากสวนเกษตรกรจังหวัดสระแก้ว โดยนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดและคัดเลือกความแก่ให้สม่ำเสมอ จากนั้นนำไปทำ hot water treatment ที่อุณหภูมิ 52°C นาน 10 นาที แล้วผึ่งให้แห้งก่อนนำไปเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้น 90-95% สุ่มมะม่วงออกมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และส่วนหนึ่งนำไปทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก โดยวิเคราะห์ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว โดยการวัดค่า L* a* และ b* ความรุนแรงของการเกิดโรค โดยการให้คะแนน 0-4 คะแนน 0= ไม่มีโรค 1= เกิดโรค 1-25% 2= 26-50% 3= 51-75% 4= 76-100% คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ 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

การเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 10 15 20 และ 25% เก็บที่ 12°C พบว่า

การสูญเสียน้ำหนัก สารเคลือบผิวคาร์นูบาทุกกรรมวิธีช่วยชะลอการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง เช่นเดียวกับการใช้สารเคลือบผิวคาร์นูบาในส้มที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผล (Hagenmaier, 1998) โดยพบว่า เมื่อเก็บนาน 25 วัน มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (control) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดถึง 7.7% รองลงมาคือ มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 10 15 20 และ 25% ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 4.58 3.69 3.35 และ 3.20% ตามลำดับ (Figure 1a)

การเปลี่ยนแปลงสีผิว มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีผลเป็นสีเหลืองตั้งแต่ขณะที่ผลยังดิบ ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนสีผิวเพียงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา โดยค่า L* a* และ b* ของมะม่วงในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่า L* จะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีค่า L* 72.4 และเมื่อเก็บนาน 25 วัน ค่า L* ลดลงเหลือ 68.8 (Figure 1a) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีค่าความสว่างลดลง ส่วนค่า a* และ b* จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยค่า a* เพิ่มจาก 63.5 เป็น 73.3 (Figure 3) และค่า b* เพิ่มจาก 39.7 เป็น 44.2 (Figure 4d) ซึ่งหมายถึงเมื่อเก็บนานขึ้นผลมะม่วงจะมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

คุณภาพทางเคมี มะม่วงในทุกกรรมวิธีเมื่อสุกมีคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกัน โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน มะม่วงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณวิตามินซี เฉลี่ย 15.2% 0.91% และ 28.8 mg/100 ml ตามลำดับ

การสุกของผลมะม่วง มะม่วงที่เคลือบและไม่เคลือบผิว เมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25°C) จนกระทั่งผลสุก พบว่ามะม่วงสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติ ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25% สามารถช่วยชะลอการสุกได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น (Table 1) มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวและที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 10 และ 15% ผลจะสุกตั้งแต่นำออกมาจากห้องเย็น ในขณะที่เคลือบด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25% จะสุกเมื่อนำมาเก็บต่อที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน

การเกิดโรค มะม่วงทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาที่ 12°C นาน 20 วัน ไม่พบการเกิดโรคทันทีหลังนำออกมาจากห้องเย็น แต่เมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้องจนสุกจะพบการเกิดโรคแอนแทรคโนส (Figure 5) โดยมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวพบการเกิดโรคมากที่สุด โดยพบตั้งแต่เมื่อเก็บในห้องเย็นนาน 10 วัน และย้ายมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ส่วนการเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 20 วัน พบว่า ทุกกรรมวิธีพบการเกิดโรคเมื่อผลสุก แต่การเคลือบผิวด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 25% มีแนวโน้มพบการเกิดโรคน้อยที่สุด

ความชอบโดยรวม มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อนำออกมาจากห้องเย็นและทิ้งให้ผลสุกที่อุณหภูมิห้อง มีรสชาติการรับประทานที่ดี ไม่มีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติจากการใช้สารเคลือบผิว แต่ค่าคะแนนความชอบโดยรวมจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากมะม่วงเมื่อผลสุกมีการเกิดโรคได้ง่าย โดยมะม่วงที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น

20 และ 25% เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 12°C นานไม่เกิน 20 วัน ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและที่เคลือบด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 10 และ 15% เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บไม่เกิน 15 วัน เพราะหากเก็บนานขึ้นจะพบการเกิดโรคมากขึ้น

สรุปผล

การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสุก และการเกิดโรคของมะม่วงได้ โดยสามารถเก็บที่อุณหภูมิ 12°C ได้นาน 20 วัน และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25°C) มะม่วงสามารถสุกได้ปกติ กลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มะม่วงที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 10 และ 15% พบการเกิดโรคเมื่อเก็บนาน 15 วัน ส่วนมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวเกิดโรคเมื่อเก็บนาน 10 วัน

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สถิติการส่งออก (export) มะม่วงสด, 2554: ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน [สืบค้น], http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php [3/July/11].

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, J. Agric. Food Chem, 43, 1321-1331.

Baldwin, E.A., Nisperos, M.O. and Baker, R.A., 1997, Use of Lipids in Edible Coatings for Food Products, Food Technol, 51(6): 56–62.

Hagenmaier, R.H., 1998, Wax Microemulsion Formulation used as Fruit Coatings, Proc. Fla. State Hort. Soc., 111: 251-255.

Nisperos-Carriedo, M.O., Shaw, P.E. and Baldwin, E.A., 1990, Changes in Volatile Flavor Components in 'Pineapple' Orange Juice as Influenced by the Application of Lipid and Composite Films, J. Agric. Food Chem, 38, 1382–1387.

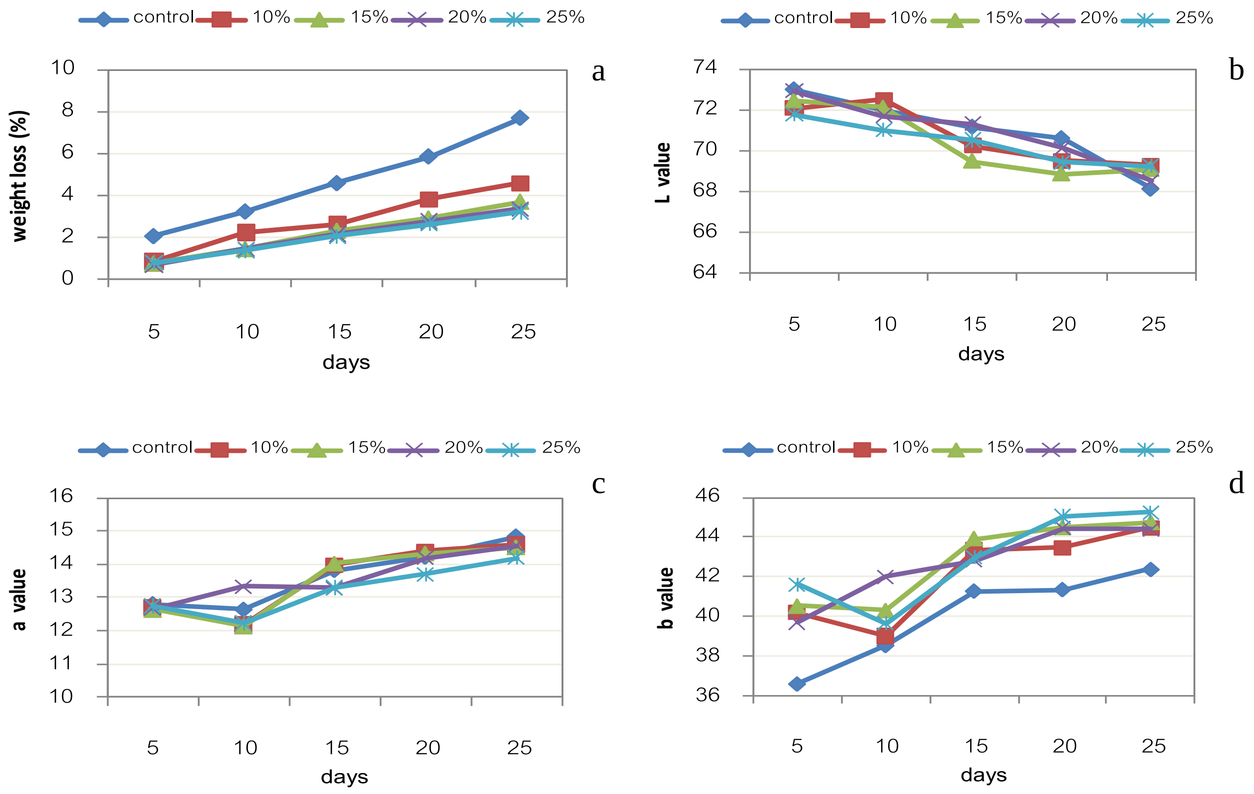


Figure 1 Weight loss, L*, a* and b* value of mango fruit coated with carnauba wax at the concentration of 0 (control), 10, 15, 20 and 25% (v/v) before stored at 12°C for 25 days.

Table 1 Days in ambient conditions until ripped following 13°C storage.

treatment	days in ambient conditions until ripped following 12°C storage				
	0 day	5 days	10 days	15 days	20 days
Control	7	4	1	1	0
Carnauba 10%	7	4	1	1	0
Carnauba 15%	7	4	1	1	0
Carnauba 20%	8	5	2	2	1
Carnauba 25%	8	5	3	2	1

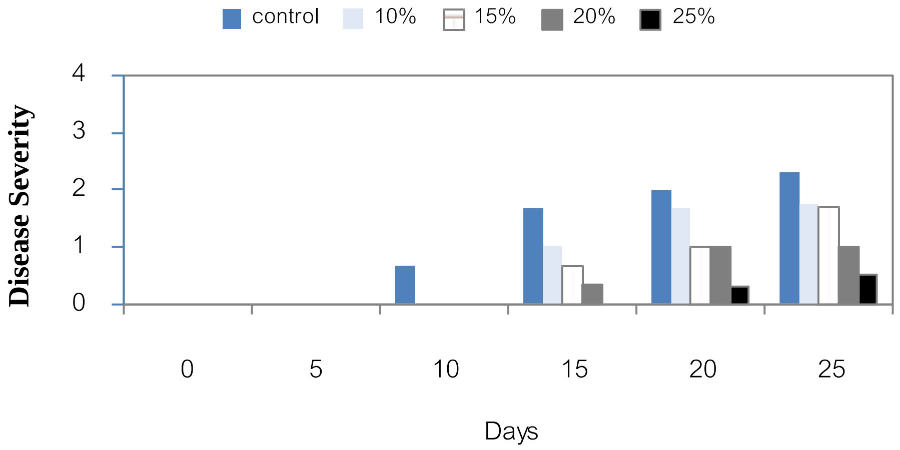


Figure 2 Disease Severity of mango fruit were coated with carnauba wax at the concentration of 0 (control), 10, 15, 20 and 25% (v/v) and stored at 12°C prior transferred to ambient condition.

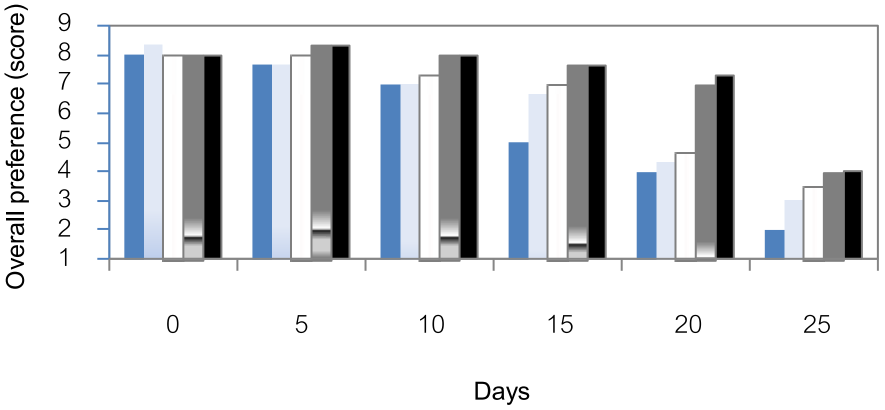


Figure 3 Overall preference score of ripped mangoes in ambient conditions following 12°C. Hedonic scale (1-9); 1= dislike extremely and 9= like extremely.

ผลของการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของผงเบต้าไซยานินจากแก้วมังกรแดง

Effect of Spray Drying on Quality of Betacyanin Powder from Red Dragon Fruit

ชลิดา เนียมนุ้ย[1] สันติชัย สิริวัชโรดม[1] และ อุษารัตน์ แววตระการ[1]

Niamnuy, C.[1], Sirivatcahrodom, S.[1] and Waewtrakarn, U.[1]

Abstract

Red dragon fruit is an important source of betacyanin, the reddish to violet pigment. It is the good antioxidant and antitumor. The production of betacyanin powder led to easily using the betacyanin as a natural functional food colorant. The aim of this work was to study the effect of inlet air temperature for spray drying on the moisture content, betacyanin content and color values of betacyanin powder from fresh of red dragon fruit. The stability of betacyanin powder was also investigated. The studied inlet hot air temperatures were 130 150 and 170 °C and the concentration of maltodentrix (carrier) was fixed at 30%. The storage condition was room temperature and relative humidity of 55% for 30 days. The samples were taken for qualities analysis every 6 days. It was found that the inlet hot air temperature significantly affected on the moisture content and betacyanin content of betacyanin powder (p<0.05). The inlet hot air temperature of 170 °C gave the best quality of betacyanin powder, which had the lowest moisture content of 3.33% (wet basis) and the highest betacyanin content of 102.67 mg/g. In addition, the effect of inlet hot air temperature on color values of betacyanin powder was not significant. Moreover, the betacyanin powder had high stability during storage. The betacyanin content was not significant changes during storage for the products obtained from all inlet hot air temperatures.

Keywords: betacyanins, red dragon fruit, maltodextrin, natural food colorant

บทคัดย่อ

แก้วมังกรแดงเป็นแหล่งสำคัญของเบต้าไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดงม่วง มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและช่วยยับยั้งการแบ่งเซลล์เนื้องอก การผลิตเบต้าไซยานินในรูปแบบผงทำให้มีความง่ายต่อการใช้งานเป็นสีผสมอาหารเพื่อสุขภาพจากธรรมชาติ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อปริมาณความชื้น ปริมาณเบต้าไซยานิน และค่าสีของผงเบต้าไซยานินจากเนื้อแก้วมังกร นอกจากนี้ยังทำการศึกษาความคงตัวของผงเบต้าไซยานินระหว่างการเก็บรักษาด้วย อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ทำการศึกษา ได้แก่ 130 150 และ 170 °C โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ตริน (สารพยุง) เท่ากับ 30% และสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาคือ อุณหภูมิห้องและค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 55% ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน โดยเก็บตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ทุกๆ 6 วัน ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีอิทธิพลต่อความชื้นและปริมาณเบต้าไซยานินอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) และพบว่าอุณหภูมิเท่ากับ 170 °C ทำให้ได้ผงเบต้าไซยานินที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ 3.39% ปริมาณเบต้าไซยานินสูงที่สุดเท่ากับ 102.67 มิลลิกรัม/กรัม ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในช่วงที่ทำการศึกษาไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสีของผงเบต้าไซยานิน นอกจากนี้ยังพบว่าผงเบ้ตาไซยานินมีความคงตัวสูงในระหว่างการเก็บรักษา โดยปริมาณเบต้าไซยานินไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บรักษาสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งทุกอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

คำสำคัญ: แก้วมังกรแดง เบต้าไซยานิน มอลโตเด็กซ์ตริน สีผสมอาหารจากธรรมชาติ

คำนำ

สีสันของอาหารนับเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค นอกจากรสชาติและราคา เพราะสีสันเป็นสิ่งที่ทำให้อาหารดูน่ารับประทานและดึงดูดให้ผู้บริโภคเกิดความสนใจในการเลือกบริโภคอาหารนั้น ดังนั้นการใช้สีผสมอาหาร

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Road, Chatuchak, Bangkok 10900

เพื่อแต่งสีของผลิตภัณฑ์จึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย โดยทั่วไปผู้ผลิตนิยมใช้สีสังเคราะห์ (Synthetic Colors) ซึ่งผลิตโดยการสังเคราะห์ทางเคมี เนื่องจากราคาถูกและง่ายต่อการใช้งาน แต่หากผู้บริโภคได้รับในปริมาณมากหรือมีความถี่เกินไปอาจก่อให้เกิดโรคแก่ร่างกายได้ อาทิ โรคมะเร็ง โรคเกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย เป็นต้น (วิภาดา และคณะ, 2552) ดังนั้นสีธรรมชาติซึ่งส่วนใหญ่ได้จากพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจให้ใช้เป็นสีผสมอาหารกันมากขึ้น เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค อีกทั้งไม่กัดกร่อนภาชนะ นอกจากนี้สารสีธรรมชาติบางชนิดยังมีคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากแก้วมังกรเป็นสีผสมอาหาร โดยแก้วมังกรเป็นพืชในตระกูลกระบองเพชรในวงศ์ Cactaceae ซึ่งมีทั้งแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว (*Hylocereus undatus*) และพันธุ์เนื้อแดง (*Hylocereus polyrhizus*) สารให้สีที่สำคัญในแก้วมังกรทั้งในส่วนเนื้อและเปลือกของแก้วมังกรคือ เบต้าไซยานิน (Betacyanin) ที่ให้สีแดง-ม่วง ซึ่งนอกจากจะเป็นสารให้สีแล้ว ยังมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและต้านการแบ่งเซลล์ของเนื้องอกหลายชนิดอีกด้วย โดยการเปลี่ยนรูปของสารสีสกัดสดมาอยู่ในรูปของผงสี จะทำให้การใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อปริมาณความชื้น ปริมาณเบต้าไซยานินและค่าสี ของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย รวมถึงการศึกษาความคงตัวของผงผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเนื้อของแก้วมังกรแดงปริมาณ 2.5 กิโลกรัมมาผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 ลิตร ปั่นรวมกันเป็นเวลา 10 นาที แล้วกรองสารสกัดด้วยผ้าขาวบาง หลังจากนั้นนำสารสกัดมาผสมกับมอลโตเด็กซ์ทริน (ค่าสมมูลเด็กซ์โทรส 12%) ที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ และนำสารละลายนั้นมาทำการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Labplant, SD-05, North Yorkshire, UK) โดยใช้อุณหภูมิลมร้อน 3 ระดับ คืออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าเท่ากับ 130, 150 และ 170 $^{\circ}$C ที่ความเร็วลมร้อนเข้าห้องอบแห้ง 10.9 เมตร/วินาที อัตราการป้อนสารเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย 10.7 มิลลิลิตร/นาที จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณเบต้าไซยานิน ค่าสี และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา โดยการวัดความชื้นของผลิตภัณฑ์ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1999)

การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าไซยานินทำได้โดยการนำผงผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยปริมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 538 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องอัตราไวโลเลตและวิสิเบลสเปกโทรสโคปี (Simadzu, 160A, Kyoto, Japan) ซึ่งความเข้มข้นของเบต้าไซยานินหาได้จากสมการที่ (1) (Markus และคณะ, 2005)

$$BLC = \frac{A \times DF \times MW \times 1000}{TM \times 1} \qquad \text{---------------- (1)}$$

เมื่อ BLC คือความเข้มข้นของเบต้าไซยานิน ในหน่วย กรัม/ลิตร; A = ค่าการดูดกลืนแสง; DF = Dilution Factor; MW = มวลโมเลกุลของเบต้าไซยานิน 550 กรัม/โมล; TM (Molar extinction coefficient) = 60,000 ลิตร/โมล

การวัดค่าสีของผงเบต้าไซยานินทำได้โดยการนำผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยปริมาณ 0.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าสีโดยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Ultrascan XE, Reston, USA) ซึ่งรายงานเป็นค่า L^*, a^* และ b^* ในระบบ CIELAB โดยค่า L^* บอกค่าความสว่าง ค่า a^* บอกค่าสีแดง/เขียว และค่า b^* บอกค่าสีเหลือง/น้ำเงิน

การวิเคราะห์ความคงตัวของเบต้าไซยานินระหว่างการเก็บรักษา ทำได้โดยการนำผงผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งแบบพ่นฝอยปริมาณ 25 กรัม บรรจุภายในถุงบรรจุชนิด Nylon/LLDPE และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ 55% โดยใช้สารละลายอิ่มตัวของแมกนีเซียมไนเตรท ($Mg(NO_3)_2$) เก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน โดยทำการวัดปริมาณเบต้าไซยานินทุกๆ 6 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและปริมาณความชื้น พบว่าเมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) คือที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

170°C มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าจะทำให้เกรเดียนท์ของอุณหภูมิระหว่างผลิตภัณฑ์และลมร้อนสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดี น้ำจึงสามารถระเหยออกมาได้มาก ทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงได้มาก (Jittanit และคณะ, 2010)

Table 1 Properties of betacyanin powder dried at various inlet hot air drying temperatures of spray drying

อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (°C)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณเบต้าไซยานิน (มิลลิกรัม/กรัม)	*L**	*a**	*b**
130	4.48±0.01[b]	83.94±0.10[a]	60.76±1.18[a]	49.47±2.98[a]	-9.98±3.10[a]
150	4.32±0.09[b]	82.45±2.14[a]	61.28±1.25[a]	45.68±0.20[a]	-10.65±0.10[a]
170	3.39±0.12[a]	102.67±6.57[b]	58.95±3.29[a]	50.86±7.29[a]	-11.90±0.58[a]

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่มีต่อปริมาณเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์ พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 170 °C ให้ปริมาณเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงสุด เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 170 °C นั้นใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 150 และ 130 °C ทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสความร้อนเป็นระยะเวลาสั้นกว่า มีผลให้เกิดการเสื่อมสลายของเบต้าไซยานินต่ำกว่า (Cai และ Corke, 2001) จากการทดลองการอบแห้งที่อุณหภูมิลมร้อน 130 °C นั้นไม่เหมาะแก่การอบแห้งแบบพ่นฝอยเนื่องจากประสิทธิภาพการทำแห้งที่ต่ำ และพบว่าผลิตภัณฑ์เกิดการเกาะติด (stickiness) ของภายในห้องอบแห้งมากกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆด้วย เมื่อพิจารณาผลการทดลองระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 และ 150 °C พบว่าปริมาณเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่มีต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าที่อุณหภูมิ 170°C ให้ค่า *L**, *b** น้อยที่สุดและ *a** มากที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับปริมาณเบต้าไซยานิน กล่าวคือเมื่อมีเบต้าไซยานินซึ่งเป็นสารให้สีแดง-ม่วงในปริมาณมาก ค่าความสว่างก็จะมีค่าน้อย (ค่า *L** มีค่าเข้าใกล้ 0) มีสีแดงมากขึ้น (ค่า *a ** มีค่าเข้าใกล้ +100) และน้ำเงินก็จะเพิ่มขึ้น (ค่า *b ** มีค่าเข้าใกล้ -100) อย่างไรก็ดี พบว่าค่าสี *L** *a** และ *b** ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

จาก Figure 1 ปริมาณเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์ที่เวลาการเก็บต่างๆมีค่าใกล้เคียงกันและปริมาณไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ ที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 130, 150 และ 170 °C อยู่ในช่วง 80.3-83.9, 80.0-84.5 และ 100.8-104.6 มิลลิกรัม/กรัมของผลิตภัณฑ์ตามลำดับ จึงถือว่าปริมาณเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 30 วัน ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากสารพยุง (มอลโตเด็กซ์ตริน) มีส่วนช่วยให้เบต้าไซยานินสลายตัวช้า (Cai และ Corke, 2000) เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาสารละลายเบต้าไซยานินที่สกัดออกมาได้ในรูปของของเหลว ซึ่งปริมาณเบต้าไซยานินจะลดลง 30 % เมื่อเก็บรักษาในสภาวะไม่มีแสง ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 1 อาทิตย์ (Woo และคณะ, 2011)

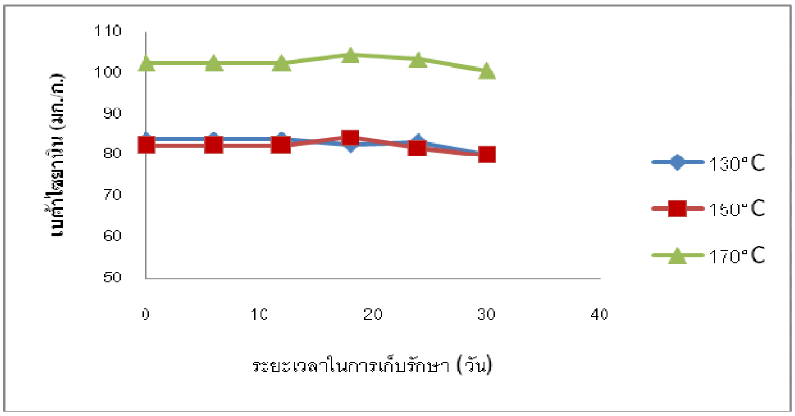


Figure 1 Betacyanin content in powder dried at various inlet hot air drying temperatures of spray drying during storage

สรุปผล

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อความชื้น ปริมาณเบต้าไซยานิน และค่าสี พบว่าอุณหภูมิ 170 ° C เหมาะสมที่จะใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีที่สุด โดยมีความชื้นต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 3.39 (มาตรฐานเปียก) และมีปริมาณเบต้าไซยานินสูงสุดคือ 102.67 มิลลิกรัม/กรัม มีค่าสี ได้แก่ ค่า *L**, *a**และ *b** เท่ากับ 58.95, 50.86 และ -10.90 ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในช่วงที่ทำการศึกษามีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความชื้นและปริมาณเบต้าไซยานิน แต่ไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 30 วันที่อุณหภูมิห้องพบว่าปริมาณเบต้าไซยานินของผลิตภัณฑ์ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งที่ทุกอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

เอกสารอ้างอิง

วิภาดา สนองราษฎร์ วิภาวี ขำวิจิตร วารินทร์ ยางเดิม ปริยาภัทร เชาว์ชาญ และพัชราภรณ์ สารเสนา, 2552, การสกัดสารสีจากเปลือกผลแก้วมังกร, วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2: 9-16.

AOAC, 1999, Official Method of Analysis (16th ed.), The Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Cai, Y.Z. and Corke, H., 2000, Production and Properties of Spray-dried Amaranthus betacyanin pigments, Journal of Food Science, 66: 1248-1252.

Cai, Y.Z. and Corke, H., 2001, Effect of Postharvest Treatments on amaranthus betacyanin Degradation Evaluated by Visible/near-infrareds, Journal of Food Science, 66: 1112-1118.

Jittanit, W., Niti-Att, S. and Techanuntachaikul, O., 2010, Study of Spray Drying of Pineapple Juice using Maltodextrin as an Adjunct, Chiang Mai Journal of Science, 37: 498-506.

Markus, R.M., Florian, C.S. and Reinhold, C., 2005, Development of a Process for the Production of a Betalain-Based Colouring Foodstuff from Cactus Pear, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6: 221-231.

ผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอม

The Effect of Antibrowning Agents on Mesocarp of Aromatic Coconut

ณาฐวรา จิรันดร[1] มนู จิตรสิงห์[1] และ อดิศักดิ์ จิตรภูษา[1]
Chirandorn, N.[1], Jitsing, M.[1] and Jitphusa, A.[1]

Abstract

This research was to study the effectiveness of an agent in replacement of sulfide group that was used for inhibiting mesocarp browning on aromatic coconut. The experiment was carried out in 2 phases. The first phase, studied the different agents on inhibition of browning in aromatic coconut. For this purpose, organic acids (oxalic acid, tartaric acid, ascorbic acid) and synthesis chemicals (alum, sodium erythorbate and mixed of alum and sodium erythorbate) were used. Aromatic coconut were dipped in each tested agent 1% for 3 min and then stored at 5°C for 7 days. Oxalic acid was the best for inhibit the browning. The second phase, the aromatic coconut were dipped in oxalic acid at 0.5, 3.0 and 5.0% concentrating for 3 min. The treated aromatic coconuts were then packaged with PVC film and stored at 5 $^{\circ}$C for 7 days. The results showed dipping aromatic coconut in 3% oxalic acid was effectively for inhibition browning on aromatic coconut.

Keywords: aromatic coconut, browning, anti browning agent, oxalic acid

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมทดแทนการใช้สารฟอกขาว การทดลองแบ่ง เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทำการหาชนิดของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสม โดยจะใช้สารเคมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มกรดอินทรีย์ (กรดออกซาลิก กรดทาร์ทาริก และกรดแอสคอบิก) และกลุ่มสารสังเคราะห์ (สารส้ม โซเดียมอิริทรอบิก และสารผสมระหว่างสารส้มและโซเดียมอิริทรอบิก) โดยนำผลมะพร้าวที่ทำการควั่นแล้วมาจุ่มสารละลายแต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 3 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่น) พบว่า กรดออกซาลิกสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะพร้าวได้ดีที่สุด ขั้นตอนที่ 2 ทำการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมโดยใช้กรดออกซาลิกเข้มข้น 0.5, 3.0 และ 5.0% ผลปรากฏว่า กรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 3.0% มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล

คำสำคัญ: มะพร้าวน้ำหอม การเกิดสีน้ำตาล สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล กรดออกซาลิก

คำนำ

มะพร้าว (*Cocos nucifera* Linn.) เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ง่ายในสภาวะภูมิประเทศอย่างประเทศไทย ทำให้สามารถพบเห็นการปลูกมะพร้าวอยู่ทั่วทุกภาค ดังนั้นมะพร้าวจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรทั้งขายในประเทศหรือส่งออก ในรูปของมะพร้าวสดและมะพร้าวแปรรูป มะพร้าวอ่อนน้ำหอมเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจชนิด หนึ่งของไทย มีความต้องการทั้งการส่งออกและบริโภคในประเทศ ลักษณะเด่นของมะพร้าวน้ำหอมคือมะพร้าวจะมีกลิ่นหอม รสหวาน จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้เป็นที่สนใจแก่เกษตรกรที่นิยมปลูกเพื่อการค้า มะพร้าวอ่อนที่จำหน่ายกันในประเทศและต่างประเทศนั้นต้องได้รับการตัดแต่งผลให้มีความสวยงาม แต่ปัญหาที่พบคือ เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที ที่ผิวจะมียางชนิดหนึ่งออกมาทำปฏิกิริยากับอากาศ ทำให้เปลือกมะพร้าวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทำให้เสียโอกาสในการจำหน่าย (สุพจน์, 2543) การแก้ปัญหาของเกษตรกรคือ การใช้สารเคมีกลุ่มซัลไฟต์ เช่น โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium Metabisulphite, SMS) หรือสารฟอกขาวเป็นตัวทำให้สีผิวของเปลือกยังคงสภาพเดิมอยู่ ประทีป (2534) ได้กล่าวว่า สารผสมระหว่างโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% และสารยับยั้งเชื้อราไทอะเบนดาโซล สามารถรักษาผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้ว เก็บที่อุณหภูมิ 7-10 $^{\circ}$C โดยไม่มีการเปลี่ยนสีได้นาน 3-4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม การใช้

[1] หลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000
[1] Department of Science, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand 90000

สารเคมีกลุ่มซัลไฟต์ในพืชผักผลไม้เป็นปัญหาด้านการส่งออก เนื่องจากบางประเทศไม่อนุญาตให้นำเข้าผักและผลไม้ที่ผ่านการใช้สารเคมีกลุ่มดังกล่าว นอกจากมะพร้าวแล้วยังมีผลไม้ชนิดอื่นที่สามารถเกิดสีน้ำตาลได้เมื่อเวลาผ่านไป เช่น (กัญญารัตน์, 2549) พบว่าเมื่อนำผลลิ้นจี่พันธุ์ ฮงฮวยแช่ในน้ำร้อน ตามด้วยการแช่ในสารละลายกรดออกซาลิกร้อยละ 10 สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกของลิ้นจี่ได้ นอกจากนี้กะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.5% ที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ (ผ่องเพ็ญ, 2550) และ นันทิพา (2553) พบว่าสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 0.5 mM และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}$C สามารถรักษาคุณภาพของพุทราได้ดี

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการควั่นมะพร้าวโดยการปอกเฉพาะเปลือกสีเขียว เฉือนเปลือกให้ทรงผลเป็นรูปทรงกระบอก ด้านหัวสอบลงเล็กน้อย ตัดหัวผลให้เสมอ เพื่อให้ผลมะพร้าวตั้งอยู่ได้ไม่ล้ม ด้านท้ายมีลักษณะปลายแหลมเป็นรูปกรวยป้าน (สุพจน์, 2543) นำไปแช่ในสารละลายชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 1% ทันที เป็นเวลา 3 นาที ดังนี้ (1) กรดออกซาลิก (2) กรดทาร์ทาริก (3) กรดแอสคอบิก (4) สารส้ม (5) โซเดียมอิรอทรอบิก (6) สารละลายผสมระหว่างสารส้มและโซเดียมอีริทรอบิกในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นผึ่งผิวมะพร้าวให้แห้งแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก (PVC) ที่มีความหนา 13 ไมโครเมตร โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C เป็นเวลา 7 วัน ในระหว่างทำการเก็บรักษา บันทึกการเปลี่ยนแปลงสี น้ำหนัก ประเมินการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลตามวิธีของ Sapers และ Dcuglas (1987) ซึ่งเป็นการบอกถึงประสิทธิภาพของสารยับยั้งแต่ละชนิด โดยนำค่า *L มาคำนวณหา % การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

เมื่อได้ชนิดสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมที่ดีที่สุดแล้ว จึงหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายที่ ใช้ยับยั้งการเปลี่ยนสีของเปลือกมะพร้าว โดยแช่มะพร้าวทันทีหลังควั่นมะพร้าวเสร็จลงในความเข้มข้นที่ 0.5, 3.0 และ 5% และดำเนินการเหมือนขั้นตอนที่ 1 คือ ผึ่งผลมะพร้าวให้แห้งแล้วห่อด้วยฟิล์มพลาสติก (PVC) ที่มีความหนา 13 ไมโครเมตร โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 7 วัน ในระหว่างทำการเก็บรักษาบันทึกการเปลี่ยนแปลงสี น้ำหนัก และประเมินการยับยั้ง การเกิดสีน้ำตาล

ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาชนิดของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล บนเปลือกมะพร้าวน้ำหอม เมื่อเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 5°C นาน 7 วัน พบว่าผลมะพร้าวน้ำหอมที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) น้อยที่สุด รองลงมาเป็นผลมะพร้าวแช่ในกรดแอสคอบิก โซเดียมอีริทรอบิก และสารละลายผสมมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่การใช้สารส้มและกรดทาร์ทาริกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างมากที่สุด (Figure 1A) สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE value) พบว่าผลมะพร้าวที่แช่ในสารส้มมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE มากที่สุด การใช้กรดทาร์ทาริก สารละลายผสม โซเดียมอีริทรอบิก และกรดแอสคอบิกการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE มีค่าปานกลาง และการใช้กรดออกซาลิกทำให้ค่า ΔE มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (Figure 1B) สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลทุกชนิด มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในช่วง 1-3 วันแรก กรดออกซาลิก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการฟอกสี ได้ใกล้เคียงกับกรดแอสคอบิก แต่ในวันสุดท้าย กรดออกซาลิก ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลประมาณ 80% ซึ่งสูงที่สุด สำหรับกรดแอสคอบิกและโซเดียมอีริทรอบิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ได้มากกว่า 50% และที่มีความสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลประมาณ 40-48% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำสุด คือกรดทาร์ทาริก, สารส้มและสารละลายผสม (Figure 2) ดังนั้นกรดออกซาลิกเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดออกซาลิกในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอม เปรียบเทียบกับน้ำกลั่นซึ่งเป็นชุดควบคุม พบว่าความเข้มข้น 0.5% มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด แต่ก็ยังน้อยกว่าชุดควบคุม ขณะที่ความเข้มข้นที่ 3 และ 5% มีค่าความสว่างไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE value) พบว่าให้ผลในทำนองเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (Figure 3A และ 3B) ระยะสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าผลมะพร้าวที่แช่ด้วยสารละลายกรดออกซาลิก 0.5% มีความสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้น้อยที่สุด ขณะที่ความเข้มข้น 3 และ 5% มีประสิทธิภาพไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3B)

วิจารณ์ผล

จากการทดลองเก็บรักษาผลมะพร้าวที่อุณหภูมิ 5°C พบว่าสารยับยั้งทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และผลมะพร้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลน้อยที่สุดเมื่อแช่สารละลายกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 1% ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายกรดออกซาลิกมีค่า pH ต่ำที่สุด มีผลทำให้โครงสร้างของเอนไซม์ PPO มีสภาพเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจนไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากเอนไซม์ PPO จะถูกยับยั้งการทำงานในสภาพที่มี pH ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 4.2 อีกทั้งแบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีความเป็นกรด หรือ pH ต่ำกว่า 4.6 (จริงแท้, 2541) ดังนั้นการแช่ผลมะพร้าวในสารละลายกรดออกซาลิก จะเป็นการปรับ pH ของเซลล์ที่ผิวให้เป็นกรด สามารถลดการปนเปื้อนได้ และเมื่อศึกษาถึงความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดออกซาลิกซึ่งใช้เป็นสารยับยั้ง พบว่ากรดออกซาลิกความเข้มข้นที่ 3 และ 5% มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่ความเข้มข้น 5% ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำน้ำได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับอติณัฐ (2549) กล่าวว่าการใช้กรดออกซาลิก 10% ร่วมกับการแช่ผลลิ้นจี่ในน้ำร้อน มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมการเกิด สีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยได้

สรุปผล

จากการทดลองสารละลายกรดอินทรีย์ (กรดออกซาลิก กรดทาร์ทาริก และกรดแอสคอบิก) และกลุ่มสารสังเคราะห์ (สารส้ม โซเดียมอิริทรอบิก และ สารผสมระหว่างสารส้ม และโซเดียมอิริทรอบิก) ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมที่ปอกเปลือกและตัดแต่งผลแล้วระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 7 วัน พบว่า กรดออกซาลิกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่สุด และที่ความเข้มข้น 3 และ 5% มีความสามารถในการฟอกสี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอบคุณคณะอาจารย์ที่ให้ความช่วยเหลือจนโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2541, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 396 หน้า.

กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ กอบเกียรติ แสงนิล กานดา หวังชัย และจำนง อุทัยบุตร, 2549, ผลของกรดออกซาลิกร่วมกับอุณหภูมิที่เก็บรักษาต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 37(5)(พิเศษ): 100-103.

นันทิพา เอี่ยมสกุล อินทิรา ลิจันทร์พร และศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์, 2553, ผลของ Salicylic acid ต่อคุณภาพของผลพุทราพันธุ์บอมแอปเปิล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(1)(พิเศษ): 75-78.

ประทีป กุณาศล, 2534, มะพร้าวน้ำหอมปลูกง่ายกำไรงาม, วารสาร ธ.ก.ส. เมษายน-กรกฎาคม: 50-58.

ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และกฤษณ์ สงวนพวก, 2550, ผลของกรดอินทรีย์ต่อการเกิดสีน้ำตาลและคุณภาพของกะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภค, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(5)(พิเศษ): 82-86.

สุพจน์ ตั้งจตุพร, 2543, มะพร้าวน้ำหอม, วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีชลบุรี กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, ชลบุรี 366 หน้า.

อติณัฐ จรดล จำนง อุทัยบุตร กานดา หวังชัย และกอบเกียรติ แสงนิล, 2549, ผลของการแช่ในกรดอินทรีย์บางชนิดต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่แช่แข็งพันธุ์ฮงฮวย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 37(5)(พิเศษ): 104-107.

Sapers, G.M. and Douglas, F.W., 1987, Measurement of Enzymatic Browning at Cut Surfaces and in Juice of Raw Apple and Pear Fruits, Journal of Food Science, 52: 1258-1262.

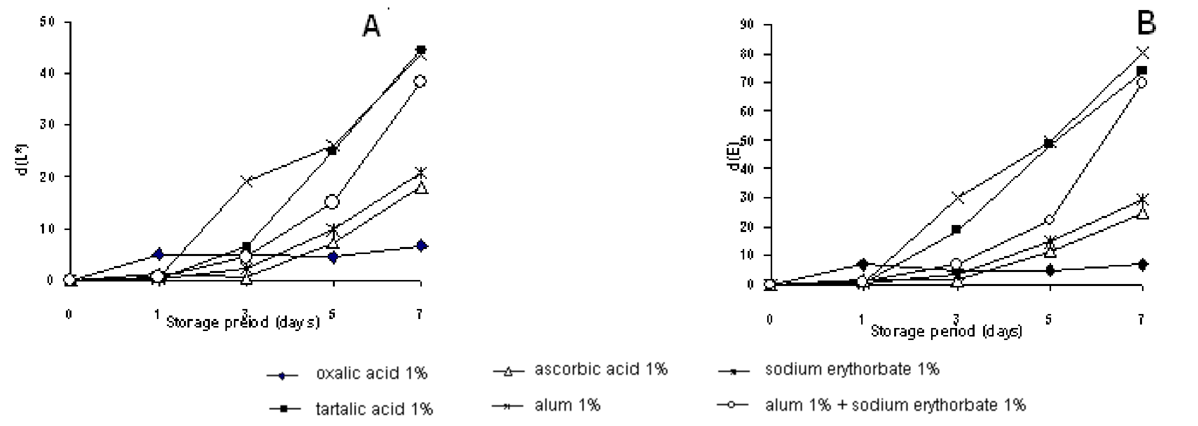


Figure 1 Effect of various Anti-browning agents on Lightness (ΔL^*) (A) and color change (ΔE) (B) of aromatic coconut

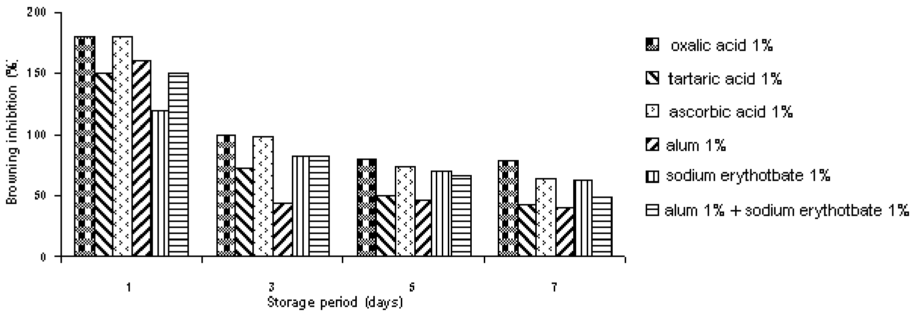


Figure 2 Effect of inhibition browning agents dipped aromatic coconut on % browning inhibition

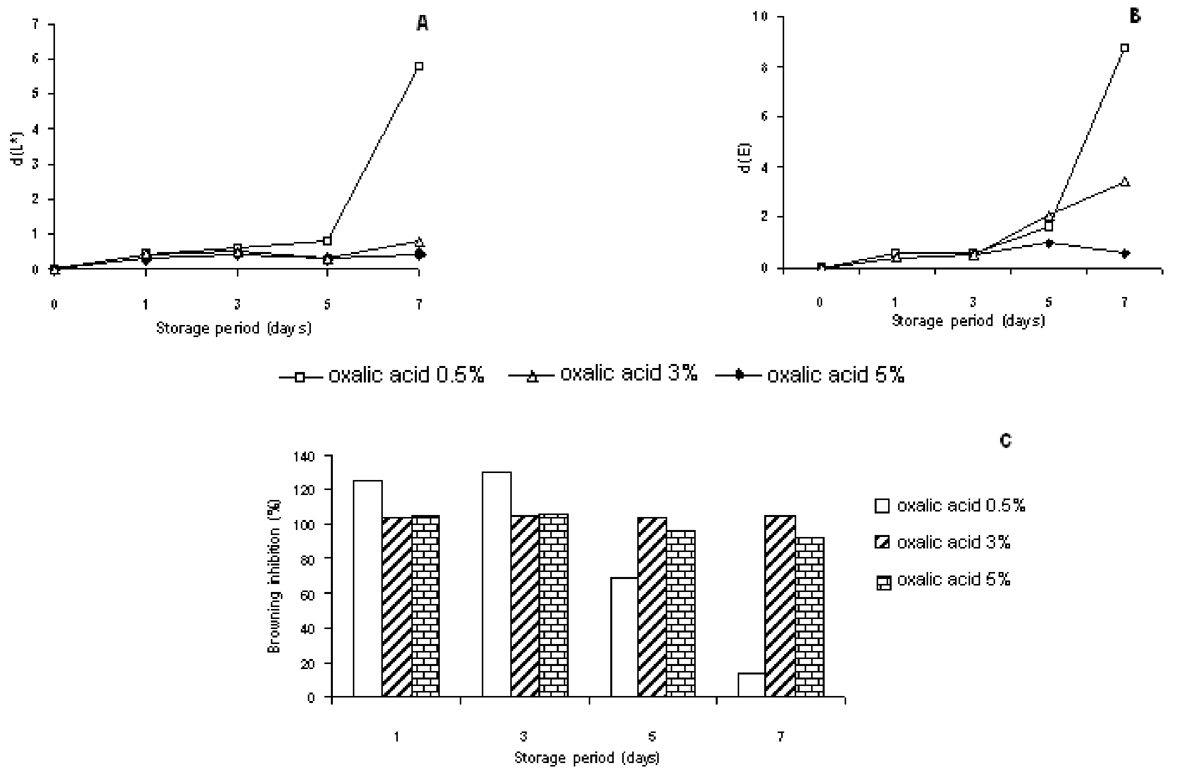


Figure 3 Effect of oxalic acid of 0.5, 3 and 5% on browning inhibition of aromatic coconut.

ผลของชุดปุ๋ย 5 กรรมวิธีต่อการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของเสาวรส

The Effect of 5 Different Fertilizer Recipes on the Vegetative Growth of Passion Fruit

สิริวัฒน์ บุญชัยศรี[1] **และ ดวงพร ตันติโช**[1]

Boonchaisri, S.[1] and Tuntisho, D.[1]

Abstract

The purpose of this study was to examine the effect of 5 different recipes of fertilizers on the vegetative growth of passion fruit (*Passiflora laurifolia* L.). The experiment was conducted at Amphur Phan, Chiang Rai province. Every recipe of fertilizers here was truly used in the actual plots by different local farmers. The 5 recipes of fertilizers were as following: 1) the recipe used by farmers in Amphur Phan, 2) the recipe invented by the Royal Project, 3) organic fertilizer "Eagle, Star and Red Crab", 4) the recipe used by farmers in Amphur Mae-Lao and 5) Enzyme ionic plasma fermented from apple golden snail. Prior to growing, every hole must be filled up with 200 g of manure before planting the seedling. The number of branches and leaves as well as the length of stem were determined once a month and undergone for 10 months. The result showed that the fertilizer recipe 1 caused the highest number of branches and leaves and also the length of stem whereas the recipe 2 caused the lowest for these parameters. Total chlorophyll content was similar in every treatment except the passion fruits, which received the fertilizer recipe 2, contained the lowest amount of chlorophyll. This indicated that the vegetative growth possibly had a relationship with chlorophyll content and thus the rate of photosynthesis. Soil pH was similar in every treatment and this indicated that soil pH did not cause the difference in vegetative growth among treatment. In conclusion, the fertilizer recipe 1 was the best fertilizer to promote vegetative growth of passion fruit in Amphur Phan whereas the recipe 2 was the worst. How the fertilizer recipe 1 promoted vegetative growth of passion fruits was unclear but the lowest growth caused by the fertilizer recipe 2 probably resulted from low chlorophyll content in this group of passion fruits compared to those in other treatments.

Keywords: passion, fruit fertilizer, plant growth

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการให้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธีต่อการเติบโตทางด้านลำต้นและใบ (vegetative growth) ของต้นเสาวรส (*Passiflora laurifolia* L.) ในแปลงทดลองอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ชุดปุ๋ยทุกชุดเป็นกรรมวิธีให้ปุ๋ยที่ปฏิบัติจริงในแปลงเสาวรสของชาวสวนในแต่ละพื้นที่ โดยชุดปุ๋ยที่ 1 คือชุดปุ๋ยเกษตรกรอำเภอพาน 2) ชุดที่ 2 คือชุดปุ๋ยโครงการหลวง ชุดที่ 3 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์ดาวปูแดง ชุดปุ๋ยที่ 4 คือชุดปุ๋ยเกษตรกรอำเภอแม่ลาว และ ชุดปุ๋ยที่ 5 คือชุดปุ๋ยน้ำหมักหอยเชอรี่ที่หมักด้วยเชื้อ พ.ด. 2 ทุกกรรมวิธีรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอก 200 กรัม/ต้น ทำการวัดสมบัติของดินเชิงกายภาพและการเติบโตของต้นเสาวรสตั้งแต่เริ่มปลูกกล้าแล้วทำการวัดผลทุกเดือนเป็นเวลา 10 เดือน จากการทดลองพบว่าชุดปุ๋ยที่ 1 ทำให้เสาวรสมีจำนวนกิ่ง ใบ และความยาวลำต้นมีค่ามากที่สุด ตรงกันข้ามกับชุดปุ๋ยที่ 2 ที่มีแนวโน้มทำให้จำนวน กิ่ง ใบ และความยาวลำต้นต่ำที่สุด เมื่อวัดปริมาณคลอโรฟิลล์รวมพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในทุกกรรมวิธียกเว้นเสาวรสที่ได้รับปุ๋ยชุดที่ 2 ที่มีแนวโน้มของปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าเสาวรสในชุดปุ๋ยอื่นๆ บ่งบอกถึงการเติบโตของเสาวรสอาจมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์แสง เมื่อทำการวัดค่า pH ของดินในแปลงปลูกพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในทุกกรรมวิธี แสดงว่าความแตกต่างทางจำนวนกิ่ง ใบ และความยาวลำต้นมิได้เป็นผลจากค่า pH ของดิน ดังนั้นสรุปได้ว่าปุ๋ยชุดที่ 1 เป็นปุ๋ยที่ส่งเสริมการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของเสาวรสที่ดีที่สุดในการทดลองนี้ ส่วนปุ๋ยชุดที่ 2 พบว่าเป็นปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมที่สุด โดยสาเหตุที่ปุ๋ยชุดที่ 1 ทำให้เสาวรสเติบโตได้ดีนั้นยังไม่แน่ชัด แต่การที่ปุ๋ยชุดที่ 2 ทำให้การเติบโตต่ำน่าเป็นผลจากการที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเสาวรสชุดนี้ต่ำกว่าเสาวรสในชุดการทดลองอื่น

คำสำคัญ: เสาวรส ปุ๋ย การเติบโต

---

[1] **สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา** 56000

[1] Department of Biology, School of Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

คำนำ

เสาวรส หรือ กะทกรกฝรั่ง (passion fruit) เป็นพืชในตระกูล Passifloraceae ซึ่งในประเทศไทยมีพืชในตระกูลเดียวกันนี้คือ กะทกรก (*Passiflora foetida*) สุคนธรส (*Passiflora quadragunlaris*) และเสาวรส (*Passiflora laurifolia*) ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของเสาวรสอยู่บริเวณตอนใต้ของประเทศบราซิลและเริ่มมีการแพร่ขยายไปปลูกในภูมิภาคต่างๆ ได้แก่ ไต้หวันและฮาวาย ตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา ประเทศไทยได้นำพันธุ์เสาวรสเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 และมีชื่อเรียกในภาษาไทยต่างๆ กัน เช่น เสาวรส กะทกรกยักษ์ กะทกรกฝรั่ง กะทกรกสีดาและเสาวรสสีดา เป็นต้น (ธงชัย, 2533) ปัจจุบันสถานการณ์ปัญหาราคาผลผลิตการเกษตรสูงขึ้นทั่วโลก เป็นผลมาจากขาดแคลนปัจจัยการผลิต เช่น การที่พื้นที่เพาะปลูกลดลง ความอุดมสมบูรณ์ของดินและทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ เสื่อมโทรมลง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเพิ่มความอุดมสมบูรณ์คือ บรรดาธาตุอาหารลงในดินเพื่อให้พืชสามารถเพิ่มผลผลิตในพื้นที่เพาะปลูกอันจำกัดได้ การใช้ปุ๋ยเป็นกลวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ดังกล่าว อย่างไรก็ดีการให้ปุ๋ยนั้นต้องเลือกเฟ้นให้เหมาะสมกับสภาพทางภูมิศาสตร์และชนิดของพืชพรรณด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทดลองนำชุดปุ๋ยที่มีการใช้จริงในพื้นที่ต่างๆ 5 กรรมวิธีมาส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นเสาวรสที่ปลูกในอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ที่เกษตรกรผู้ปลูกเสาวรสกำลังประสบปัญหาผลผลิตลดลงอย่างต่อเนื่อง

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกกล้าเสาวรส (*Passiflora laurifolia* L.) อายุ 2 เดือน ที่มีขนาดใกล้เคียงกันย้ายปลูกในหลุมขนาด 30×30×30 ซม. วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งต้นเสาวรสออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 10 ต้น รวมทั้งหมด 50 ต้น เพื่อให้ชุดปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธีดังนี้ ชุดปุ๋ยที่ 1 ชุดปุ๋ยเกษตรกรอำเภอพาน (ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 220 กรัม/ต้น และ 46-0-0 150 กรัม/ต้น) ชุดปุ๋ยที่ 2 ชุดปุ๋ยโครงการหลวง (เหมือนชุดปุ๋ยที่ 1 เพิ่มปุ๋ยสูตร 13-13-21 300 กรัม/ต้นและ0-0-60 200 กรัม/ต้น) ชุดปุ๋ยที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์ดาวปูแดง 450 กรัม/ต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 40 กรัม/ต้น ชุดปุ๋ยที่ 4 ชุดปุ๋ยเกษตรกรอำเภอแม่ลาว (เหมือนชุดปุ๋ยที่ 1 แต่เพิ่มปุ๋ยสูตร 13-13-21 300 กรัม/ต้นเท่านั้น) และชุดปุ๋ยที่ 5 ปุ๋ยน้ำหมักหอยเชอร์รี่ 10.5 ลิตร ทุกชุดการทดลองต้องรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกปริมาณ 200 กก. รดน้ำทุกๆ 3 วัน เมื่อเสาวรสเริ่มโตให้ผูกต้นไว้กับเสาไม้ไผ่ที่ต่อกับค้าง ทำการวัดค่า pH ของดินด้วยการบดดินให้ละเอียดแล้วผสมผงดินกับน้ำอัตราส่วน 1:1 แล้ววัดค่า pH ด้วย pH meter วัดการเติบโตทางลำต้นและใบด้วยการนับจำนวนกิ่งทั้งหมดเดือนละ ครั้ง นับจำนวนใบเสาวรสเฉพาะบนลำต้นหลักและวัดความยาวลำต้นด้วยตลับเมตรจากตำแหน่งของใบเลี้ยงเดิมที่ทำเครื่องหมายไว้ไปยังใบที่กางเต็มที่แต่อยู่ใกล้ส่วนยอดที่สุด โดยวัดเฉพาะบนลำต้นหลักทุกๆ 2 สัปดาห์ วัดค่าปริมาณคลอโรฟิลล์จากใบที่กางเต็มเป็นใบที่ 2 จากส่วนยอด สุ่มตรวจ 3 จุดต่อใบด้วยเครื่องวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD 502) ทำการเทียบค่าเพื่อเปลี่ยนหน่วยเป็นความเข้มข้นโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (standard curve) ที่สร้างขึ้นจากการสกัดใบเสาวรสที่มีสีเขียวระดับต่างๆ ใน 90% acetone ตามวิธีของ Vernon (1960)

ผลการทดลอง

ในการเฝ้าสังเกตการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของต้นเสาวรส เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของต้นเสาวรสที่ได้รับธาตุอาหารจากชุดปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธี พบว่าจำนวนกิ่งของเสาวรสในแต่ละชุดปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าเสาวรสในชุดปุ๋ยที่ 1 มีแนวโน้มสร้างกิ่งได้มากกว่าชุดอื่นๆ (9 กิ่ง/ต้น) (Figure 1a) ตรงกันข้ามกับเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 2 มีจำนวนกิ่งน้อยที่สุด (6 กิ่ง/ต้น) จำนวนใบของเสาวรสมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยในช่วงแรกจำนวนใบของเสาวรสทุกชุดการทดลองมีจำนวนใกล้เคียงกัน แต่การผลิตใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนมีนาคมถึงสิงหาคม ความแตกต่างทางด้านจำนวนใบปรากฏเด่นชัดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงธันวาคม โดยชุดปุ๋ยที่ 1 กระตุ้นเสาวรสให้สร้างใบได้สูงที่สุด (92 ใบ/ต้น) ตามมาด้วยชุดปุ๋ยที่ 4 ขณะที่ชุดปุ๋ยที่ 2 ทำให้มีการผลิตใบได้ต่ำที่สุดอย่างนัยสำคัญ (77 ใบ/ต้น) (Figure 1b) ความยาวของลำต้นเสาวรสในทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อนหยุดการยืดยาวนับจากเดือนกันยายนเป็นต้นไป โดยเสาวรสที่ได้รับปุ๋ยชุดที่ 1 และ 4 มีความยาวลำต้นใกล้เคียงกันคือ 690.4 และ 711.0 เซนติเมตรตามลำดับ แต่มีค่ามากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (Figure 1c) เมื่อวัดปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (Total chlorophyll) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลอง ยกเว้นเสาวรสที่ได้รับปุ๋ยชุดที่ 2 ที่มีแนวโน้มของปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยอื่น (Figure 1d) คือเฉลี่ยที่ 225 μg/g:fw

เมื่อทำการวัดค่า pH ของดินในแปลงปลูก พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการปลูก โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วงต้นและช่วงท้ายฤดูกาลเท่ากับ 5.7 และ 6.5 ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าดินเป็นกรดเล็กน้อย (Figure 2)

วิจารณ์ผล

การวัดการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของต้นเสาวรส โดยการนับจำนวนกิ่ง จำนวนใบ และวัดความยาวของลำต้นเสาวรส ทำให้สรุปได้ว่าตัวแปรเหล่านี้ตอบสนองได้ดีกับชุดปุ๋ยที่ 1 เมื่อพิจารณากรรมวิธีการให้ปุ๋ยของชุดปุ๋ยที่ 1 เทียบกับชุดปุ๋ยอื่นในการทดลองนี้ ทำให้คาดเดาได้ว่าการที่ชุดปุ๋ยที่ 1 ทำผลให้เสาวรสเติบโตทางด้านลำต้นและใบดีอาจเป็นผลจากการเพิ่มธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสมให้แก่พืช (ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 220 กรัม/ต้น และ 46-0-0 150 กรัม/ต้น) จากความรู้พื้นฐานทางด้านสรีรวิทยาของพืช เราทราบดีว่าหน้าที่ของไนโตรเจนคือเป็นส่วนประกอบของโปรตีน ช่วยให้พืชมีสีเขียว เร่งการเจริญเติบโตทางใบ และหากพืชขาดธาตุนี้จะแสดงอาการใบเหลือง ใบมีขนาดเล็กลง ลำต้นแคระแกร็น (ชวนพิศ, 2544) ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงสามารถอธิบายได้ตามทฤษฎีพื้นฐานเรื่องธาตุอาหารพืช ในทางตรงกันข้ามชุดปุ๋ยที่ 2 และ 4 นั้น แม้จะมีกรรมวิธีการให้ปุ๋ยคล้ายคลึงกับชุดปุ๋ยที่ 1 แต่การเพิ่มปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ตั้งแต่ช่วงการผลิตดอก (เดือนมิถุนายน) ไม่เพียงแต่เพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่พืชแล้ว ยังเพิ่มอัตราการลำเลียงอาหารไปสู่ดอกเพราะอิทธิพลของธาตุโพแทสเซียมอีกด้วย ดังนั้นพืชอาจเปลี่ยนทิศทางการใช้อาหาร (partitioning ratio) จากการสร้างใบและลำต้นเป็นการสร้างดอกและผลแทน (Pollock และ Farrar, 1996) ส่งผลให้เสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 2 และ 4 มีจำนวนกิ่ง ใบ และความยาวลำต้นน้อยกว่าชุดปุ๋ยที่ 1 ยิ่งกว่านั้นชุดปุ๋ยที่ 2 ยังมีการเพิ่มปุ๋ยสูตร 0-0-60 อีกด้วย การมีปริมาณโพแทสเซียมในดินมากเกินไปย่อมทำให้พืชดูดซึมธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมได้น้อยลง (ยงยุทธ, 2552) ดังนั้นการที่เสาวรสในชุดปุ๋ยที่ 2 มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าชุดการทดลองอื่น (Figure 1d) อาจเป็นผลจากการที่พืชได้รับธาตุแมกนีเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์น้อยเกินไป เมื่อต้นเสาวรสในชุดปุ๋ยที่ 2 ผลิตคลอโรฟิลล์ได้น้อยลงการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารย่อมลดลงเช่นกันและนี่อาจเป็นคำตอบที่เสาวรสในชุดปุ๋ยนี้มีการเติบโตน้อยที่สุด สำหรับชุดปุ๋ยที่ 3 และ 5 เนื่องจากเป็นกรรมวิธีที่เน้นปุ๋ยอินทรีย์มีความเป็นไปได้ที่พืชอาจได้รับธาตุไนโตรเจนน้อยกว่าปริมาณที่เหมาะสม (marginal concentration) ดังนั้นจึงอาจเป็นเหตุให้เสาวรสในกลุ่มนี้มีการเติบโตทางใบต่ำกว่าเสาวรสในชุดปุ๋ยที่ 1 อนึ่งการใส่ปุ๋ยพบว่ามักมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมี และค่า pH ของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ซึ่งค่า pH ของดินนั้นมีผลอย่างมากต่อการดูดซึมแร่ธาตุและการเติบโตของพืช (สมบุญ, 2538) อย่างไรก็ดีการทดลองนี้พิสูจน์แล้วว่าค่า pH ของดินในทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก ดังนั้นความแตกต่างของการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของเสาวรสเมื่อได้รับชุดปุ๋ยต่างชนิดกัน มิได้เป็นผลข้างเคียงจากการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน

สรุปผล

ปุ๋ยชุดที่ 1 เป็นปุ๋ยที่ส่งเสริมการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของเสาวรสที่ดีที่สุดในการทดลองนี้ ส่วนปุ๋ยชุดที่ 2 พบว่าเป็นปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมที่สุด โดยสาเหตุที่ปุ๋ยชุดที่ 1 ทำให้เสาวรสเติบโตได้ดีนั้นยังไม่แน่ชัด แต่การที่ปุ๋ยชุดที่ 2 ทำให้การเติบโตต่ำ น่าเป็นผลจากการที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเสาวรสชุดนี้ต่ำกว่าเสาวรสในชุดการทดลองอื่น

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 8, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 547 น.

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544, สรีรวิทยาของพืช, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, กรุงเทพฯ, 380 น.

ธงชัย เนมขุนทด, 2533, แพสชั่นฟรุ๊ต: โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, เรืองแสงการพิมพ์, กรุงเทพฯ, น. 10-12.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2552, ธาตุอาหารพืช, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 529 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2538, สรีรวิทยาของพืช, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ, 222 น.

Pollack, C.J. and Farrar, J.F., 1996, Source-sink Relations: The role of Sucrose, *In* Advances in Photosynthesis Volume 5:Photosynthesis and the Environment, Baker N.R. (ed.), Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 270-289.

Vernon, L.P., 1960, Spectrophotometric Determination of Chlorophylls and Pheophytins in Plant Extracts, Analytical Chemistry, 32: 1144-1150.

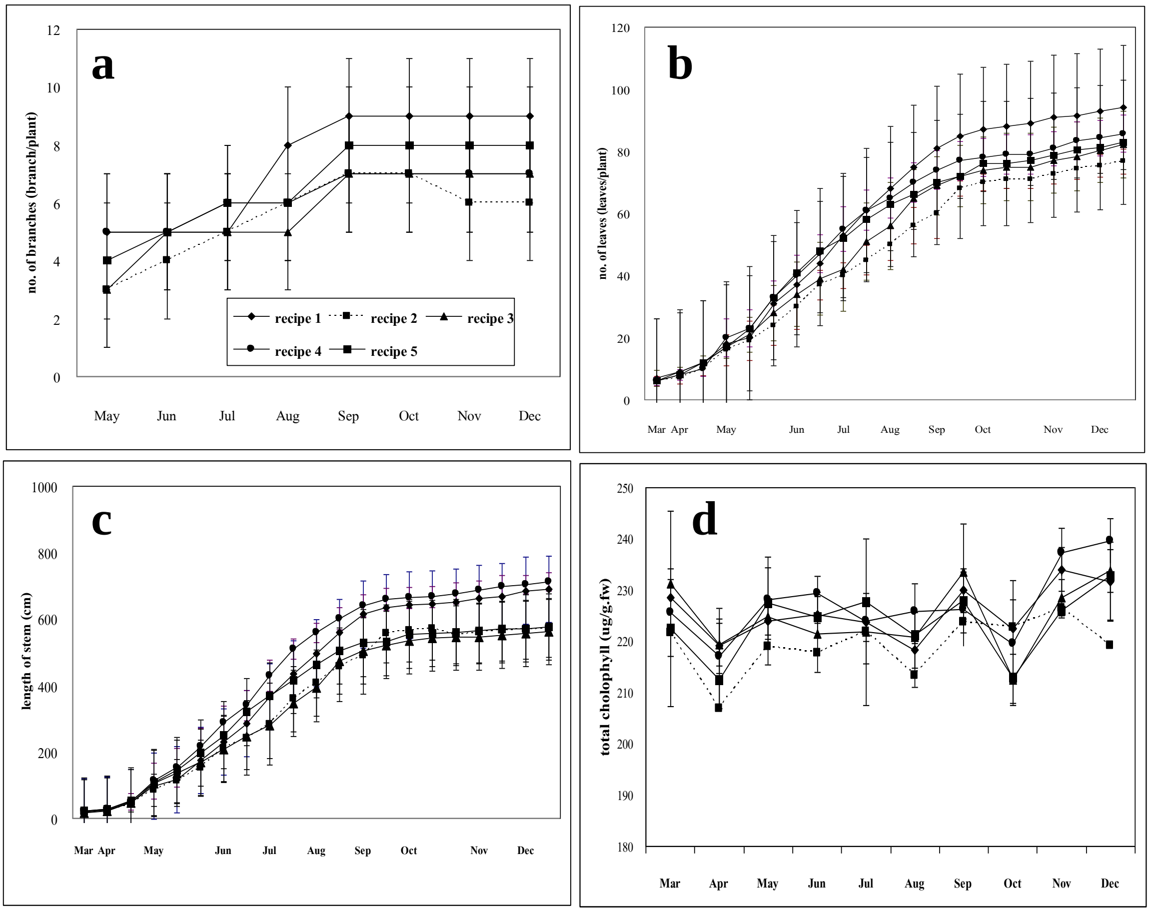


Figure 1 Factors relating to vegetative growth of passion fruit grown in 5 different fertilizer recipes (a) number of branches from the main stem (b) number of leaves from the main stem (c) the length of stem and (d) total chlorophyll contents

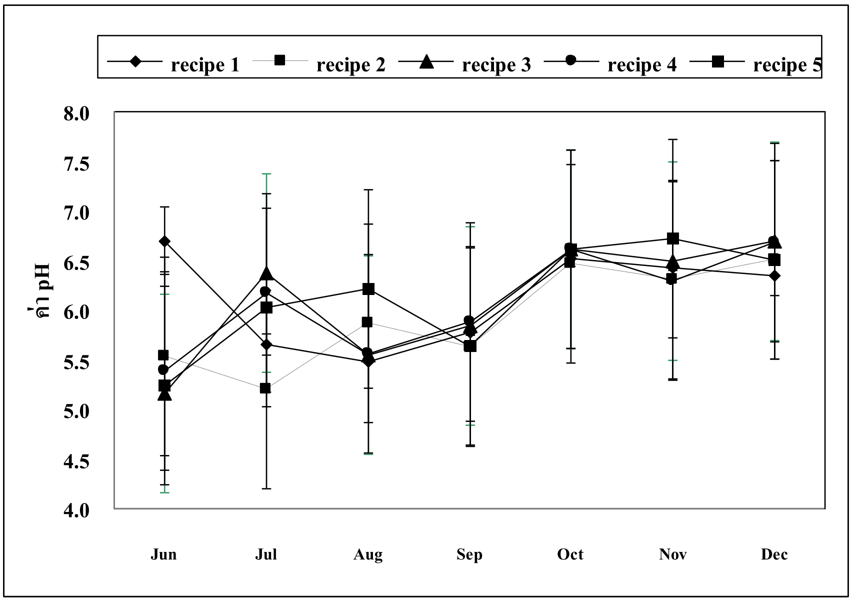


Figure 2 Changes in soil pH during the growth of passion fruit plants when the soil were treated with 5 different fertilizer recipes.

การเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของผลเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธี

Comparison of Quantity and Quality of Passion Fruits Grown in 5 Different Fertilizer Recipes

สิริวัฒน์ บุญชัยศรี[1] **และ ดวงพร ตันติโช**[1]
Boonchaisri, S.[1] and Tuntisho, D.[1]

Abstract

The purpose of this study was to examine the effect of 5 different recipes of fertilizers on the production and quality of passion fruit (*Passiflora laurifolia* L.). The experiment was conducted at Amphur Phan, Chiang Rai from March 2010 – January 2011. Every recipe of fertilizers here was truly used in the actual plots by different local farmers. The 5 recipes of fertilizers were as following: 1) the recipe used by farmers in Amphur Phan (apply chemical fertilizer formulas 15-15-15 and 46-0-0), 2) the recipe invented by the Royal Project (apply fertilizer 15-15-15, 46-0-0, 13-13-21 and 0-0-60), 3) organic fertilizer “Eagle, Star and Red Crab” (apply fertilizer 15-15-15 together with the organic fertilizer), 4) the recipe used by farmers in Amphur Mae-Lao (apply fertilizer 15-15-15, 46-0-0 and 13-13-21), and 5) Enzyme ionic plasma made of apple golden snail. Prior to growing, every hole must be filled up with 150 g of manure before moving the seedling into it. Here, we observed the first day of fruit formation, total fruit weight/plant, total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), ratio of TSS/TA and sensory assessment. The first lot of fruit setting was found to be similar all treatments. The highest production was found in passion tree received the fertilizer recipe 2 following by the tree treated with the recipe 4 (4.39 and 3.69 kg/plant, respectively). TSS and TSS/TA of passion fruits harvested on December were highest in those tree treated with the fertilizer recipe 1 and 3 followed by those treated with the recipe 2. Also the calculation showed that TSS tended to correlate with sensory evaluation score (R = 0.63). In conclusion, the fertilizer recipe 2 should be the most suitable set of fertilizer for a passion fruit production because it gave relatively high quantity and a good flavor.

Keywords: passion fruit, fertilizer, fruit production

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการให้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธีต่อผลผลิตและคุณภาพของเสาวรส (*Passiflora laurifolia* L.) ในแปลงทดลองอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยทดลองปลูกตั้งแต่เดือนมีนาคม 2553 ถึงมกราคม 2554 ชุดปุ๋ยทุกชุดในการทดลองนี้เป็นกรรมวิธีให้ปุ๋ยที่ปฏิบัติจริงในแปลงเสาวรสของชาวสวนในแต่ละพื้นที่ โดยชุดปุ๋ยที่ 1 คือชุดปุ๋ยเกษตรกรอำเภอพาน (ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 46-0-0) 2) ชุดที่ 2 คือชุดปุ๋ยโครงการหลวง (ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 46-0-0, 13-13-21 และ 0-0-60) ชุดที่ 3 คือชุดปุ๋ยอินทรีย์ดาวปูแดง (ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ดาวปูแดง) ชุดปุ๋ยที่ 4 คือชุดปุ๋ยเกษตรกรอำเภอแม่ลาว (ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 46-0-0 และ 13-13-21) และ ชุดปุ๋ยที่ 5 คือชุดปุ๋ยน้ำหมักหอยเชอรี่ที่หมักด้วยเชื้อ พ.ด. 2 ทุกกรรมวิธีรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอก 200 กรัม/ต้น ทำการสังเกตวันแรกที่ติดผล น้ำหนักของผลผลิตต่อต้น ระดับความหวาน (TSS) ปริมาณกรดอินทรีย์ (TA) ค่าสัดส่วนระหว่างความหวานต่อปริมาณกรด (TSS/TA) และการยอมรับโดยผู้บริโภค จากการทดลองพบว่าวันแรกที่ติดผลของทุกการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาผลผลิตพบว่าชุดปุ๋ยที่ 2 ทำให้เสาวรสมีผลผลิตตลอดฤดูกาลสูงที่สุดตามด้วยชุดปุ๋ยที่ 4 (4.39 และ 3.69 กก./ต้น ตามลำดับ) ค่า TSS และ TSS/TA ของผลเสาวรสเดือนธันวาคม พบว่าสูงสุดในกลุ่มที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 1 และ 3 ตามด้วยเสาวรสในชุดปุ๋ยที่ 2 จากการวิเคราะห์พบว่าค่า TSS มีแนวโน้มแปรผันตรงกับคะแนนการยอมรับโดยผู้บริโภค (R = 0.60) สรุปได้ว่าชุดปุ๋ยที่ 2 น่าจะเป็นสูตรที่ส่งเสริมให้ผลผลิตเสาวรสมีปริมาณและคุณภาพเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ผลผลิตปริมาณมากและมีรสชาติดี

คำสำคัญ: เสาวรส ปุ๋ย ผลผลิต

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

[1] Department of Biology, School of Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

คำนำ

เสาวรสเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ และเป็นที่นิยมของผู้บริโภคอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะกลิ่นหอมและรสชาติที่ถูกปาก รวมทั้งมีคุณค่าทางอาหารอีกด้วย โดยพบวิตามินเอซึ่งช่วยในการบำรุงสายตาและผิวพรรณในปริมาณสูง และยังพบปริมาณวิตามินซีถึง 39.1 มก./100 กรัมของน้ำเสาวรส ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าที่พบในน้ำมะนาว นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงสารประกอบต่างๆ จากเมล็ดในเนื้อเสาวรสที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ (Agizzio และคณะ, 2003) พร้อมทั้งมีสรรพคุณช่วยแก้อาการนอนไม่หลับ ลดระดับไขมันในเส้นเลือดและลดแนวโน้มของการเกิดโรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบอีกด้วย (นิตยสารครัว, 2545) ประเทศไทยได้นำพันธุ์เสาวรสเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 และมีชื่อเรียกในภาษาไทยต่างๆ กัน เช่น เสาวรส กะทกรกยักษ์ กะทกรกฝรั่ง กะทกรกสีดาและเสาวรสสีดา เป็นต้น (ธงชัย, 2533) ปัจจุบันความอุดมสมบูรณ์ของดินและทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเพิ่มความอุดมสมบูรณ์คืนแก่ดินเพื่อให้พืชสามารถเพิ่มผลผลิตในพื้นที่เพาะปลูกอันจำกัดได้ การใช้ปุ๋ยเป็นกลวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ดังกล่าว อย่างไรก็ดีการให้ปุ๋ยนั้นต้องเลือกเฟ้นให้เหมาะสมกับสภาพทางภูมิศาสตร์และชนิดของพืชพรรณด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทดลองนำชุดปุ๋ยที่มีการใช้จริงในพื้นที่ต่างๆ 5 กรรมวิธี มากระตุ้นผลผลิตและศึกษาผลกระทบที่มีต่อคุณภาพของเสาวรสที่ปลูกในอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ที่เกษตรกรผู้ปลูกเสาวรสกำลังประสบปัญหาปริมาณผลผลิตที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกต้นกล้าเสาวรส (*Passiflora laurifolia* L.) อายุ 2 เดือน ที่มีขนาดใกล้เคียงกันย้ายปลูกในหลุมขนาด 30×30×30 ซม. วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งต้นเสาวรสออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 10 ต้น รวมทั้งหมด 50 ต้น เพื่อให้ชุดปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธี โดยชุดปุ๋ยทุกชุดเป็นกรรมวิธีการให้ปุ๋ยที่ปฏิบัติจริงในแปลงเสาวรสของชาวสวนในแต่ละพื้นที่ ประกอบด้วยชุดปุ๋ยดังต่อนี้ ชุดปุ๋ยที่ 1 ชุดปุ๋ยเกษตรกรอำเภอพาน (ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 220 กรัม/ต้น และ 46-0-0 150 กรัม/ต้น) ชุดปุ๋ยที่ 2 ชุดปุ๋ยโครงการหลวง (เหมือนชุดปุ๋ยที่ 1 เพิ่มปุ๋ยสูตร 13-13-21 300 กรัม/ต้นและ0-0-60 200 กรัม/ต้น) ชุดปุ๋ยที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์ดาวปูแดง 450 กรัม/ต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 40 กรัม/ต้น ชุดปุ๋ยที่ 4 ชุดปุ๋ยเกษตรกรอำเภอแม่ลาว (เหมือนชุดปุ๋ยที่ 1 แต่เพิ่มปุ๋ยสูตร 13-13-21 300 กรัม/ต้นเท่านั้น) และชุดปุ๋ยที่ 5 ปุ๋ยน้ำหมักหอยเชอรี่ที่หมักด้วยเชื้อ พ.ด. 2 10.5 ลิตร ทุกชุดการทดลองต้องรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกปริมาณ 200 กก. รดน้ำทุกๆ 3 วัน เมื่อเสาวรสเริ่มโตให้ผูกต้นไว้กับเสาไม้ไผ่ที่ต่อกับค้าง บันทึกวันแรกที่ติดผล วัดน้ำหนักของผลเสาวรสด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 1 ตำแหน่ง วัดระดับความหวานของน้ำคั้นผลเสาวรสจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid, TSS) ด้วยเครื่อง refractometer วัดปริมาณกรดอินทรีย์ (Titratable acidity, TA) ด้วยการไตเตรทน้ำคั้นเสาวรสกับสารละลายด่าง 0.1N NaOH ตามวิธีของ (ยงยุทธ, 2539) แล้วคำนวณหาสัดส่วนระหว่างความหวานต่อปริมาณกรด (TSS/TA) สำหรับการยอมรับโดยผู้บริโภคนั้น ใช้ผู้ประเมินจำนวน 5 คนเพื่อชิมน้ำคั้นเสาวรสแล้วให้คะแนนดังนี้ 1 = เปรี้ยวที่สุด 2 = เปรี้ยว 3 = เปรี้ยวอมหวาน 4 = หวาน และ 5 = หวานที่สุด

ผลการทดลอง

อิทธิพลของชุดปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธีพบว่าไม่มีผลต่อระยะเวลาในการติดผลของเสาวรสในการทดลองนี้ ดังพบหลักฐานคือเสาวรสในทุกชุดการทดลองเริ่มติดผลที่ระยะเวลา 110 วันหลังการปลูกเท่ากัน (ไม่แสดงข้อมูล) จากนั้นผลเสาวรสจะสุกจนสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนมกราคมของปีถัดไป เมื่อรวมน้ำหนักผลผลิตทั้งหมดตลอดฤดูกาลปลูกพบว่าชุดปุ๋ยที่ 2 ทำให้เสาวรสมีผลผลิตมากที่สุด (4.39 กก./ต้น) ตามด้วยชุดปุ๋ยที่ 4 (3.69 กก./ต้น) (Table 1) เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านรสชาติของผลเสาวรสที่ผลิตได้ในเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีผลผลิตปริมาณมาก พบว่าระดับความหวาน (TSS) ของเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยทั้ง 5 กรรมวิธีมิได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดีความหวานของเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 1 และ 3 พบว่ามีแนวโน้มสูงที่สุด รองลงมาคือชุดปุ๋ยที่ 2 (Figure 1a) สำหรับปริมาณกรด (TA) ที่วัดได้พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธี แต่ชุดปุ๋ยที่ 4 มีแนวโน้มทำให้น้ำคั้นเสาวรสมีค่า TA สูงที่สุดได้ (Figure 1b) สำหรับอัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ซึ่งบ่งบอกความเปรี้ยวหวานของผลไม้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันทุกกลุ่มการทดลอง ยกเว้นกลุ่มเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 4 ที่มีค่า TSS/TA ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ (Figure 1c) สำหรับคะแนนการยอมรับโดยผู้บริโภคนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยแตกต่างกัน แต่จากแนวโน้มเห็นได้ว่าเสาวรสในชุดที่ได้รับคะแนนการยอมรับโดยผู้บริโภคสูงที่สุดคือเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 1 ตามด้วย

เสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 2 (Figure 1) เมื่อทำการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับโดยผู้บริโภคกับคุณภาพทางด้านรสชาติทั้ง 3 ตัวแปรข้างต้นคือ TSS, TA และ TSS/TA จะเห็นได้ว่าคะแนนด้านรสชาติมีแนวโน้มแปรผันตรงกับค่า TSS มากที่สุด (R = 0.60)

วิจารณ์ผล

การติดผล (fruit set) ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ โดยเริ่มพิจารณาตั้งแต่ระยะเวลาในการผลิดอกซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยทั้งภายนอกและภายใน เช่น การถ่ายละอองเรณูที่เกี่ยวพันกับอายุของเซลล์สืบพันธุ์และปริมาณของตัวผสมเกสร ไปจนถึงการปฏิสนธิที่เกี่ยวข้องกับสภาวะอากาศและความเหมาะสมทางด้านพันธุกรรม ดังนั้นการให้ปุ๋ยที่แตกต่างกันแม้จะทำให้ค่า C/N ratio ภายในพืชเปลี่ยนไป แต่พืชยังต้องการปัจจัยภายนอกอื่นๆ เพื่อให้การติดผลประสบความสำเร็จ ดังนั้นการที่เสาวรสในการทดลองนี้มีการติดผลพร้อมกันน่าจะมีสาเหตุจากต้นเสาวรสได้รับปัจจัยภายนอกสม่ำเสมอและเท่าเทียมกัน อย่างไรก็ดีปริมาณผลผลิตตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว (เดือนกันยายนถึงมกราคม) ของเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 2 ให้ผลผลิตมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากการที่ชุดปุ๋ยที่ 2 มีการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 และ 0-0-60 ซึ่งคล้ายคลึงกับการให้ปุ๋ยแก่ลำไยอันมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการผลิดอกติดผล และส่งเสริมให้ผลผลิตมีคุณภาพ รสชาติ ความหวาน และน้ำหนักของผลเพิ่มขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2551) การที่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 และ 0-0-60 ส่งเสริมปริมาณและคุณภาพของผลผลิตสูงขึ้นน่าจะเป็นเพราะอิทธิพลของธาตุโปแตสเซียมปริมาณมากในปุ๋ยมีผลส่งเสริมการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลจากใบแก่ (source) ไปสู่ผล (sink) มากขึ้น ทำให้การสะสมอาหารและการพัฒนาผล (fruit development) มีประสิทธิภาพสูงกว่าเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยกรรมวิธีอื่น แต่เมื่อพิจารณาในประเด็นคุณภาพด้านรสชาติ พบว่าชุดปุ๋ยที่ 1 ให้คุณภาพดีที่สุดทั้งในแง่ของระดับความหวาน (TSS และ TSS/TA) และระดับการยอมรับโดยผู้บริโภค ตามด้วยเสาวรสในชุดปุ๋ยที่ 2 เพราะระดับความหวานและการยอมรับโดยผู้บริโภคสูงเป็นอันดับที่สอง ผลการทดลองนี้ขัดแย้งกับผลการศึกษาในสับปะรด ฝรั่ง ลองกอง และ ท้อ ที่พบว่าหากให้ธาตุโพแทสเซียมปริมาณสูงแก่พืชจะทำให้มีการสะสมน้ำตาลในผลสูง (จำเป็น, 2553) ดังนั้นในการทดลองนี้เสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 2 ซึ่งได้รับปุ๋ยสูตร 13-13-21 และ 0-0-60 เพิ่มเติม ควรมีค่า TSS สูงกว่าเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 1 อย่างไรก็ดีในการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยต่อคุณภาพของผลส้ม พบว่าการให้โพแทสเซียมปริมาณมากจะส่งผลให้มีการสะสมกรดและวิตามินซีแทน (ยงยุทธ, 2539) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงยืนยันว่าผลไม้แต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อปุ๋ยแตกต่างกันในแง่ของคุณภาพด้านรสชาติ ดังนั้นการให้ธาตุโพแทสเซียมแก่เสาวรสนั้นต้องกระทำในปริมาณที่เหมาะสม มิฉะนั้นเสาวรสจะสะสมของแข็งละลายน้ำได้น้อยลงแต่สะสมกรดเพิ่มขึ้น

สรุปผล

การให้ชุดปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธีไม่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาในการติดผลของต้นเสาวรส แต่มีผลทำให้ปริมาณและคุณภาพด้านรสชาติของผลเสาวรสแตกต่างกัน โดยชุดปุ๋ยที่ 2 ทำให้เสาวรสมีผลผลิตมากที่สุดแต่มีคุณภาพด้านรสชาติเป็นอันดับสองรองจากเสาวรสที่ได้รับชุดปุ๋ยที่ 1 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ารสชาติของเสาวรสเมื่อประเมินโดยผู้บริโภคมีแนวโน้มสัมพันธ์กับระดับความหวานของผลเสาวรส จากการทดลองสรุปได้ว่าชุดปุ๋ยที่ 2 น่าจะเป็นสูตรที่ทำให้ผลเสาวรสมีปริมาณและคุณภาพเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ผลผลิตปริมาณมากและมีรสชาติดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2551, ปุ๋ย-สารประกอบที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช, [สืบค้น], http://www.ssnm.agr.ku.ac.th/main/Know/ Ferti.htm. [23/June/ 2010].

จำเป็น อ่อนทอง, 2553, ธาตุอาหารกับความหวานของผลไม้, [สืบค้น], http://spare.psu.ac.th/blog/marky12/17332. [9/July/2554].

ธงชัย เนมขุนทด, 2533, แพสชั่นฟรุ๊ต: โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, เรืองแสงการพิมพ์, กรุงเทพฯ, น. 10-12.

นิตยสารครัว ปีที่ 6 ฉบับที่ 64, 2545, เสาวรสแก้โรคนอนไม่หลับ, [สืบค้น], http://naichef.50megs.com/passion.html [12/October/2010].

ยงยุทธ ข้ามสี่, 2539, สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน (พส 430), เอกสารคำสอน, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, น. 161-163.

Agizzio, A.P., Carvalho, A.O., Ribeiro, S.F.F., Machado, O.L.T., Alves, E.W., Okorokov, L.A., Samarão, S.S., Jr. Bloch, C., Prates, M.V. and Gomes, V.M., 2003, A 2S Albuminhomologous Protein from Passion Fruit Seeds Inhibits the Fungal Growth and Acidification of the Medium by *Fusarium oxysporum*, Arc. Biochem. Bioph., 416: 188-195.

Table 1 Fruit weight of passion fruits grown in 5 different fertilizer recipes.

Month	Fruit weight (kg/plant)					
	recipe 1	recipe 2	recipe 3	recipe 4	recipe 5	Average
September	0.48 (0.0042)[a]	**0.52**[b](0.0029)	0.21 (0.0048)	0.24 (0.0025)	0.23 (0.0019)	1.68
October	0.53 (0.0033)	0.47 (0.0047)	0.43 (0.0056)	**0.60** (0.0031)	0.38 (0.0024)	2.41
November	0.82 (0.0036)	**1.31** (0.0048)	0.95 (0.0033)	1.05 (0.0036)	1.04 (0.0045)	5.17
December	0.80 (0.0019)	**1.19** (0.0038)	0.94 (0.0053)	1.10 (0.0039)	0.97 (0.0034)	5
January	0.55 (0.0016)	0.9 (0.0047)	0.61 (0.0046)	**0.7** (0.0033)	0.63 (0.0041)	3.39
Average	3.18	**4.39**	3.14	3.69	3.25	17.65

[a] The numbers in the brackets are standard deviation of each value.

[b] Those numbers in bold indicate the highest weight in each row.

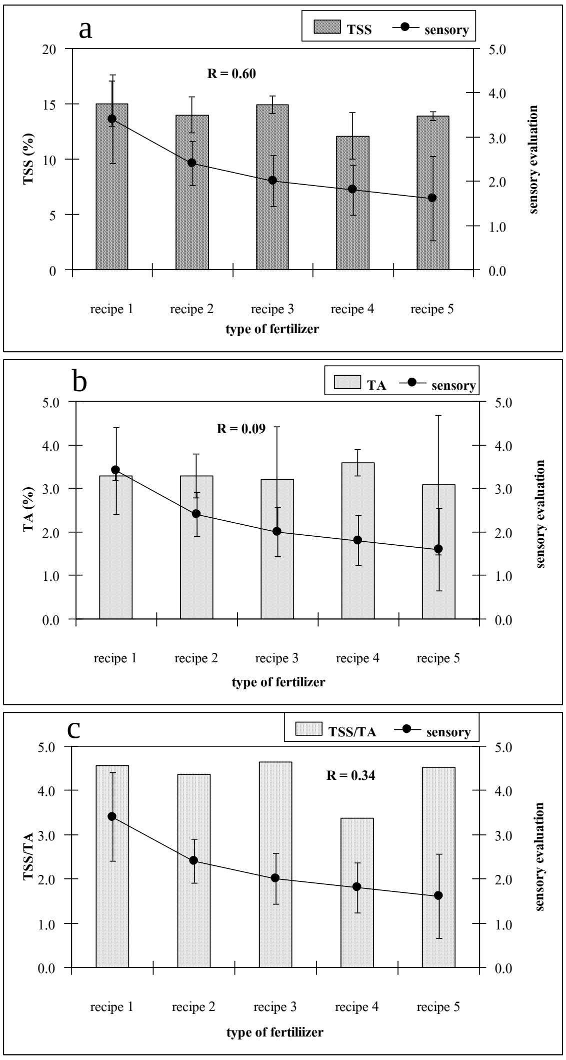


Figure 1 Flavor quality of passion fruits grown in 5 different fertilizer recipes. a) sweetness measured as the amount of total soluble solid (TSS), b) sourness measured as percentage of tritatable acidity (TA), and c) the ratio of TSS/TA which reflect the flavor of fruits. Every graph contains the sensory evaluation values assessed by the test panel. The correlation (R) between each factor and the sensory evaluation values are also shown in each graph.

การเจริญของผลฝรั่งพันธุ์เซินจู
Fruit Development of 'Zhean Ju' Guava

กวิศร์ วานิชกุล[1] และ ปาริฉัตร แพ่งผล[1]
Wanichkul, K.[1] and Pengpon, P.[1]

Abstract

A study on fruit development of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Zhean Ju was carried out from July to October, 2010. This experiment was divided into 2 parts. The first part was done to determine the development of 10 guava fruits which were attached on the tree, by measuring the fruit width and length. The second was done to determine the growth of 5 guava fruits which were randomly collected, by recording fresh weight, fruit length and width and volume, flesh thickness, density, titratable acidity, percentage of recovery and total soluble solids. The results indicated that the growth of guava fruit from anthesis to fully mature took 18 weeks. The fruit growth model in width, length fresh weight and volume was similar to double sigmoidal curve. The width and length of attached fruits increased in the same manner as the randomly detached ones. The fresh weight and volume increased slowly in week 5-10 . After that they increased quickly until they were fully mature. Moreover, the titratable acidity content and the pulp firmness decreased from week 10 until fruits were ripe, whereas the total soluble solids increased slowly from week 5 to fully mature. Pulp thickness and the recovery percentage gradually increased until maturity period.

Keywords: fruit, development, guava, Zhean Ju

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญของผลฝรั่งพันธุ์เซินจู ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม – ตุลาคม พ.ศ. 2553 แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ตรวจสอบการเจริญของผลฝรั่งที่ติดบนต้น 10 ดอก โดยวัดความกว้าง ความยาวของผล ตอนที่ 2 ตรวจสอบการเจริญของผลฝรั่งที่เก็บจากต้นมาวัดโดยสุ่มเก็บสัปดาห์ละ 5 ผล เพื่อวัดน้ำหนักสด ความกว้างผล ความยาวผล ปริมาตร ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เปอร์เซ็นต์ส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าการเจริญของผลฝรั่งหลังดอกบานจนถึงผลสุกใช้เวลา 18 สัปดาห์ รูปแบบการเจริญเติบโตด้านความกว้าง ความยาว น้ำหนักสดและปริมาตรของผล เป็นแบบคล้าย double sigmoidal curve ส่วนความกว้างและความยาวผลบนต้น เพิ่มขึ้นในลักษณะเช่นเดียวกับผลที่สุ่มมาวัด ค่าน้ำหนักสดและปริมาตรเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆในสัปดาห์ที่ 5-10 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งผลสุกเต็มที่ นอกจากนี้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และความแน่นเนื้อลดลง ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 จนกระทั่งผลสุก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 จนกระทั่งผลสุก ขณะที่ความหนาเนื้อและเปอร์เซ็นต์ส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผล เพิ่มขึ้นจนถึงระยะผลสุกเต็มที่

คำสำคัญ: ผลไม้ การเจริญ ฝรั่ง เซินจู

คำนำ

ฝรั่งพันธุ์เซินจู (ชื่อเรียกอื่น คือ เจินจูหรือกิมจู) ผลกลมมีขนาดปานกลาง มีเมล็ดน้อย คล้ายกับฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองผิวค่อนข้างเรียบ ฝรั่งพันธุ์นี้นำเข้ามาจากไต้หวันเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2542 (ประทีป, 2535) การเจริญของผลมี 2 แบบ คือ single sigmoidal curve พบในสับปะรด มะม่วง ส้ม (Coombe, 1976) เป็นต้น และ double sigmoidal curve พบในมะเดื่อ องุ่น (Coombe,1976) เป็นต้น มีการศึกษาการเจริญของผลฝรั่งพบว่าอายุการเจริญตั้งแต่หลังดอกบานจนผลมีการพัฒนาเต็มที่ (maturation) ใช้เวลา 16 สัปดาห์ (Yusof และ Suhaila, 1987) ในผลฝรั่งพันธุ์เย็นสอง พบว่าหลังจากดอกบานจนกระทั่งผลสุกใช้เวลา 20 สัปดาห์ มีรูปแบบการเจริญด้านความกว้าง ความยาวของผล แบบ double sigmoidal curve มีค่า total soluble solids และเปอร์เซ็นต์ recovery เพิ่มขึ้นตลอดจนกระทั่งผลสุก (ศิริธนา, 2539) คล้ายผลการ

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University Kamphaengsaen campus, Nakhon Pathom province 73140

ทดลองที่พบในการเจริญของผลฝรั่งพันธุ์กลมสาลี (ทัศน์วรรณ, 2539) ปัจจุบันไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญของผลฝรั่งพันธุ์เซินจู ดังนั้นจึงศึกษาการเจริญของฝรั่งพันธุ์เซินจู เพื่อที่จะนำมามาใช้ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงและพัฒนาทางด้านคุณภาพและปริมาณของผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการเจริญเติบโตของผลฝรั่งพันธุ์เซินจูที่ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม พ.ศ. 2553 โดยใช้ต้นฝรั่งพันธุ์เซินจู ซึ่งมีอายุประมาณ 2 ปี จำนวน 5 ต้น ที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ 1) ศึกษาการเจริญเติบโตของผลที่อยู่บนต้น โดยแขวนป้ายดอกที่เริ่มบานพร้อมกันที่ต้น ต้นละ 10 ดอก บันทึกความกว้างและความยาวผล ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 หลังดอกบานจนผลสุกเต็มที่ สัปดาห์ละครั้งโดยใช้ vernier calipers ตั้งแต่เริ่มติดผลจนกระทั่งผลสุกเต็มที่ ห่อผลเมื่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.50 เซนติเมตร ด้วยถุงพลาสติกและห่ออีกชั้นด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ 2) ศึกษาการเจริญของผลที่เก็บจากต้น เก็บผลฝรั่งที่ติดผลพร้อมกันสัปดาห์ละ 5 ผล บันทึกข้อมูล ความกว้างและความยาวของผล สีผิวผล ด้วย color meter รุ่น (CR-10, Minolta, Japan) น้ำหนักผล ปริมาตรผล ความแน่นเนื้อโดย penetrometer ใช้หัววัดขนาด 0.5 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ ร้อยละของส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผล ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solids, TSS) และปริมาณกรด (titratable acidity, TA) ในน้ำคั้นจากเนื้อผลด้วย hand refractometer และ วิธี titration นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและแสดงผลการทดลองในรูปแบบของกราฟและตาราง

ผลการทดลอง

ช่วงเวลาการเจริญของผลหลังจากดอกบานจนกระทั่งผลสุกของฝรั่งพันธุ์เซินจูใช้ระยะเวลา 18 สัปดาห์ จากการวัดความกว้างและความยาวของผลที่ติดบนต้นพบว่า มีรูปแบบการเจริญเป็นแบบคล้าย double sigmoidal curve (Figure 1) ส่วนการวัดค่าจากผลที่เก็บจากต้นพบว่าเป็นไปในทำนองเดียวกัน แต่กราฟที่ได้จากการวัดจากผลที่ติดบนต้นมีความสม่ำเสมอมากกว่า (Figure 2) การเปลี่ยนแปลงของสีผิว ค่า L* เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 11 หลังติดผล ช้าลงในสัปดาห์ที่ 12 ถึง สัปดาห์ที่ 18 หลังดอกบานค่า a* ในสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 10 หลังดอกบานเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 ถึงสัปดาห์ที่ 14 หลังดอกบานค่า a* เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนในช่วงสัปดาห์ที่ 17 ถึงสัปดาห์ที่ 18 หลังดอกบานค่า a* เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ค่า b* มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับค่า L* (Figure 3)

ค่าน้ำหนักสดของผลในสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 10 หลังดอกบานเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกครั้งจนกระทั่งผลสุกแก่ ส่วนปริมาตรผลเพิ่มขึ้นในลักษณะเช่นเดียวกับน้ำหนักสด (Figure 4) ความหนาเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ 10 ดอกบานในช่วงสัปดาห์ที่ 11 ถึงสัปดาห์ที่ 18 หลังดอกบาน ความหนาเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Figure 5) ความแน่นเนื้อจากสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 7 หลังดอกบานลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 18 หลังดอกบาน (Figure 6) ร้อยละของส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผลมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 18 หลังดอกบาน การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จากน้ำคั้นของเนื้อผลเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 จนถึงสัปดาห์ที่ 9 หลังดอกบาน และพบว่าเมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 9 จนถึงสัปดาห์ที่ 16 หลังดอกบาน เพิ่มขึ้นอย่างช้าจากนั้นจน ถึงสัปดาห์ที่ 18 หลังดอกบาน เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Figure 7) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 10-14 หลังดอกบาน ในสัปดาห์ที่ 15 ถึงสัปดาห์ที่ 17 หลังดอกบาน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าค่อนข้างคงที่ หลังจากนั้นลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงผลสุก (Figure 8)

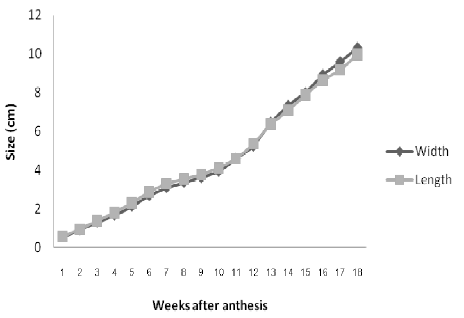


Figure 1 Width and length of 'Zhean Ju' guava fruits attached on tree from anthesis until ripe

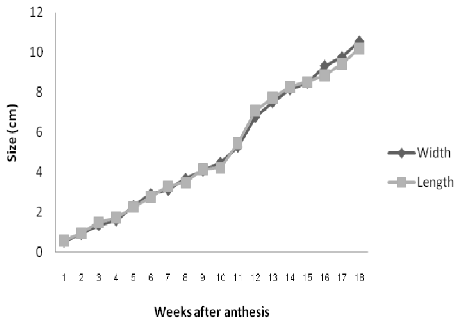


Figure 2 Width and length of 'Zhean Ju' guava fruits detached from tree from anthesis until ripe

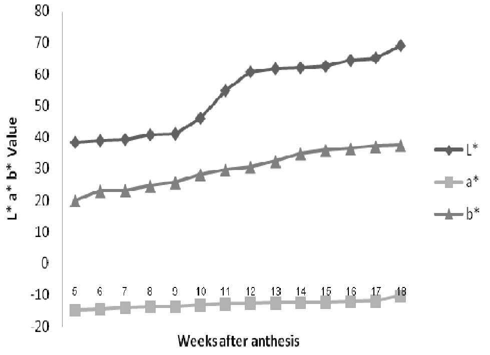


Figure 3 L* a* b* value of 'Zhean Ju' guava fruits from anthesis until ripe

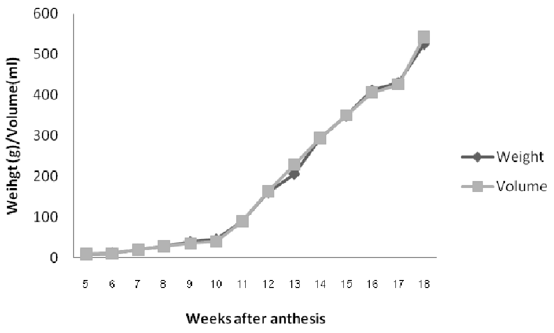


Figure 4 Weight and volume of 'Zhean Ju' guava fruits from 5th weeks after anthesis until ripe

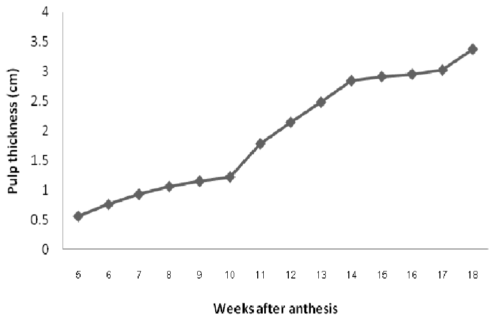


Figure 5 Pulp thickness of 'Zhean Ju' guava fruits from 5th weeks after anthesis until ripe

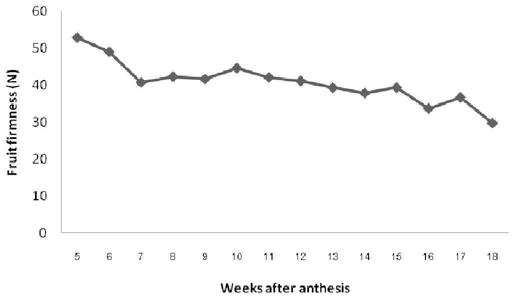


Figure 6 Fruit firmness 'Zhean Ju' guava from 5th weeks after anthesis until ripe

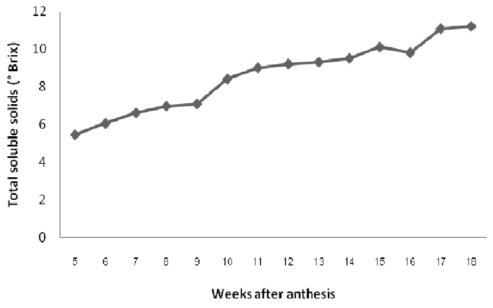


Figure 7 Total soluble solids of 'Zhean Ju' guava fruits from 5th weeks after anthesis until ripe

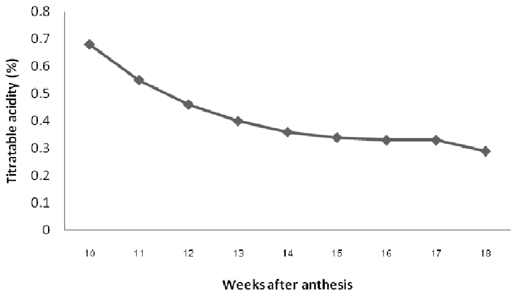


Figure 8 Tritatable acidity of 'Zhean Ju' guava fruits from 10th weeks after anthesis until ripe

วิจารณ์ผล

รูปแบบการเจริญของผลจากค่าความกว้างและความยาวผลเป็นแบบคล้าย double sigmoidal curve สอดคล้องกับผลการศึกษาในฝรั่ง 4 พันธุ์ คือ Allahabad, Safeda, Banaras และ Seedless (Srivastava และ Narasimhan, 1967) ในฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ (ทัศน์วรรณ, 2539) และพันธุ์เย็นสอง (ศรีธนา, 2539) แต่ช่วงเวลาที่ใช้ในการเจริญแตกต่างกันไปบ้าง ซึ่งอาจเป็นผลจากความแตกต่างระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อมในขณะที่ศึกษา ผลจากการวัดสีผิวผลฝรั่งพันธุ์เซินจูพบว่าค่า L* มีสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับค่า a* และ b* คือค่า a* มีเพิ่มขึ้นแสดงว่ามีสีเขียวน้อยลงหรือจางลง ส่วนค่า b* เพิ่มขึ้นแสดงว่ามีสีเหลืองเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Patterson (1970) และ Wills และคณะ (1981) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หลังติดผลมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (maturation) เนื่องมาจากผลฝรั่งมีการสะสมน้ำตาลในระหว่างการพัฒนาของผล สำหรับความแน่นเนื้อแสดงผลตรงกันข้ามซึ่งผลที่ได้ซึ่งสอดคล้องกับในผลไม้อื่น คือในระยะผลอ่อนมีเนื้อที่แข็งมาก แต่เมื่อเข้าสู่ระยะบริบูรณ์หรือสุกเกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อทำให้เนื้อนิ่มลง (กาญจนา, 2538) ค่าร้อยละของส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผลเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 ถึงสัปดาห์ที่ 18 หลังดอกบานแสดงว่าในช่วงนี้ส่วนของเนื้อมีการพัฒนาและขยายตัวเพิ่มขึ้นหลังจากส่วนของเมล็ดเจริญเต็มที่ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดต่ำลงเมื่อผลฝรั่งมีอายุเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับในฝรั่งพันธุ์อื่นๆ (ทัศน์วรรณ,2539; ศรีธนา, 2539) โดยค่าปริมาณกรดลดลงเนื่องจากความบริบูรณ์ของผลไม้ เพราะผลใช้กรดบางส่วนเป็นสารตั้งต้น (substrate) สำหรับการหายใจ หรือเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล (Patterson, 1970; Wills และคณะ, 1981) ระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลฝรั่งพันธุ์เซินจูในการศึกษาครั้งนี้คือ ในสัปดาห์ที่ 16 หลังดอกบาน ซึ่งมีคุณภาพพอเหมาะสำหรับการจำหน่ายในลักษณะฝรั่งกินดิบ

สรุปผล

การเจริญของผลฝรั่งพันธุ์เซินจูตั้งแต่หลังดอกบานจนถึงผลสุกเต็มที่ใช้เวลา 18 สัปดาห์ การเจริญที่วัดค่าจากความกว้าง และความยาวของผลเป็นแบบคล้าย double sigmoidal curve เมื่อเริ่มติดผล ผลของฝรั่งมีความยาวมากกว่าความกว้าง แต่เมื่อผลแก่มีความกว้างมากกว่าความยาว น้ำหนักสดและขนาดของผลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เปลือกมีสีเขียวจางลงปรากฏสีเหลืองมากขึ้น ความแน่นเนื้อและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงเรื่อยๆ ขณะที่ผลฝรั่งเจริญปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีค่าอยู่ในช่วง 6 – 11.2 ^{o}Brix และเปอร์เซ็นต์ส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผลมีค่าสูงสุดที่ 96.67%

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา กุลวิทิต, 2538, เอกสารประกอบการสอนวิชา 03-131-411 สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ และผัก, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, กาฬสินธุ์, 151 หน้า.

ทัศน์วรรณ ทองพูน, 2539, การศึกษาการเจริญเติบโตของผลฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 25 หน้า.

ประทีป กุณาศล, 2535, ฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่, กสิกร, 54(2): 105-108.

ศรีธนา ชุมวิสูตร, 2539, การศึกษาการเจริญเติบโตของผลฝรั่งพันธุ์เย็นสอง, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 26 หน้า.

Coombe, B.G., 1976, The Development of Fleshy Fruits, Ann. Rev. Plant Physiol., 27: 507-528.

Patterson, M.E., 1970, The Role of Ripening in the Affairs of Man, HortScience, 5(1): 30-33.

Srivastava, H.C. and Narasimhan, P., 1967, Physiological Studies During the Growth and Development Of Different Varieties of Guavas (*Psidium guajava* L.), J. Hort. Sci., 42(1): 97-104.

Wills, R.H.H., Lee, T.H., Grapham, D., Mcglasson, W.B. and Hall, E.G.,1981, Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables, New South Wales University Press, Sydney, 161 p.

Yusof, S. and Suhaila, M., 1987, Physico-chemical in Guava (*Psidium guajava* L.) During Development and Maturation, J. Science Food Agric, 38(1): 31-39.

ผลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Chardonnay ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน

Effect of Different Rootstocks on Growth, Yield, Fruit Quality and Wine Quality of 'Chardonnay' Grape on Alkaline Soil Derived from Limestone

สุรศักดิ์ นิลนนท์[1] รัฐพล ฉัตรบรรยงค์[1] และจิระนิล แจ่มเกิด[1]
Nilnond, S.[1], Chatbanyong, R.[1] and Jaemkerd, J.[1]

Abstract

A study of growth, yield and wine quality of 'Chardonnay' grape grown on alkaline soil derived from limestone was carried out using 'Chardonnay' grape cuttings (own-rooted) and 'Chardonnay' grape budded on 9 different grape rootstocks, namely: 110R, 140Ru, 1103P, 5BB, 5C, 8B, SO4, Ramsey and 1613C. The results revealed that 'Chardonnay' grape budded on 9 different grape rootstocks and own-rooted significantly affected on growth, yield, fruit and wine quality. 'Chardonnay' grape budded on different rootstocks showed under growth symptom except for those budded on 110R, 5C, 8B, and Ramsey showed over growth symptom. 'Chardonnay' grape budded on 1613C rootstock gave the highest yield per vine but did not significantly differ from other rootstocks except for 8B rootstock and own-rooted. 'Chardonnay' grape budded on all rootstocks have higher TSS compared to the own-rooted except for Ramsey, 1103P and 5BB rootstocks gave the lowest TSS. 'Chardonnay' grape budded on all rootstocks gave TA and juice pH not significantly differ from own-rooted except for 140Ru rootstock that had higher TA and lower juice pH than own-rooted. Wine produced from 'Chardonnay' grape budded on Ramsey, 110R, 1613C and SO4 grape rootstocks gave highest score of sensory evaluation.

Keywords: rootstock, wine grape, limestone

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Chardonnay ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน โดยใช้กิ่งปักชำขององุ่นพันธุ์ Chardonnay และติดตาองุ่นพันธุ์ Chardonnay บนต้นตอองุ่นจำนวน 9 พันธุ์คือ 110R, 140Ru, 1103P, 5BB, 5C, 8B, SO4, Ramsey และ 1613C พบว่า องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอองุ่นพันธุ์ต่างๆ รวมทั้งกิ่งปักชำ มีการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์แตกต่างกันทางสถิติ องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์แสดงอาการ under growth ยกเว้นใช้ต้นตอพันธุ์ 110R, 5C, 8B, และ Ramsey แสดงอาการ over growth การติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1613C ให้น้ำหนักผลผลิตสูงสุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ต้นตอพันธุ์อื่นๆ ยกเว้นการใช้ต้นตอพันธุ์ 8B และกิ่งปักชำ การติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้เปอร์เซ็นต์ TSS ของน้ำคั้นสูงกว่ากิ่งปักชำยกเว้นการใช้ต้นตอพันธุ์ Ramsey, 1103P และ 5BB ให้เปอร์เซ็นต์ TSS ต่ำสุด การติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้เปอร์เซ็นต์ TA และค่า pH ของน้ำคั้นไม่แตกต่างจากการปลูกด้วยกิ่งปักชำ ยกเว้นการใช้ต้นตอพันธุ์ 140Ru ให้เปอร์เซ็นต์ TA สูงกว่า และค่า pH ต่ำกว่ากิ่งปักชำ องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey, 110R, 1613C และ SO4 เมื่อนำมาทำไวน์ ได้รับคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุด

คำสำคัญ: ต้นตอ องุ่นทำไวน์ หินปูน

คำนำ

Chardonnay เป็นองุ่นชนิด *Vitis vinifera* L. นิยมปลูกกันมากเพื่อใช้ผลิตไวน์ขาว เป็นพันธุ์ที่แตกตาเร็ว โตเร็ว ทนทานต่อโรคราน้ำค้างได้บ้าง แต่ไม่ทนทานต่อโรคราแป้ง โรคผลเน่า และไส้เดือนฝอย (Galet, 1980) ซึ่งเป็นปัญหา

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Jatujak, Bangkok, 10900

สำคัญในการปลูกองุ่นทำให้รากผิดปกติมีลักษณะเป็นปม องุ่นชนิดที่สามารถต้านทานไส้เดือนฝอยได้ ได้แก่ *V. champini*, *V. cinerea* และ *V. longii* (Mullins และคณะ, 1992) สำหรับในประเทศไทยนิยมใช้ต้นตอพันธุ์ 1613C เป็นลูกผสมระหว่าง Solonis × Othello 1613 มีการเจริญเติบโตปานกลาง ทนต่อสภาพดินชื้นแฉะ ต้านทานไส้เดือนฝอยได้ดี แต่ไม่ทนต่อดินด่าง ทำให้ยอดพันธุ์ดีแสดงอาการใบเหลือง (Chlorosis) ดินด่าง คือ ดินที่มีระดับ pH สูงเกินกว่า 7 เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นด่าง เช่น หินปูน หินปูนในประเทศไทยมีอยู่มากพอประมาณในแถบจังหวัดสระบุรี ลพบุรี นครราชสีมา และกาญจนบุรี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งค่า pH ที่เป็นด่างของดินมีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพขององุ่นและไวน์ด้วย จะสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ต้นตอองุ่นที่เหมาะสมเช่น Richter, Ruggeri, Paulsen, 5BB, 5C, 8B, SO4 และ Ramsey (Galet, 1980) ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาหาต้นตอองุ่นที่ส่งผลให้องุ่นพันธุ์ Chardonnay ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน เจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตดี มีคุณภาพ และให้ไวน์ที่มีคุณภาพดีด้วย เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรและอุตสาหกรรมการปลูกองุ่นลดความเสี่ยงและประสบผลสำเร็จในการผลิตองุ่นที่ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูนได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองโดยปลูกองุ่นที่สถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกาญจนบุรี เมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2551 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินเท่ากับ 7.72 โดยใช้ระยะปลูก 1.5 x 4 เมตร ทำค้างแบบตัว T และมุงหลังคาพลาสติก วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design แบ่งการทดลองเป็น 10 treatment มี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ 4 ต้น รวมเป็น 120 ต้น การทดลองประกอบด้วย treatment จำนวน 10 treatment ดังนี้ (1) Control (กิ่งปักชำขององุ่นพันธุ์ Chardonnay) (2) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 110R (3) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru (4) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1103P (5) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 5BB (6) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 5C (7) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 8B (8) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ SO4 (9) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey และ (10) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1613C

เก็บและบันทึกข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นที่ตำแหน่งบนและล่างจากจุดติดตา 5 เซนติเมตร ที่ระยะตัดแต่งกิ่งหลังปลูก 11 เดือน (วันที่ 2 พฤศจิกายน 2552) เก็บผลผลิตเมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2553 โดยศึกษา ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ จำนวนช่อดอกต่อต้น น้ำหนักช่อผล ผลผลิตต่อต้น และคุณภาพของน้ำองุ่น จากนั้นนำผลผลิตที่ได้มาผลิตไวน์แล้วทดสอบคุณภาพของไวน์โดยผู้เชี่ยวชาญในการชิมไวน์จำนวน 3 คน มีเกณฑ์การให้คะแนน 5 คะแนนโดย 5 หมายถึงมากที่สุดและ 1 หมายถึง น้อยที่สุด ใช้ระยะเวลาในทดลองตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2551 ถึงเดือน สิงหาคม 2553

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของต้นตอทุกพันธุ์ที่ระยะตัดแต่งกิ่ง (11 เดือนหลังจากปลูก) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้น 2.2-3.0 เซนติเมตร ส่วนองุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0-2.9 เซนติเมตร การเจริญเติบโตขององุ่นพันธุ์ Chardonnay เป็นแบบ over growth ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru, 1103P, 5BB, SO4 และ 1613C เป็นแบบ under growth สำหรับกิ่งปักชำพันธุ์ Chardonnay ให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Ferroni และ Scalabrelli (1995) ที่พบว่าขนาดลำต้นขององุ่นพันธุ์ Chardonnay มีขนาดเล็กลงเมื่อติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1130P และ 5BB

องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์รวมทั้งกิ่งปักชำมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่ต้นตอทุกพันธุ์มีแนวโน้มให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงกว่ากิ่งปักชำ (Table 1)

องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้จำนวนช่อดอกต่อต้น (1-4 ช่อ) ไม่แตกต่างจากกิ่งปักชำซึ่งให้จำนวนช่อดอกต่อต้น 1.33 ช่อ ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1613C, 110R และ Ramsey ให้จำนวนช่อดอกต่อต้นสูงที่สุดคือ 4.50, 4.28 และ 4.00 ช่อตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Climaco และคณะ (1999) ที่รายงานว่าต้นตอมีอิทธิพลต่อจำนวนช่อดอก และผลผลิตขององุ่นพันธุ์ดี

องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์รวมทั้งกิ่งปักชำให้น้ำหนักเฉลี่ยของช่อผลไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่ต้นตอทุกพันธุ์มีแนวโน้มให้น้ำหนักเฉลี่ยของช่อผลสูงกว่ากิ่งปักชำ (Table 1 และ Figure 1)

องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้น้ำหนักผลผลิต (0.10-0.48 กิโลกรัมต่อต้น) ไม่แตกต่างจากกิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Chardonnay (0.12 กิโลกรัมต่อต้น) ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1613C ให้ผลผลิตสูงที่สุด (0.48 กิโลกรัมต่อต้น) (Table 1) อย่างไรก็ตามการปลูกโดยไม่ใช้ต้นตอทำให้อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยในดิน (ปวิณ, 2504)

องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้เปอร์เซ็นต์ total soluble solids (TSS) (18.13-18-80 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่ากิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Chardonnay ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ TSS 18.07 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey, 1103P และ 5BB ให้เปอร์เซ็นต์ TSS ต่ำสุด 17.70, 17.47 และ 17.27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้เปอร์เซ็นต์ tritratable acidity (TA) (0.37-0.49 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่ากิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Chardonnay ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ TA 0.40 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru และ SO4 ให้เปอร์เซ็นต์ TA สูงสุด (0.49 และ 0.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) (Table 1) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้ค่า pH (3.53-3.74) ต่ำกว่ากิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Chardonnay ซึ่งให้ค่า pH (3.74) ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey และ 1613C ให้ค่า pH เท่ากับกิ่งปักชำ (3.74 และ 3.74 ตามลำดับ) (Table 1)

องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 110R, SO4, Ramsey และ 1613C ได้คะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุด (5 คะแนน) องุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru, 1103P, 5BB และ 5C มีคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มาก (4 คะแนน) และองุ่นพันธุ์ Chardonnay ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 8B รวมทั้งกิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Chardonnay มีคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์พอใช้ (3 คะแนน) (Table 1) จะเห็นได้ว่าในดินด่างที่เกิดจากหินปูนต้นตอแต่ละพันธุ์จะให้คุณภาพไวน์ขององุ่น Chardonnay แตกต่างกันไป เนื่องจากคุณภาพของผลองุ่นมีผลต่อคุณภาพของไวน์ กล่าวคือ องค์ประกอบต่างๆของคุณภาพผล เช่น ความหวาน, ปริมาณกรด และค่า pH ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของไวน์ทั้งสิ้น (Jackson และ Lombard, 1993)

Table 1 Influence of different rootstocks on diamater of trunk, chlorophyll content in leaves, number of cluster per vine, cluster weight, yield per vine, TSS, TA, pH and wine tasting of 'Chardonnay' grape on alkaline soil derived from limestone

Rootstock	Diameter		Chlorophyll content ($\mu g\ cm^{-2}$)	Cluster/vine (No)	Cluster wt (g)	Yield/vine (Kg)	TSS (%)	TA (%)	pH	Wine tasting (score)
	Scion (cm)	Rootstock (cm)								
Own root	1.9	-	16.47^{ns}	1.33 b$^{1/}$	53.58^{ns}	0.12 b$^{1/}$	18.07 ab$^{1/}$	0.40 bc$^{1/}$	3.74 a$^{1/}$	3
110R	2.9	2.8	19.79	4.28 a	77.07	0.34 ab	18.80 a	0.39 c	3.73 a	5
140Ru	2.9	3.0	19.37	3.08 ab	91.45	0.29 ab	18.33 ab	0.49 a	3.53 b	4
1103P	2.9	3.0	16.64	2.83 ab	77.07	0.25 ab	17.47 ab	0.42 bc	3.68 ab	4
5BB	2.3	2.5	17.07	3.17 ab	64.90	0.29 ab	17.27 b	0.40 bc	3.68 ab	4
5C	2.5	2.2	18.70	3.25 ab	56.67	0.21 ab	18.50 ab	0.43 bc	3.59 ab	4
8B	2.4	2.2	18.46	1.58 b	45.39	0.10 b	18.60 ab	0.37 c	3.70 a	3
SO4	2.3	2.5	17.58	2.42 ab	87.37	0.26 ab	18.23 ab	0.45 ab	3.65 ab	5
Ramsey	2.3	2.5	19.67	4.00 a	100.37	0.42 ab	17.70 ab	0.42 bc	3.74 a	5
1613C	2.0	2.3	20.26	4.50 a	93.63	0.48 a	18.13 ab	0.43 bc	3.74 a	5
C.V. (%)	-	-	11.49	40.2	39.72	62.38	4.10	7.45	2.14	-

Note: 1/ Means followed by the same letter within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT

ns = Non Significant

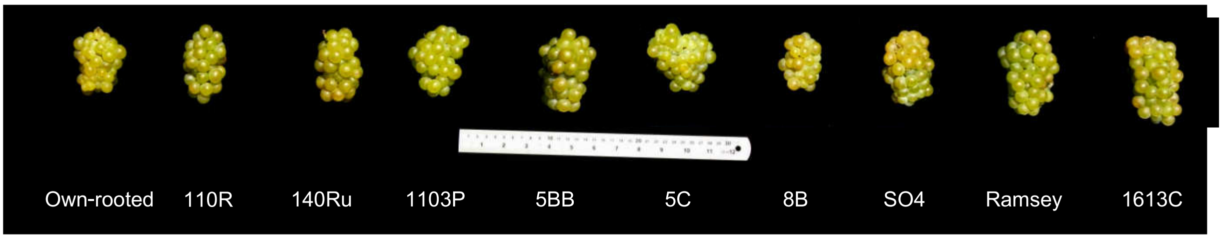


Figure 1 Characteristics of 'Chardonnay' grape cluster on different rootstocks

สรุปผล

จากการศึกษาอิทธิพลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Chardonnay ปลูกบนดินด่างที่เกิดจากหินปูน สรุปได้ดังนี้

1. ต้นตอพันธุ์ Ramsey ส่งผลให้ต้นองุ่นพันธุ์ Chardonnay แสดงอาการ over growth มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ 19.67 μg cm^{-2} จำนวนช่อดอกต่อต้น 4.00 ช่อ น้ำหนักของช่อผล 100.37 กรัมต่อช่อ ปริมาณผลผลิต 0.42 กิโลกรัมต่อต้น และมีคะแนนความพึงพอใจของไวน์มากที่สุด

2. ต้นตอพันธุ์ 110R ส่งผลให้ต้นองุ่นพันธุ์ Chardonnay แสดงอาการ over growth มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ 19.79 μg cm^{-2} จำนวนช่อดอกต่อต้น 4.28 ช่อ น้ำหนักของช่อผล 77.07 กรัมต่อช่อ ปริมาณผลผลิต 0.34 กิโลกรัมต่อต้น ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ต้นตอพันธุ์ Ramsey และมีคะแนนความพึงพอใจของไวน์มากที่สุด

3. ต้นตอพันธุ์ 1613C ให้ผลผลิต (0.48 กิโลกรัมต่อต้น) และความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุด แต่การปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูนจะมีปัญหาเรื่องเกิดอาการใบเหลือง (Chlorosis)

4. ต้นตอพันธุ์ 140Ru, 1103P, 5BB, 5C และ SO4 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้ต้นตอพันธุ์ 110R และ Ramsey แต่ให้คะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์ต่ำกว่า ยกเว้นการใช้ต้นตอพันธุ์ SO4 ให้คะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์เท่ากับการใช้ต้นตอพันธุ์ 110R และ Ramsey

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสถานีวิจัยกาญจนบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 10, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปวิณ ปุณศรี, 2504, องุ่น, พิมพ์ครั้งที่ 2, สโมสรพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Climaco, P., Carneiro, L.C. and Castro, R., 1999, Influence of Cultivar and Rootstock on Yield and Quality of Must, Bull.Oiv., 72: 631-641.

Ferroni, G. and Scalabrelli, G., 1995, Effect of Rootstock on Vegetative Activity and Yield in Grapevine, Acta Hort., 388: 37-42.

Galet, P., 1980, A Practical Ampelography Grapevine Identification, 2^{nd} eds., Unitied Kingdom by Cornell university Press, Ltd, London.

Jackson, D.I. and Lombard, P.B., 1993, Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality, Amer. J. Enol. Viticult., 44: 409-430.

Mullins, G.M., Bouquet, A. and Williams, L.E., 1992, Biology of the Grapevines, Cambridge University Press, NY.

ผลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน

Effect of Different Rootstocks on Growth, Yield, Fruit Quality and Wine Quality of 'Sauvignon Blanc' Grape on Alkaline Soil Derived from Limestone

สุรศักดิ์ นิลนนท์[1] รัฐพล ฉัตรบรรยงค์[1] และ จิระนิล แจ่มเกิด[1]

Nilnond, S.[1], Chatbanyong, R.[1] and Jaemkerd, J.[1]

Abstract

A study of growth, yield and wine quality of 'Sauvignon Blanc' grape grown on alkaline soil derived from limestone was carried out using 'Sauvignon Blanc' grape cuttings (own-rooted) and 'Sauvignon Blanc' grape budded on 9 different grape rootstocks, namely: 110R, 140Ru, 1103P, 5BB, 5C, 8B, SO4, Ramsey and 1613C. The results revealed that 'Sauvignon Blanc' grape budded on 9 different grape rootstocks and own-rooted significantly affected on growth, chlorophyll content, yield, fruit and wine quality. 'Sauvignon Blanc' grape budded on different rootstocks showed over growth symptom except for those budded on 1613C showed normal growth. 'Sauvignon Blanc' grape budded on the rootstocks gave higher number of cluster per vine and yield per vine than own-rooted. 'Sauvignon Blanc' grape budded on all rootstocks had lower TSS, higher TA and lower juice pH than own-rooted except for 1103P rootstock that had lower TA than own-rooted and Ramsey and SO4 rootstocks had higher juice pH than own-rooted. Wine produced from 'Sauvignon Blanc' grape budded on 140Ru, 5BB and 1613C grape rootstocks gave highest score of sensory evaluation.

Keywords: rootstock, wine grape, limestone

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน โดยใช้กิ่งปักชำขององุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc และติดตาองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc บนต้นตอองุ่นจำนวน 9 พันธุ์คือ 110R, 140Ru, 1103P, 5BB, 5C, 8B, SO4, Ramsey และ 1613C พบว่า องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอองุ่นพันธุ์ต่างๆ รวมทั้งกิ่งปักชำ มีการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์แตกต่างกันทางสถิติ องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์แสดงอาการ over growth ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1613C มีการเจริญเติบโตปกติ การติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้จำนวนช่อดอก และน้ำหนักผลผลิตสูงกว่ากิ่งปักชำ การติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้เปอร์เซ็นต์ TSS ของน้ำคั้นต่ำกว่ากิ่งปักชำ ให้เปอร์เซนต์ TA สูงกว่ากิ่งปักชำ และให้ค่า pH ของน้ำคั้นต่ำกว่ากิ่งปักชำ ยกเว้นการใช้ต้นตอพันธุ์ 1103P ให้เปอร์เซนต์ TA ต่ำกว่ากิ่งปักชำ และการใช้ต้นตอพันธุ์ Ramsey และ SO4 ให้ค่า pH ของน้ำคั้นสูงกว่ากิ่งปักชำ องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru, 5BB และ 1613C เมื่อนำมาทำไวน์ ได้รับคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุด

คำสำคัญ: ต้นตอ องุ่นทำไวน์ หินปูน

คำนำ

Sauvignon Blanc เป็นองุ่นชนิด *Vitis vinifera* L. นิยมปลูกกันมากเพื่อใช้ผลิตไวน์ขาว เป็นพันธุ์ที่แตกตาและเก็บเกี่ยวเร็ว ทนต่อโรคราน้ำค้างและผลเน่าพอสมควร แต่ไม่ทนต่อโรคราแป้ง โรคเน่าดำ และไส้เดือนฝอย (Galet, 1980) ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการปลูกองุ่นทำให้รากผิดปกติมีลักษณะเป็นปม องุ่นชนิดที่สามารถต้านทานไส้เดือนฝอยได้ ได้แก่ *V. champini*, *V. cinerea* และ *V. longii* (Mullins และคณะ, 1992) สำหรับในประเทศไทยนิยมใช้ต้นตอพันธุ์ 1613C เป็น

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

ลูกผสมระหว่าง Solonis × Othello 1613 มีการเจริญเติบโตปานกลาง ทนต่อสภาพดินชื้นแฉะ ต้านทานไส้เดือนฝอยได้ดี แต่ไม่ทนต่อดินด่าง ทำให้ยอดพันธุ์ดีแสดงอาการใบเหลือง (Chlorosis) ดินด่าง คือ ดินที่มีระดับ pH สูงเกินกว่า 7 เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นด่าง เช่น หินปูน หินปูนในประเทศไทยมีอยู่มากพอประมาณในแถบจังหวัดสระบุรี ลพบุรี นครราชสีมา และกาญจนบุรี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งค่า pH ที่เป็นด่างของดินมีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพขององุ่นและไวน์ด้วย จะสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ต้นตอองุ่นที่เหมาะสมเช่น Richter, Ruggeri, Paulsen, 5BB, 5C, 8B, SO4 และ Ramsey (Galet, 1980) ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาหาต้นตอองุ่นที่ส่งผลให้องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน เจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตดี มีคุณภาพ และให้ไวน์ที่มีคุณภาพดีด้วย เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรและอุตสาหกรรมการปลูกองุ่นลดความเสี่ยงและประสบผลสำเร็จในการผลิตองุ่นที่ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูนได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองโดยปลูกองุ่นที่สถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกาญจนบุรี เมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2551 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินเท่ากับ 7.79 โดยใช้ระยะปลูก 1.5 x 4 เมตร ทำค้างแบบตัว T และมุงหลังคาพลาสติก วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design แบ่งการทดลองเป็น 10 treatment มี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ 4 ต้น รวมเป็น 120 ต้น การทดลองประกอบด้วย treatment จำนวน 10 treatment ดังนี้ Treatment 1 Control (กิ่งปักชำขององุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc) Treatment 2 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 110R Treatment 3 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru Treatment 4 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1103P Treatment 5 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 5BB Treatment 6 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 5C Treatment 7 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 8B Treatment 8 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ SO4 Treatment 9 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey และ Treatment 10 องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1613C

เก็บและบันทึกข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นที่ตำแหน่งบนและล่างจากจุดติดตา 5 เซนติเมตร ที่ระยะตัดแต่งกิ่งหลังปลูก 11 เดือน (วันที่ 2 พฤศจิกายน 2552) เก็บผลผลิตเมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2553 โดยศึกษา ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ จำนวนช่อดอกต่อต้น น้ำหนักช่อผล ผลผลิตต่อต้น และคุณภาพของน้ำองุ่น จากนั้นนำผลผลิตที่ได้มาผลิตไวน์แล้วทดสอบคุณภาพของไวน์โดยผู้เชี่ยวชาญในการชิมไวน์จำนวน 3 คน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ มากที่สุด 5 คะแนน มาก 4 คะแนน พอใช้ 3 คะแนน น้อย 2 คะแนน และน้อยที่สุด 1 คะแนน ใช้ระยะเวลาในทดลองตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2551 ถึงเดือน สิงหาคม 2553

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของต้นตอทุกพันธุ์ที่ระยะตัดแต่งกิ่ง (11 เดือนหลังจากปลูก) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้น 2.7-3.5 เซนติเมตร ส่วนองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8-4.1 เซนติเมตร การเจริญเติบโตขององุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc เป็นแบบ over growth ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1613C มีการเจริญเติบโตปกติ สำหรับกิ่งปักชำพันธุ์ Sauvignon Blanc ให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.6 เซนติเมตร (Table 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นตอพันธุ์ต่างๆ มีอิทธิพลส่งผลให้องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc มีการเจริญเติบโตสูงกว่าต้นตอ ซึ่งสอดคล้องกับ วิจิตร (2529) ที่กล่าวว่าต้นตอบางชนิดทำให้ต้นพันธุ์ดีเจริญเติบโตได้เร็ว

องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์รวมทั้งกิ่งปักชำมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่ต้นตอทุกพันธุ์มีแนวโน้มให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงกว่ากิ่งปักชำ (Table 1)

องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้จำนวนช่อดอกต่อต้น (7-13 ช่อ) แตกต่างจากกิ่งปักชำ ซึ่งให้จำนวนช่อดอกต่อต้นน้อยที่สุด 5.25 ช่อ ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1103P, 5C, SO4 และ 110R ซึ่งไม่แตกต่างจากกิ่งปักชำ (Table 1) เนื่องจากต้นตอมีอิทธิพลต่อจำนวนช่อดอก และผลผลิตขององุ่นพันธุ์ดี (Climaco และคณะ, 1999)

องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้น้ำหนักเฉลี่ยของช่อผล (62-99 กรัมต่อช่อ) ไม่แตกต่างจากกิ่งปักชำ (72.20 กรัมต่อช่อ) (Table 1 และ Figure 1)

องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตออองุ่นทุกพันธุ์ให้น้ำหนักผลผลิต (0.43-1.45 กิโลกรัมต่อต้น) สูงกว่ากิ่งปักชำซึ่งให้ผลผลิต 0.38 กิโลกรัมต่อต้น (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Hedberg (1980) ที่รายงานว่าการติดตาต้นองุ่นพันธุ์ดี 12 พันธุ์ บนต้นตอ 14 พันธุ์ พบว่าผลผลิตของต้นองุ่นพันธุ์ดีทุกพันธุ์สูงกว่าการปลูกโดยไม่ใช้ต้นตอ

องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้เปอร์เซ็นต์ total soluble solids (TSS) (15.03-18.40 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่ากิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ TSS 18.60 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้เปอร์เซ็นต์ tritratable acidity (TA) (0.47-0.59 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่ากิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ TA 0.48 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1103P ให้เปอร์เซ็นต์ TA ต่ำสุด (0.47 เปอร์เซ็นต์) (Table 1) องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์ให้ค่า pH (3.27-3.48) ต่ำกว่ากิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ซึ่งให้ค่า pH (3.44) ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey และ SO4 ให้ค่า pH 3.48 และ 3.45 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่ง Cirami และคณะ (1984) พบว่าองุ่นที่ได้จากการปลูกโดยไม่ใช้ต้นตอมีค่า pH ต่ำกว่าต้นที่ติดตาบนต้นตอ

องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru, 5BB และ 1613C ได้คะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุด (5 คะแนน) องุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 5C, 8B, SO4 และ Ramsey มีคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มาก (4 คะแนน) และองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 110R และ 1103P รวมทั้งกิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc มีคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์พอใช้ (3 คะแนน) (Table 1) จะเห็นได้ว่าในดินด่างที่เกิดจากหินปูนต้นตอแต่ละพันธุ์จะให้คุณภาพไวน์ขององุ่น Sauvignon Blanc แตกต่างกันไป สอดคล้องกับ Kaserer และคณะ (1997) พบว่า ต้นตอมีอิทธพลต่อความเข้มข้นของน้ำตาล ปริมาณกรด และคุณภาพของไวน์

Table 1 Influence of different rootstocks on diamater of trunk, chlorophyll content in leaves, number of cluster per vine, cluster weight, yield per vine, TSS, TA, pH and wine tasting of 'Sauvignon Blanc' grape on alkaline soil derived from limestone

Rootstock	Diameter		Chlorophyll content ($\mu g\ cm^{-2}$)	Cluster/vine (No)	Cluster wt (g)	Yield/vine (Kg)	TSS (%)	TA (%)	pH	Wine tasting (score)
	Scion (cm)	Rootstock (cm)								
Own root	2.6	-	22.56 b[1/]	5.25 d[1/]	72.20 ab[1/]	0.38 d[1/]	18.60 a[1/]	0.48 c[1/]	3.44 ab[1/]	3
110R	4.1	3.5	26.32 ab	9.08 bcd	98.97 a	0.92 bc	15.73 ef	0.54 b	3.28 c	3
140Ru	3.6	3.4	27.44 a	11.03 abc	95.67 a	0.79 bcd	17.20 bcd	0.59 a	3.31 c	5
1103P	3.5	3.3	25.15 ab	7.92 cd	74.60 ab	0.43 cd	15.47 ef	0.47 c	3.40 b	3
5BB	3.0	2.8	25.58 ab	9.92 abc	77.00 ab	0.80 bcd	15.03 f	0.48 c	3.30 c	5
5C	3.1	2.7	25.01 ab	8.08 cd	75.73 ab	0.61 bcd	16.53 cde	0.52 bc	3.31 c	4
8B	3.3	2.8	24.56 ab	11.42 abc	62.17 b	0.74 bcd	16.03 def	0.58 a	3.27 c	4
SO4	3.5	3.2	26.04 ab	8.92 bcd	73.93 ab	0.64 bcd	17.60 abc	0.49 bc	3.45 ab	4
Ramsey	3.2	2.9	26.45 ab	12.17 ab	87.87 ab	1.45 a	18.40 ab	0.49 bc	3.48 a	4
1613C	2.8	2.8	25.10 ab	13.33 a	73.97 ab	1.07 ab	16.53 cde	0.50 bc	3.43 ab	5
C.V. (%)	-	-	9.38	21.42	18.79	33.59	4.15	5.01	1.21	-

Note: 1/ Means followed by the same letter within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT

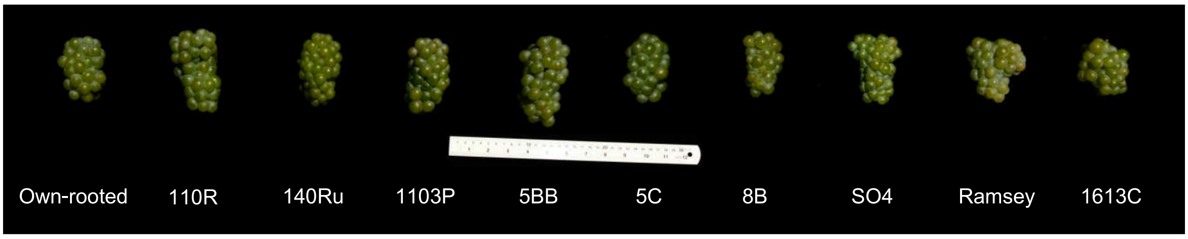


Figure 1 Characteristics of 'Sauvignon Blanc' grape cluster on different rootstocks

สรุปผล

จากการศึกษาอิทธิพลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc ปลูกบนดินด่างที่เกิดจากหินปูน สรุปได้ดังนี้

1. ต้นตอพันธุ์ Ramsey ส่งผลให้ต้นองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc แสดงอาการ over growth มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ 26.45 µg cm^{-2} จำนวนช่อดอกต่อต้น 12.17 ช่อ น้ำหนักของช่อผล 87.87 กรัมต่อช่อ ปริมาณผลผลิต 1.45 กิโลกรัมต่อต้น) และมีคะแนนความพึงพอใจของไวน์มาก

2. ต้นตอพันธุ์ 140Ru ส่งผลให้ต้นองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc แสดงอาการ over growth มีจำนวนช่อดอก 11.03 ช่อต่อต้น น้ำหนักของช่อผล 95.67 กรัมต่อช่อ ให้ผลผลิตสูง 0.79 กิโลกรัมต่อต้น และได้คะแนนความพึงพอใจของไวน์มากที่สุด

3. ต้นตอพันธุ์ 5BB ส่งผลให้ต้นองุ่นพันธุ์ Sauvignon Blanc แสดงอาการ over growth มีจำนวนช่อดอก 9.92 ช่อต่อต้น น้ำหนักของช่อผล 77.00 กรัมต่อช่อ ให้ผลผลิตสูง 0.80 กิโลกรัมต่อต้น และได้คะแนนความพึงพอใจของไวน์มากที่สุด

4. ต้นตอพันธุ์ 1613C ให้ผลผลิต 1.07 กิโลกรัมต่อต้น และความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุด แต่การปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูนจะมีปัญหาเรื่องเกิดอาการใบเหลือง (Chlorosis)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสถานีวิจัยกาญจนบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 10, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังใน, 2529, หลักการไม้ผล, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Cirami, R.M., McCarthy, M.G. and Glenn, T., 1984, Comparison of the Effects of Rootstock on Crop, Juice and Wine Composition in a Replanted Nematode-infected Barossa Valley vineyard, Austral. J. Expr. Ag. Anim., 24: 283-289.

Climaco, P., Carneiro, L.C. and Castro, R., 1999, Influence of Cultivar and Rootstock on Yield and Quality of Must, Bull.Oiv., 72: 631-641.

Galet, P., 1980, A Practical Ampelography Grapevine Identification, 2nd eds., Unitied Kingdom by Cornell university Press, Ltd, London.

Hedberg, P., 1980, Increased Wine Grape Yields with Rootstocks, Farmers' Newsletter, 147: 22-24.

Kaserer, H., Blahous, D., Brandes, W. and Intrieri, C., 1997, Optimizing Wine Grape Quality by Considering Rootstock Scion Interaction, Acta Hort., 427: 267-276.

Mullins, G.M., Bouquet, A. and Williams, L.E., 1992, Biology of the Grapevines, Cambridge University Press, NY.

ผลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน

Effect of Different Rootstocks on Growth, Yield, Fruit Quality and Wine Quality of 'Cabernet Sauvignon' Grape on Alkaline Soil Derived from Limestone

สุรศักดิ์ นิลนนท์[1] รัฐพล ฉัตรบรรยงค์[1] และ จิระนิล แจ่มเกิด[1]

Nilnond, S.[1], Chatbanyong, R.[1] and Jaemkerd, J.[1]

Abstract

A study of growth, yield, fruit and wine quality of red wine grape ('Cabernet Sauvignon' grape) grown on alkaline soil derived from limestone was carried out using 'Cabernet Sauvignon' grape cutting (own-rooted) and 'Cabernet Sauvignon' grape budded on 9 different grape rootstocks, namely: 110R, 140Ru, 1103P, 5BB, 5C, 8B, SO4, Ramsey and 1613C. The results revealed that 'Cabernet Sauvignon' grape budded on 9 different grape rootstocks and own-rooted significantly affected on growth, yield, fruit quality, anthocyanins content and wine quality. 'Cabernet Sauvignon' grape budded on different rootstocks showed over growth symptom except for those budded on 1103P showed under growth symptom and budded on 140Ru and SO4 had normal growth. 'Cabernet Sauvignon' grape budded on the rootstocks gave higher number of cluster per vine, cluster weight and yield per vine than own-rooted. 'Sauvignon Blanc' grape budded on all rootstocks had lower TSS, higher TA, lower juice pH and higher anthocyanins content when compared to the own-rooted except for Ramsey, 1613C, 110R and SO4 rootstocks that increased TSS and 1103P, 8B, 1613C and 5C rootstocks decreased anthocyanins content than own-rooted. Wine produced from 'Cabernet Sauvignon' grape budded on Ramsey, 5BB and 140Ru grape rootstocks gave highest score of sensory evaluation.

Keywords: rootstock, wine grape, limestone

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นทำไวน์แดง (องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon) ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน โดยใช้กิ่งปักชำขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon และติดตาองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon บนต้นตออองุ่นจำนวน 9 พันธุ์คือ 110R, 140Ru, 1103P, 5BB, 5C, 8B, SO4, Ramsey และ 1613C พบว่าองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอองุ่นพันธุ์ต่างๆ รวมทั้งกิ่งปักชำ มีการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล ปริมาณแอนโทไซยานินในผิวผล และคุณภาพไวน์แตกต่างกันทางสถิติ องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์แสดงอาการ over growth ยกเว้นการใช้ต้นตอพันธุ์ 1103P แสดงอาการ under growth และการใช้ต้นตอพันธุ์ 140Ru และ SO4 มีการเจริญเติบโตปกติ การติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้จำนวนช่อต่อต้น น้ำหนักช่อต่อต้น และน้ำหนักผลผลิตสูงกว่าการปลูกด้วยกิ่งปักชำ การติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ TSS ต่ำกว่า เปอร์เซ็นต์ TA สูงกว่า ค่า pH ของน้ำคั้นต่ำกว่า และมีปริมาณแอนโทไซยานินในผิวผลสูงกว่าการปลูกด้วยกิ่งปักชำ ยกเว้นการใช้ต้นตอพันธุ์ Ramsey, 1613C, 110R และ SO4 มีเปอร์เซ็นต์ TSS สูงกว่า และการใช้ต้นตอพันธุ์ 1103P, 8B, 1613C และ 5C มีปริมาณปริมาณแอนโทไซยานินในผิวผลต่ำกว่าการปลูกด้วยกิ่งปักชำ องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey, 5BB และ 140Ru เมื่อนำมาทำไวน์ ได้รับคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุด

คำสำคัญ: ต้นตอ องุ่นทำไวน์ หินปูน

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

คำนำ

Cabernet Sauvignon เป็นองุ่นชนิด *Vitis vinifera* L. นิยมปลูกกันมากเพื่อใช้ผลิตไวน์แดง ไวน์มีรสชาติฝาด มีสีม่วงแดง นิยมนำไปผสมกับไวน์แดงพันธุ์ต่างๆ เป็นพันธุ์ที่ทนต่อโรคผลเน่า แต่ไม่ทนต่อโรคราแป้ง และไส้เดือนฝอย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการปลูกองุ่นทำให้รากผิดปกติมีลักษณะเป็นปม ชนิดที่สามารถต้านทานไส้เดือนฝอยได้ ได้แก่ *V. champini*, *V. cinerea* และ *V. longii* (Mullins และคณะ, 1992) สำหรับในประเทศไทยมีการใช้ต้นตอองุ่นเป็นการค้าเพียงพันธุ์เดียวคือ 1613C ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่าง Solonis × Othello 1613 มีการเจริญเติบโตปานกลาง ทนต่อสภาพดินชื้นแฉะต้านทานไส้เดือนฝอยได้ดี แต่ไม่ทนต่อดินด่าง ทำให้ยอดพันธุ์ดีแสดงอาการใบเหลือง (Chlorosis) ซึ่งค่า pH ที่เป็นด่างของดินมีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพขององุ่นและไวน์ด้วย และเคยมีรายงานว่าต้นตอองุ่นที่สามารถทนดินด่างได้แก่ได้ต้นตอพันธุ์ 110R, 140Ru, 1103P, 5BB, 5C, 8B, SO4 และ Ramsey (Galet, 1980) ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาหาต้นตอองุ่นที่ส่งผลให้องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูน เจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตดี มีคุณภาพ และให้ไวน์ที่มีคุณภาพดีด้วย เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรและอุตสาหกรรมการปลูกองุ่นลดความเสี่ยงและประสบผลสำเร็จในการผลิตองุ่นที่ปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูนได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองโดยปลูกองุ่นที่สถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกาญจนบุรี เมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2551 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินเท่ากับ 7.89 โดยใช้ระยะปลูก 1.5 x 4 เมตร ทำค้างแบบตัว T และมุงหลังคาพลาสติก วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design แบ่งการทดลองเป็น 10 treatment มี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ 4 ต้น รวมเป็น 120 ต้น การทดลองประกอบด้วย treatment จำนวน 10 treatment ดังนี้ Treatment 1 Control (กิ่งปักชำขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon) Treatment 2 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 110R Treatment 3 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru Treatment 4 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1103P Treatment 5 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 5BB Treatment 6 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 5C Treatment 7 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 8B Treatment 8 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ SO4 Treatment 9 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey และ Treatment 10 องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1613C

เก็บและบันทึกข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นที่ตำแหน่งบนและล่างจากจุดติดตา 5 เซนติเมตร ที่ระยะตัดแต่งกิ่งหลังปลูก 11 เดือน (วันที่ 3 พฤศจิกายน 2552) เก็บผลผลิตเมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2553 โดยศึกษาจำนวนช่อดอกต่อต้น น้ำหนักช่อผล ผลผลิตต่อต้น คุณภาพของน้ำองุ่น และปริมาณแอนโทไซยานินในผิวผล จากนั้นนำผลผลิตที่ได้มาผลิตไวน์ แล้วทดสอบคุณภาพของไวน์โดยผู้เชี่ยวชาญในการชิมไวน์จำนวน 3 คน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ มากที่สุด 5 คะแนน มาก 4 คะแนน พอใช้ 3 คะแนน น้อย 2 คะแนน และน้อยที่สุด 1 คะแนน ใช้ระยะเวลาในทดลองตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2551 ถึงเดือน สิงหาคม 2553

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของต้นตอทุกพันธุ์ที่ระยะตัดแต่งกิ่ง (11 เดือนหลังจากปลูก) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้น 2.6-4.0 เซนติเมตร ส่วนองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.4-4.2 เซนติเมตร การเจริญเติบโตขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon บนต้นตอทุกพันธุ์เป็นแบบ over growth ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1103P เป็นแบบ under growth และที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 140Ru และ SO4 มีการเจริญเติบโตปกติ สำหรับกิ่งปักชำพันธุ์ Cabernet Sauvignon ให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.9 เซนติเมตร (Table 1) สอดคล้องกับ วิจิตร (2529) ที่กล่าวว่าต้นตอบางชนิดทำให้ต้นพันธุ์ดีเจริญเติบโตเร็ว บางชนิดทำให้ต้นตอเจริญเติบโตช้า

องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้จำนวนช่อดอกต่อต้น 2.6-4.0 ช่อ สูงกว่ากิ่งปักชำ (1.92 ช่อ) องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้น้ำหนักเฉลี่ยของช่อผล 42.87-79.67 กรัมต่อช่อ สูงกว่ากิ่งปักชำ (38.50 กรัมต่อช่อ) (Table 1 และ Figure 1) องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ ให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้น 0.14-0.82 กิโลกรัม สูงกว่ากิ่งปักชำ (0.08 กิโลกรัม) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ

Hedberg (1980) ที่รายงานว่าการติดตาต้นองุ่นพันธุ์ดี 12 พันธุ์ บนต้นตอ 14 พันธุ์ พบว่าผลผลิตของต้นองุ่นพันธุ์ดีทุกพันธุ์สูงกว่าการปลูกโดยไม่ใช้ต้นตอ

องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้ปริมาณ total soluble solids (TSS) 15.20-17.17 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่ากิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ซึ่งให้ปริมาณ TSS 16.07 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey, 1613C, 110R และ SO4 (Table 1) องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้ปริมาณ tritratable acidity (TA) 0.71-0.79 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากิ่งปักชำ (TA 0.57 เปอร์เซ็นต์) (Table 1)สอดคล้องกับการทดลองของ Walker และคณะ (1998) ที่กล่าวว่าคุณภาพผลขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอมีปริมาณกรดมากกว่าการปลูกโดยไม่ใช้ต้นตอ องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอทุกพันธุ์ให้ค่า pH ของน้ำคั้น 3.33-3.45 ต่ำกว่ากิ่งปักชำ (3.52) (Table 1)

องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอองุ่นทุกพันธุ์มีปริมาณแอนโทไซยานินในผิวผล 27.53-48.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งไม่แตกต่างจากกิ่งปักชำที่มีปริมาณแอนโทไซยานินในผิวผล 33.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Table 1) จะเห็นได้ว่าต้นตอแต่ละพันธุ์จะมีอิทธิพลต่อต้นองุ่นพันธุ์ดีและคุณภาพผลแตกต่างกันไป (Howell, 1987)

องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ Ramsey, 5BB และ 140Ru ได้คะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุด (5 คะแนน) องุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 110R, 5C, 8B, SO4 และ 1613C มีคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มาก (4 คะแนน) และองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ติดตาบนต้นตอพันธุ์ 1103P รวมทั้งกิ่งปักชำองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon มีคะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์พอใช้ (3 คะแนน) (Table 1) ในสภาพดินด่างที่เกิดจากหินปูนต้นตอแต่ละพันธุ์จะให้คุณภาพไวน์ขององุ่น Cabernet Sauvignon แตกต่างกันไป เนื่องจากคุณภาพของผลองุ่นมีผลต่อคุณภาพของไวน์ กล่าวคือ องค์ประกอบต่างๆของคุณภาพผล เช่น ความหวาน, ปริมาณกรด, ค่า pH และ ปริมาณ anthocyanins ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของไวน์ทั้งสิ้น (Jackson และ Lombard, 1993)

Table 1 Influence of different rootstocks on diamater of trunk, number of cluster per vine, cluster weight, yield per vine, TSS, TA, pH, anthocyanins content and wine tasting of ‘Cabernet Sauvignon’ grape on alkaline soil derived from limestone

Rootstock	Diameter Scion (cm)	Diameter Rootstock (cm)	Cluster/vine (No)	Cluster wt (g)	Yield/vine (Kg)	TSS (%)	TA (%)	pH	anthocyanins content (mg/100 g FW)	Wine tasting (score)
Own root	2.9	-	1.92 d[1/]	38.50 d[1/]	0.08 d[1/]	16.07 bcd[1/]	0.57 b[1/]	3.52 a[1/]	33.02 ab[1/]	3
110R	4.2	3.4	5.83 bc	51.60 bcd	0.35 bcd	16.73 ab	0.77 a	3.42 bcd	44.59 ab	4
140Ru	3.6	3.6	3.67 cd	42.87 cd	0.16 cd	15.73 cd	0.72 a	3.45 b	39.55 ab	5
1103P	3.7	4.0	2.50 d	63.40 abc	0.14 cd	15.80 cd	0.79 a	3.45 b	26.95 b	3
5BB	3.5	2.7	7.33 b	70.20 ab	0.58 ab	15.80 cd	0.77 a	3.39 bcde	48.56 a	5
5C	3.4	2.7	3.42 cd	53.53 bcd	0.24 cd	15.20 d	0.77 a	3.33 e	31.25 ab	4
8B	3.6	2.6	3.75 cd	59.87 abcd	0.27 cd	15.47 d	0.74 a	3.38 cde	27.53 b	4
SO4	3.7	3.7	6.75 b	55.93 bcd	0.39 bcd	16.43 abc	0.72 a	3.44 bcd	33.15 ab	4
Ramsey	3.7	2.9	11.17 a	79.67 a	0.82 a	17.17 a	0.71 a	3.43 bcd	47.03 a	5
1613C	3.5	3.3	8.17 b	62.40 abc	0.45 bc	17.07 a	0.73 a	3.38 de	30.43 ab	4
C.V. (%)	-	-	26.57	19.90	46.81	3.02	9.24	1.00	26.67	-

Note: 1/ Means followed by the same letter within a column are not significantly different at the 5% level by DMRT

Figure 1 Characteristics of 'Cabernet Sauvignon' grape cluster on different rootstocks

สรุปผล

จากการศึกษาอิทธิพลของต้นตอต่างพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และคุณภาพไวน์ขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ปลูกบนดินด่างที่เกิดจากหินปูน สรุปได้ดังนี้

1. ต้นตอพันธุ์ Ramsey ส่งผลให้ต้นองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon แสดงอาการ over growth มีจำนวนช่อดอกต่อต้น (11.17 ช่อ) น้ำหนักของช่อผล (79.67 กรัมต่อช่อ) ปริมาณผลผลิต (0.82 กิโลกรัมต่อต้น) มีปริมาณแอนโทไซยานินในผิวผล (47.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) และมีคะแนนความพึงพอใจของไวน์มากที่สุด
2. ต้นตอพันธุ์ 5BB ส่งผลให้ต้นองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon แสดงอาการ over growth มีจำนวนช่อดอก 7.33 ช่อต่อต้น น้ำหนักของช่อผล 70.20 กรัมต่อช่อ ให้ผลผลิต 0.58 กิโลกรัมต่อต้น มีปริมาณแอนโทไซยานินในผิวผลสูงที่สุด 48.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และมีคะแนนความพึงพอใจของไวน์มากที่สุด
3. ต้นตอพันธุ์ 1613C ให้ผลผลิต (0.45 กิโลกรัมต่อต้น) และได้คะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มาก แต่การปลูกในดินด่างที่เกิดจากหินปูนจะมีปัญหาเรื่องเกิดอาการใบเหลือง (Chlorosis)
4. ต้นตอพันธุ์ 140Ru ได้คะแนนความพึงพอใจในการชิมไวน์มากที่สุดแต่ให้ผลผลิตต่ำ (0.16 กิโลกรัมต่อต้น)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสถานีวิจัยกาญจนบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

วิจิตร วังใน, 2529, หลักการไม้ผล, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Galet, P., 1980, A Practical Ampelography Grapevine Identification, 2nd eds., Unitied Kingdom by Cornell university Press, Ltd, London.

Hedberg, P., 1980, Increased Wine Grape Yields with Rootstocks, Farmers' Newsletter, 147: 22-24.

Howell, G.S., 1987, *Vitis* Rootstocks, *In* R.C. Roan and R.F. Curson (Ed.), Rootstocks for Fruit Crops, pp. 451-470. John Wiley & Son, Inc, Canada.

Jackson, D.I. and Lombard, P.B., 1993, Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality, Amer. J. Enol. Viticult., 44: 409-430

Mullins, G.M., Bouquet, A. and Williams, L.E., 1992, Biology of the Grapevines, Cambridge University Press, NY.

Walker, R.R., Clingeleffer, P.R., Kerridge, G.H., Ruhl, E.H., Nicholas, P.R. and Blackmore, D.H., 1998, Effects of the Rootstock Ramsey (*Vitis champini*) on Ion and Organic Acid Composition of Grapes and Wine, and on Wine Spectral Characteristics, Austral. J. Grape and Wine Res, 4: 100-110.

คุณลักษณะของสารให้กลิ่นรสทุเรียน

Durian Flavor Extracts and its Volatile Characteristics

กฤษณา หงษ์คู[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

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

Abstract

The purpose of this study was to investigate the extraction of durian (*Durio zibethinus* L.) flavor by 2 organic solvents; water and ethanol. Determination of nutrition for durian pulp showed that it consisted of protein, lipid, ash, carbohydrate and fiber at 6.17, 15.86, 3.34, 74.63 and 8.71% (dry basis), respectively. 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 and ester such as diethyl disulfide, ethyl 2-methylbutanoate, ethanethiol, 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane, and butyl 2-methylbutanoate. Water and ethanol extraction gave the percentage of yield at 87.11% and 85.38%, respectively. The major volatile compounds of durian flavor extracted with water were volatile sulfur-containing and gave the same flavor characteristic as durian pulp. Durian flavor extracted with ethanol showed a dramatically change of their volatile profile, with losses of volatile sulfur-containing. The odor description of ethyl 2-methylbutanoate, propyl 2-methylbutanoate, ehtyl 2-butenoate and methyl hexanoate was likely fruity odor.

Keywords: *durian (Durio zibethinus* L.*)*, flavor extraction, volatile compounds, organic solvents

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดกลิ่นรสทุเรียน (*Durio zibethinus* L.*)* โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำ และเอทานอล ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเนื้อทุเรียน พบว่ามีปริมาณ โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง 6.17, 15.86, 3.34, 74.63 และ 8.71 ตามลำดับ สารหอมระเหยในเนื้อทุเรียนสดวิเคราะห์โดยใช้ dynamic headspace-solid phase microextraction mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) พบว่ามีสารประกอบซัลเฟอร์ และเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น diethyl disulfide, ethyl 2-methylbutanoate, ethanethiol, 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane, และ butyl 2-methylbutanoate ถึงแม้ว่าการสกัดกลิ่นรสทุเรียนด้วยน้ำและเอทานอลให้ %yield ใกล้เคียงกัน เท่ากับ 87.11% และ 85.38% ตามลำดับ สารหอมระเหยที่ให้กลิ่นรสทุเรียนที่สกัดด้วยน้ำมีสารประกอบหลักซัลเฟอร์เหมือนกับเนื้อทุเรียน แต่สารหอมระเหยที่ให้กลิ่นรสทุเรียนที่สกัดด้วยเอทานอลไม่พบสารประกอบซัลเฟอร์ โดยมีสารแนวกลิ่นแบบผลไม้ (fruity odor) ได้แก่ ethyl 2-methylbutanoate, propyl 2-methylbutanoate, ehtyl 2-butenoate และ methyl hexanoate

คำสำคัญ: ทุเรียน *(Durio zibethinus* L.*)* การสกัดกลิ่นรส สารหอมระเหย ตัวทำละลายอินทรีย์

คำนำ

ทุเรียน *(Durio zibethinus L.)* เป็นผลไม้เมืองร้อน ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกทุเรียนที่สำคัญของโลก นำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2553 พบว่ามีปริมาณการผลิตถึง 568,060 ตัน ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ ปริมาณที่เหลือถูกส่งออกในรูปของทุเรียนสด และผลิตภัณฑ์ทุเรียนแปรรูป ซึ่งมีปริมาณกว่า 226,728 ตัน รวมมูลค่าประมาณ 4,628 ล้านบาท (กรมการค้าภายใน, 2553) ทุเรียนได้ชื่อว่าเป็นราชาแห่งผลไม้ (King of the fruits) ที่มีความแปลกทั้งรูปร่าง สี และรสชาติ เนื้อของผลมีคุณค่าทางอาหารสูงมาก (วิเชียร, 2546) มีปริมาณน้ำตาล วิตามินซี โพแทสเซียมสูง และยังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน (USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2010) นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น

[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

polyphenols, flavonoids, flavanols, ascorbic acid และ tannins (Haruenkit และคณะ, 2009) เนื้อทุเรียนส่วนใหญ่นอกจากใช้รับประทานสดแล้ว ยังมีการนำเนื้อไปใช้ทำขนมและผสมเป็นสารให้กลิ่นรสในอาหาร เช่น ไอศกรีม คุกกี้ เค้ก ขนมไหว้พระจันทร์ ทุเรียนกวน ข้าวเหนียวน้ำกะทิทุเรียน ทุเรียนอบหรือทอดกรอบ กลิ่นรสของทุเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่บอกคุณภาพของผลิตภัณฑ์และดึงดูดใจผู้บริโภค ซึ่งกลิ่นที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของทุเรียนนี้เกิดจากส่วนผสมของสารระเหยที่ประกอบไปด้วยสารประกอบซัลเฟอร์ และเอสเทอร์เป็นส่วนใหญ่ เช่น diethyltrisulfide, diethyldisulfide, dithiolane, dimethyl sulfide, 3-methyl-thiozolidine, 2-methyl butanoate, propyl-2-ethylbutanoate (Laohakunjit และคณะ, 2007) นอกจากนี้ยังมีสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตน (Voon และคณะ, 2007) ดังนั้นจึงมีการผลิตสารให้กลิ่นที่เหมือนสารให้กลิ่นธรรมชาติ (natural-identical flavoring substances) และกลิ่นสังเคราะห์ (artificial flavoring substances) ที่มีกลิ่นคล้ายทุเรียนเพื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด แต่ยังไม่มีคุณลักษณะของกลิ่นทุเรียนที่แท้จริง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดกลิ่นรสทุเรียนจากธรรมชาติด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ให้มีกลิ่นเหมือนกับทุเรียนผลสด และได้สารสกัดที่อยู่ในรูปที่สะดวกกับการใช้งาน

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ ใช้เนื้อทุเรียนหมอนทองสุกจัดนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย (fiber) โดยวิเคราะห์ตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000) และวิเคราะห์องค์ประกอบสารให้กลิ่นรสโดยใช้ dynamic headspace-solid phase microextraction mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 2cm-50/30 µm DVB/Carboxen^{TM}/PDMS StableFlex^{TM} อุ่นสารตัวอย่างปริมาณ 5 กรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหยเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเข้าเครื่อง GC โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 320 ไมโครเมตร หนา 0.5 ไมโครเมตร) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็น carrier gas ที่อัตราไหลคงที่ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตั้งอุณหภูมิของ oven ที่ 40 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิที่อัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 2 นาที โดยบ่งชี้คุณลักษณะของสารเทียบกับ NIST-MS และ Wiley library และคำนวณ retention time index (RI) เทียบกับสารอัลเคนมาตรฐาน (C_{11}-C_{20})

การสกัดกลิ่นรสทุเรียน โดยใช้เนื้อทุเรียนหมอนทองสุกจัด 100 กรัม บดละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ผสมกับตัวทำละลายที่ใช้สกัดในปริมาณ 1: 2 โดยตัวทำละลายที่ใช้สกัดคือ น้ำหรือ 99% เอทานอล ตีปั่นให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน กรองแยกกากทุเรียนออก สารสกัดที่ได้นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ องค์ประกอบสารให้กลิ่นรสด้วย DHS-SPME-GC-MS เช่นเดียวกับทุเรียนสด แต่ใช้ตัวอย่างสารสกัดกลิ่นรสทุเรียนปริมาตร 5 มิลลิลิตร ค่าสี โดยใช้ค่า L^*, a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น CR-10) และปริมาณร้อยละผลผลิต (%yield) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\%\ yield = \frac{\text{weight of flavor extract (g)} \times 100\%}{\text{Weight of raw materials (g)}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เนื้อทุเรียนหมอนทองสุกจัดมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 68.25 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารพบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 6.17, 15.86, 3.34, 74.63 และ 8.71 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งมีปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าผลไม้หลายชนิด (Devalaraja และคณะ, 2011) การสกัดกลิ่นรสทุเรียนโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำ และเอทานอล พบว่าสารสกัดด้วยน้ำให้ %yield สูงกว่าสารสกัดด้วยเอทานอล เท่ากับ 87.11% และ 85.38% ตามลำดับ (Table 2) จากการวัดค่าสีของสารสกัด พบว่า การสกัดด้วยน้ำได้สารสกัดทุเรียนสีเหลืองอ่อน มีค่า L^*, a^* และ b^* เป็น 72.82, -2.77 และ 24.16 ตามลำดับ ส่วนการสกัดด้วยเอทานอลได้สารสกัดทุเรียนสีเหลืองเข้ม มีค่า L^*, a^* และ b^* เป็น 57.73, -2.69 และ 11.48 ตามลำดับ (Table 2) การสกัดด้วยเอทานอลสามารถสกัดสารให้สีออกมามากกว่าการสกัดด้วยน้ำ เนื่องจากทุเรียนมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูง ซึ่งเป็นกลุ่มของรงควัตถุที่ให้สีเหลืองและละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (นิธิยา, 2549) การวิเคราะห์สารหอมระเหยของทุเรียนสดโดยใช้ DHS-SPME-GC-MS พบว่ามีสารหอมระเหยหลักเป็น

สารประกอบซัลเฟอร์ และเอสเทอร์ ได้แก่ diethyl disulfide, ethyl 2-methylbutanoate, ethanethiol, 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane, และ butyl 2-methylbutanoate โดยมี %relative peak area เท่ากับ 34.60, 11.99, 10.81, 5.77 และ 3.58 ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Laohakunjit และคณะ (2007) ที่พบว่าสารประกอบซัลเฟอร์ และเอสเทอร์ เป็นสารหอมระเหยหลักที่พบได้ในทุเรียนสด และเมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยของสารสกัดกลิ่นรสทุเรียนที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด พบว่าสารสกัดด้วยน้ำมีสารประกอบซัลเฟอร์ และเอสเทอร์ เป็นสารหอมระเหยหลักเช่นเดียวกับทุเรียนสด ได้แก่ diethyl disulfide, ethyl propanoate, ethanethiol, ethyl 2-methylbutanoate และ 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane, มี %relative peak area เท่ากับ 26.65, 21.67, 10.65, 7.67 และ 4.22 ตามลำดับ แต่มีจำนวนชนิดของสารหอมระเหยมากกว่าทุเรียนสด โดยพบสารหอมระเหย 26 ชนิด ส่วนสารสกัดด้วยเอทานอลไม่พบสารประกอบซัลเฟอร์ แต่พบสารประกอบเอสเทอร์ที่ให้กลิ่นแนวผลไม้ (fruity odor) เป็นหลัก ได้แก่ ethyl 2-butenoate, methyl hexanoate, propyl 2-methylbutanoate และ ethyl 2-methylbutanoate โดยมี %relative peak area 18.07, 17.60, 15.68 และ 13.69 ตามลำดับ (Table 3) การที่สารสกัดทุเรียนด้วยน้ำมีสารหอมระเหยมากกว่าทุเรียนสดและสารสกัดทุเรียนด้วยเอทานอล เนื่องจากน้ำมีขั้วมากกว่าเอทานอล ซึ่งสารให้กลิ่นในทุเรียนส่วนใหญ่เป็นสารประกอบมีขั้ว ซึ่งความสามารถในการสกัดสารหอมระเหยที่มีขั้วขึ้นกับความมีขั้วของตัวทำละลาย (Mitchell และคณะ, 2007) ถึงแม้การสกัดด้วยน้ำได้สารหอมระเหยมากกว่าการสกัดด้วยเอทานอล แต่ยังไม่ได้กลิ่นที่ดีที่สุด ซึ่งจะได้มีการพัฒนาวิธีสกัดต่อไป

สรุปผล

การสกัดกลิ่นรสทุเรียนด้วยน้ำดีกว่าการสกัดด้วยเอทานอล ได้ %yield เท่ากับร้อยละ 87.11 สารสกัดมีสีเหลืองเข้ม ได้ชนิดของสารหอมระเหยหลักเช่นเดียวกับทุเรียนสด ได้แก่ diethyl disulfide, ethyl propanoate, ethanethiol, ethyl 2-methylbutanoate และ 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานพืชผักและผลไม้ สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์, [Online], Available : http://agri.dit.go.th (5 เมษายน 2554)

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 415.

วิเชียร ทองพันชั่ง, 2546, ทุเรียน, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น, นนทบุรี, หน้า 9-13.

Devalaraja, S., Jain, S. and Yadav, H., 2011, Exotic fruits as therapeutic complements for diabetes, obesity and metabolic syndrome, Food Research International, 44: 1856-1865.

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.

Mitchell, K. A., Foo, L. Y. and Perry, N. B., 2007, Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol–water mixtures, Food Chemistry, 101: 1417–1424.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2010, Durian, raw or frozen, [Online], Available: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/, [8 July, 2554)

Table 1 Chemical composition of durian pulp (%dry basis)

Protein	Lipid	Ash	Carbohydrate	Fiber
6.17	15.86	3.34	74.63	8.71

Table 2 %Yield and color of durian extract

Solvents	%Yield	Color		
		L^*	a^*	b^*
Water	87.11 [a]	72.82 [a]	-2.77 [a]	24.16 [a]
Ethanol	85.38 [b]	57.73 [b]	-2.69 [a]	11.48 [b]
F-test	**	**	ns	**
CV (%)	3.690	0.637	2.297	2.483

Remark: ** Signification at $p \leq 0.05$; ns = Non Significant

a, b, c,… in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

Table 3 Volatile compounds in durian pulp and extract

RI	Volatile compounds	% Relative peak area			Odor description**
		Durian pulp	Water	Ethanol	
517	ethanethiol	10.81	10.65	-	garlic, leek, onion, sulfurous
615	ethyl acetate	-	3.92	-	fruity, sweet
668	ethanol	8.82	-	-	alcoholic
714	ethyl propanoate	-	21.67	-	fruity, sweet
820	ethyl 2-methylbutanoate	11.99	7.67	13.69	fruity, grape, sweet
1136	propyl 2-methylbutanoate	-	1.04	15.68	fruity, sweet
1160	butyl 2-methylbutanoate	3.58	-	-	fruity, sweet
1169	ehtyl 2-butenoate	2.31	1.37	18.07	fruity, sweet
1191	methyl hexanoate	1.92	0.95	17.60	fruity, fresh, sweet
1215	diethyl disulfide	34.60	26.65	-	garlic, leek, onion, sulfurous
1239	ethyl hexanoate	1.25	1.21	1.79	apple, fruity, green, sweet
1270	butanal	-	0.25	-	green, melon
1297	3-hydroxy-2-butanone	0.37	0.36	6.91	fresh, fruity, green, slightly rancid
1325	propyl hexanoate	0.83	0.13	-	fresh, fruity
1339	ethyl heptanoate	1.27	0.51	1.02	fruity, sweet
1351	3-(isobutylthio) propionic acid	2.93	4.17	-	fruity
1369	2-propanol	-	0.91	-	alcoholic
1395	methyl octanoate	0.62	1.08	9.76	orange, fruity
1441	ethyl octanoate	1.18	1.64	2.63	apple, fruity, sweet
1499	2-ethylhexan-1-ol	1.29	1.93	4.00	alcoholic
1528	3-hydroxy ethyl butanoate	-	0.70	-	fruity
1552	butane-2,3-diol (isomer 1)	2.16	0.57	0.77	fruity, onion
1589	butane-2,3-diol (isomer 2)	2.07	0.55	1.64	fruity, onion
1608	3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane (isomer 1)	5.77	4.22	-	garlic
1628	3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane (isomer 2)	6.24	4.67	-	garlic
1641	ethyl decanoate	-	0.24	6.44	apple, caprylic, fruity
1689	3-hydroxy ethyl hexanoate	-	0.72	-	fruity
1786	ethyl isopropyl sulfide	-	2.21	-	sulfurous

<u>หมายเหตุ</u> RI = Retention time index เมื่อเทียบกับสารอัลเคนมาตรฐาน (C_{11}-C_{20})

* ข้อมูลจาก http://www.odour.org.uk/

องค์ประกอบทางเคมีของผงมะม่วงหิมพานต์โดยเทคนิค freeze และ oven dry

Chemical Compostion of Cashew Apple Powder by Freeze and Oven Dry Techniques

ชลกร อมรพิมล[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐาเลาหกุลจิตต์[1]

Amornpimol, C.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

The aim of this study was to evaluate major compositions of cashew apple powder (CAP) by freeze dry and oven dry techniques. Results showed that % yield of both techniques were not different which they were 14-15%. CAP by freeze dry resulted in a greater moisture content at 6.85%. Phenolics, vitamin C, and antioxidant capacity by (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; DPPH)of CAP by freeze dry were increased at 1696.00 mg GAEs/100 g DW, 263.09 mg AA /100 g DWand 1037.32 μmol TEs /g DW, respectively.

Keywords: vitamin C, Tannins, antioxidant activity, phenolics, cashew apple powder

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบสารสำคัญของผลมะม่วงหิมพานต์ผงผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยเทคนิค Freeze dry และ Oven dry พบว่ามะม่วงหิมพานต์จากการทำแห้งทั้งสองวิธีได้ % yield ไม่แตกต่างกัน (14-15 %) โดยการทำแห้งด้วยเทคนิค Freeze dry ทำให้ผงมะม่วงหิมพานต์มีความชื้นสูงเท่ากับ 6.85 % รวมทั้งมีปริมาณฟีนอลิค ปริมาณวิตามินซี และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) สูง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1696.00 mg GAEs/100 g DW, 263.09 mg AA /100 g DW และ 1037.32 μmol TEs /g DW ตามลำดับ

คำสำคัญ: วิตามินซี แทนนิน ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิค ผงมะม่วงหิมพานต์

คำนำ

มะม่วงหิมพานต์ (cashew nut)มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า*Anacardiumoccidentale* L. เป็นไม้ผลยืนต้น ในวงศ์ Anacardiaceae เป็นไม้ผลพื้นเมืองของอเมริกาใต้ที่มีปลูกกันทั่วไป โดยเฉพาะประเทศบราซิล ในประเทศไทยพบว่าสามารถปลูกได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ส่วนของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew nut; CN) หรือผลจริง มีรูปร่างคล้ายไตติดอยู่ปลายสุด นิยมนำเนื้อภายในเมล็ดมาแปรรูปเป็นอาหารว่าง ส่วนของเนื้อผลมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple; CA) หรือผลเทียม มีเนื้อฉ่ำน้ำ นิ่ม รสเปรี้ยว ฝาด ซึ่งเน่าเสียเร็วมากจึงมักทิ้งผลเทียมหลังจากเก็บเมล็ดออก กลายเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มักใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเพิ่มมูลค่าโดยการแปรรูปCAเป็นน้ำมะม่วงหิมพานต์ แยม น้ำส้มสายชู ไวน์ และผงมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple powder; CAP) เป็นต้น และเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการระหว่าง CA และ CN พบว่า CA มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก และยังมีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรท เยื่อใย แร่ธาตุต่างๆ เช่นเดียวกับในส่วนของ CN แต่ CA มีปริมาณน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม CA จะพบวิตามินซีและสารฟีนอลิค ซึ่งจัดเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญและพบในปริมาณที่สูงกว่าส่วนของ CN (Morton, 1987; USDA, 2010)

มีรายงานการวิจัย ระบุว่าใน CA มีสรรพคุณหลายประการ เช่น ช่วยชะลอการดูดซึมกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือดมีส่วนช่วยในการควบคุมน้ำหนัก (Toyomizu และคณะ, 1993) ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ xanthine oxidase ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเก๊าต์ (Masuoka และคณะ, 2004) ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอาการแพ้และอักเสบบริเวณโพรงจมูก (Ha และคณะ, 2005) สามารถยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ tyrosinase ที่ทำให้เกิดจุดด่างดำ และรอยหมองคล้ำใต้ผิวหนังที่เป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งผิวหนัง (Kubo และคณะ, 1994) และช่วยยับยั้งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดสิว (Kubo และคณะ, 1993) นอกจากนี้ ในCAยังมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) อีกหลายๆด้าน ได้แก่ antioxidant (Contreras-Calderón และคณะ, 2010), antitumor (Kubo และคณะ,

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49Tein-talay25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

1993b), antimicrobial (Kubo และคณะ, 1993a) antimutagenic (Melo-Cavalcante และคณะ, 2008), prebiotic effect (Vergaraและคณะ, 2010) และ probiotic (Pereira และคณะ, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสารสำคัญของ CAP ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยเทคนิค freeze dry และ oven dry เพื่อเป็นข้อมูลส่งเสริมนำ CA มาแปรรูปเป็น CAP เพื่อใช้เป็นสารเสริมสุขภาพสำหรับเป็นทางเลือกหนึ่งของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อผู้บริโภคและยังเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งทางการเกษตรจาก CA

อุปกรณ์และวิธีการ

การทำ CAP ด้วยเทคนิค freeze dry (-40°C)และ oven dry(60°C) โดยนำCA (เนื้อ+เปลือก) หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ แล้วเข้าเครื่อง freeze dry เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ oven dry เป็นเวลา 36 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้เป็นผง จากนั้นนำ CAP มาวิเคราะห์ %yield, วิเคราะห์สารฟีนอลิค (total phenolic) โดยวิธี Folin-Ciocalteau (ดัดแปลงจาก Singleton และคณะ, 1999) ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดวิธี 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (ดัดแปลงจาก (Blois, 1985) (antioxidant capacity) วิตามินซี (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995) ใช้วิธีการไตเตรตกับ2,6-dichlorophenolindophenolและ %moisture วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Moisture analyzer

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

CAP ที่ได้จากเทคนิคการทำแห้ง freeze dry และ oven dry ให้ %yield ไม่แตกต่างกัน (14-15%) แต่เทคนิคการทำแห้งด้วย freeze dry ทำให้ CAP มีความชื้นสูง (6.85%) กว่าการใช้ oven dry ซึ่งมีค่าความชื้นไม่แตกต่างจากงานวิจัยของ Costa และคณะ (2008) ที่รายงานว่าเทคนิคการทำแห้งแบบ vacuum dry ทำให้ CAP มีความชื้นเท่ากับ 6.52±0.11% ในการทดลองนี้ CAP จากเทคนิคการทำแห้ง freeze dry มีปริมาณสารฟีนอลิควิตามินซี %inhibition DPPH และ antioxidant capacity สูงกว่า CAP จากเทคนิค oven dry โดยมีค่าเท่ากับ 1696.00 mg GAEs/ 100 g DW,263.09 mg AA/ 100 g DW, 93.72% และ1037.32 µmol TEs/ g DW ตามลำดับ (Figure1) การที่เทคนิคการทำแห้งแบบ freeze dry มีประสิทธิภาพสูงกว่าเทคนิค oven dry เป็นผลมาจากการทำแห้งด้วยเทคนิค freeze dry เป็นการกำจัดน้ำออกจาก CA ในสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าเทคนิค oven dry จึงทำให้ CAP ยังคงมีปริมาณสารสำคัญมากกว่าหรือสูญเสียน้อยกว่า CAP ที่ได้จากเทคนิค oven dry และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยของ Contreras-Calderón และคณะ (2010) ที่ระบุว่า CA มีปริมาณสารฟีนอลิค วิตามินซี และantioxidant capacity สูงเท่ากับ 445 ± 15.2 mg GAEs/ 100 g FW (1582.22 ± 54.04 mg GAEs/ 100 g DW), 228 ± 1.68 mg AA/ 100 g FW (810.67 ± 5.97 mg AA/ 100 g DW)และ 115 ± 15.2 ABTS µmol TEs/ g FW (408.89±54.04ABTS µmol TEs/ g DW) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า CAP ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยเทคนิค freeze dry มีปริมาณสารฟีนอลิคไม่แตกต่างกันส่วนวิตามินซีพบว่ามีปริมาณน้อยกว่า CA ที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งแต่กลับพบว่า antioxidant capacity มีค่าสูงกว่า CA ที่ไม่ผ่านกระบวนทำแห้งทั้งๆ ที่ปริมาณวิตามินซีลดลงเนื่องมาจากงานวิจัยนี้ในระหว่างการทำแห้งไม่ได้ทำการปลอกเปลือกออกจาก CAซึ่งมีความเป็นไปได้ที่ในส่วนของเปลือกอาจมีสารสำคัญชนิดอื่น เช่น carotenoids และanthocyanidins ซึ่งมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Watanabe และคณะ, 2002; Azevedo และคณะ, 2010)จึงเป็นผลให้ antioxidant capacity ในงานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่างานวิจัยของ Contreras-Calderón และคณะ (2010)

สรุปผล

การทำแห้งด้วยเทคนิค oven dry ที่อุณหภูมิ 60 °C มีอิทธิผลต่อปริมาณสาระสำคัญใน CA โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณวิตามินซีที่ลดลง 12.3 เท่า ปริมาณสารฟีนอลิคลดลง 1.5 เท่า และ antioxidant capacity มีค่าสูงกว่า 1.8 เท่าของ CAที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งในขณะที่การทำแห้งด้วยเทคนิค freeze dry ในสภาวะอุณหภูมิต่ำที่-40°C สามารถรักษาปริมาณสารสำคัญไว้ได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิที่ 60°C ซึ่งทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง 3 เท่า ปริมาณสารฟีนอลิคไม่แตกต่างกัน และ antioxidant capacity มีค่าสูงกว่า 2.54 เท่าของ CAที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งจากผลการทดลองสรุปว่าการทำแห้งของ CAP ด้วยเทคนิค freeze dry มีประสิทธิภาพสูงกว่าเทคนิค oven dry

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

AOAC Association of official analytical chemists, 1995, Vitamin C (Ascorbic Acid) in Vitamin Preparations and Juices. 2,6-Dichloroindophenol Titrimetric Method, In AOAC Official Methods of Analysis, 2: 1058 -1059.

Azevedo, J., Fernandes, I., Faria, A., Oliveira, J., Fernandes, A., Freitas, V. d. and Mateus, N., 2010, Antioxidant Properties of Anthocyanidins, Anthocyanidin-3-glucosides and Respective Portisins, Food Chemistry, 119: 518-523.

Blois, M.S., 1985, Antioxidant Determination by Use of Stable Free Radicals, Nature, 29: 1199-1200.

Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernandez, E. and García-Villanova, B., 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.

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 (*Anacardiumoccidentale* L.) and Guava (*PsidiumGuajava*L.) Fruit Powders, Journal of Food Processing and Preservation, 33: 299-312.

Ha, T.J. and Kubo, I., 2005, Lipoxygenase Inhibitory Activity of Anacardic Acids, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 4350-4354.

Kubo, A., Kubo, I. and Muroi, H., 1993a, Antimicrobial Activity of Cashew Apple Flavor Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41: 1108-1109.

Kubo, I., Ochi, M., Vieira, P.C. and Komatsu, S., 1993b, Antitumor Agents from the Cashew (*Anacardiumoccidentale*) Apple Juice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41: 1012-1015.

Masuoka, N., Kubo, I., 2004, Characterization of Xanthine Oxidase Inhibition by AnacardicAcids, Biochimicaet Biophysica Acta, 1668: 245– 249.

Melo-Cavalcante, A.A., Picada, J.N., Rubensama, G., and Henriques, J.A.P., 2008, Antimutagenic Activity of Cashew Apple (*Anacardium occidentale* Sapindales, Anacardiaceae) Fresh Juice and Processed Juice (Cajuína) Against Methyl Methanesulfonate, 4-Nitroquinoline N-oxide and Benzo[a]pyrene, Genetics and Molecular Biology, 31(3): 759-766.

Morton, J.,Cashew apple, 1995, [Online], Available: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/cashew_apple.html [June 25, 2011].

Pereira, A.L.c.F., Maciel, T.C. and Rodrigues, S., 2010, Probiotic Beverage from Cashew Apple Juice Fermented with *Lactobacillus casei*, Food Research International, 44: 1276-1283.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M., 1999, Analysis of Total Phenol and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin–Ciocalteau Reagent, Methods in Enzymology, 299: 152-178.

Toyomizu, M., Sugiyama, S., Jin, R.L. and Nakatsu, T., 1993, α-Glucosidase and Aldose Reductase Inhibitors, Constituents of Cashew, *Anacardiumoccidentale*, Nut Shell Liquids, Phytotherapy Research, 7: 252-254.

Vergara, C.M.d.A.j.C., Honorato, T.L., Maia, G.A. and Rodrigues, S., 2010, Prebiotic Effect of Fermented Cashew Apple (*Anacardiumoccidentale* L) Juice, LWT-Food Science and Technology, 43: 141-145.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2010, Nuts, Cashew Nuts, Raw, [online], Available: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl [June 25, 2011].

Watanabe, M., Musumi, K. and Ayugase, J., 2002, Carotenoid Pigment Composition, Polyphenol Content, and Antioxidant Activities of Extracts from Orange-colored Chinese Cabbage, LWT - Food Science and Technology, 44: 1971-1975.

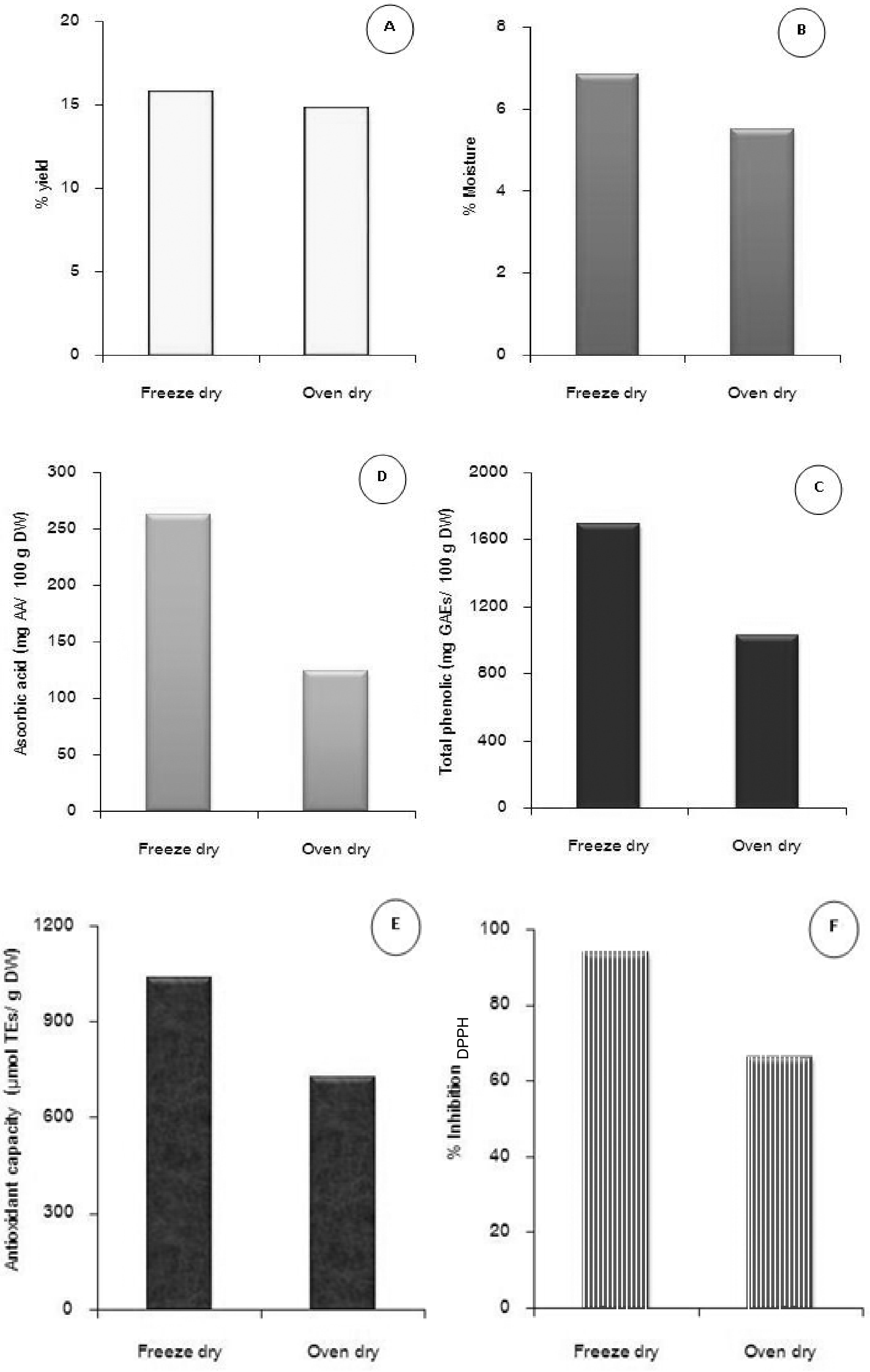


Figure 1%yield (A), %moisture (B), total phenolic (C), ascorbic acid (D), antioxidant capacity (E) and % inhibition (F) of cashew apple powder by freeze dry and oven dry techniques.

อิทธิพลของแอมโมเนียมไนเตรตต่อการเจริญเติบโตและปริมาณฟีนอลิคใน cell suspension ขององุ่น

Effects of Ammonium Nitrate on Cell Growth and Production of Phenolic Compounds in Cell Suspension Cultures of *Vitis vinifera*

นภาภรณ์ แซ่ลี้[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Sae-Lee, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Seedling shoot and root callus of *Vitis vinifera* cv. Ribier (Pok Dum) growth MS medium supplemented with 6-Benzyladenine (BA) at 0.1 mg/L, sucrose 20 g/L and agar 8 g/L, were transferred into suspension culture. The biomass accumulation and secondary metabolites productions were observed in suspension culture with ammonium nirate (NH_4NO_3) at difference concentration (500, 1,000, 5,000 and 10,000 mg/L). It was found that the greatest of dried biomass (0.433 g/L) was from *V. vinifera* suspension culture treated with NH_4NO_3 500 mg/L for 21 days. Medium supplemented with NH_4NO_3 5,000 mg/L resulted in the highest accumulation of phenolic contents which at 85.90 mg/100g DW. In addition, resveratrol concentration increased to maximum at 39.21 µg/g DW in liquid medium supplemented with NH_4NO_3 at 1,000 mg/L

Keywords: *Vitis vinifera*, phenolics, resveratrol, suspension culture

บทคัดย่อ

การนำแคลลัสจากส่วนยอดและรากขององุ่นพันธุ์ป๊อกดำ (*Vitis vinifera* cv. Ribier (Pok Dum)) ที่เจริญบนอาหารสูตร MS ที่เติม 6-Benzyladenine (BA) 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 20 กรัมต่อลิตร และ agar 8 กรัมต่อลิตร มาเพาะเลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยในอาหารเหลวสูตร MS เติมแอมโมเนียมไนเตรต 5 ความเข้มข้นคือ 500, 1,000, 5,000 และ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเซลล์แขวนลอยองุ่นมีน้ำหนักแห้งสูงสุดหลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 21 วัน เมื่อเติมแอมโมเนียมไนเตรตเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเท่ากับ 0.43 กรัมต่อลิตร และการเติมแอมโมเนียมไนเตรตความเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำเซลล์แขวนลอยขององุ่น ให้มีปริมาณ phenolics สูงที่สุด เท่ากับ 85.90 mg/100g DW นอกจากนี้การเติมแอมโมเนียมไนเตรตในอาหารเหลว 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้เซลล์แขวนลอยองุ่นมีปริมาณ resveratrol สูงสุด เท่ากับ 39.21 µg/g DW

คำสำคัญ: องุ่น phenolics resveratrol เซลล์แขวนลอย

Introduction

Grape cell cultures accumulate a wild range of flavonoids in common with grapes and grape seeds, including anthocyanins, flavan-3-ols, flavonols, and stilbenes, that are biologically active (Jang *et al.*, 1997; Waffo-Teguo *et al.*, 2001; Yousef *et al.*, 2004). Polyphenols are well-known as antioxidans, veinotonics and they may be determinant in the interest of fruit and vegetable consumption for prevention of chronic degenerative diseases, especially against atherosclerosis and concretization (Kris-Etherton *et al.*, 2002; Scalbert and Williamson, 2000). Plant cell cultures are a means to study or to produce some active metabolites such as alkaloids, triterpenes, quinines or polyphenols (Oksman-Caldentey and Inze, 2004) Cell suspension culture cultures represent the best system of cultivation for producing secondary metabolites because fast growth rates can be achieved. Several biotechnological advances have been developed in tissue culture that improve secondary metabolite production such as optimization of cultural conditions, selection of high-producing strains of lines, precursor feeding, elicitation, metabolic engineering, transformed root cultures,

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

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

among others (Sarin, 2005). However, there are very few reports of using macro element to induce phenolic increment in vitro or medium culture, in this study we have investigated the affects of different concentration of nitrogen on cell suspension cultures of *V. vinifera* for biomass accumulation and phenolic production.

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 BA without agar was used for suspension culture. About 200 mg callus tissues was transferred from solidified medium into 150 conical flasks containing 50 ml of liquid medium. The cultures were incubated on a rotary shaker operated at 120 rpm.

Macro element of cell culture

To stimulate phenolic production from cell suspension, ammonium nitrate was tested. To investigate the effects of ammonium nitrate, cell were cultured in MS-based medium with ammonium nitrate at difference concentration (500, 1,000, 5,000, 10,000 mg/L). Cells were collected immediately (time 0) and at 7, 14, 21, 28 days after treatment. The harvested cells on the filter paper were used for determination of dry cell weight, phenolic content and resveratrol content.

Parameters

Analysis plant growth; the biomass = total fresh weight/initial volume (g/L)

Analysis of chemical plant; phenolic content (measurement with UV-visible spectrophotometer), resveratrol content (measurement with high performance liquid chromatography (HPLC))

Results and Discussion

The effect of different macro elements and its varying concentrations play an important role in the biomass accumulation and secondary metabolite production in the present study. The growth characteristics were examined during the 28 days of culturing using dry weights. The cell lines of *V. vinifera* were in lag phase for 7-14 days. Then, they were started to grow exponentially until reaching a stationary phase within 14-21 days, then a death phase due to consumption of the nutrients and lack of oxygen (Gueven and Knorr, 2011). Cell dried weight was enhanced with increase of initial NH_4NO_3 from 500 and 1,000 mg/L. The highest of dried biomass from *V. vinifera* suspension culture after treated with NH_4NO_3 500 mg/L and 1,000 mg/L (0.43 and 0.42 g/L, respectively) was reached at day 21 of incubation period (Figure 1). This is due to the uptake of ammonium and nitrate ions by the cells, essential for their growth (Gueven and Knorr, 2011). Phenolic contents were measured according to the Folin-Ciocaltue method, and expressed in gallic acid equivalents. The kinetics of phenolic contents production by the cell suspension culture was presented in Table 1. Phenolic contents began to increase rapidly during the early lag growth phase, reaching a maximum value at day 14th (85.90 mg/100g DW) after treated with ammonium nitrate 5,000 mg/L. The amounts of phenolic contents were

increased by 53% in the cells suspension as compared with control cultures. HPLC determination of the resveratrol accumulation when treated with (0, 500, 1,000, 5,000 and 10,000 mg/L) was shown in Table 2. The contents of resveratrol increased with an increasing of NH_4NO_3 level. The resveratrol concentration increased to maximum at day 21^{th} and then gradually decreased. The best results were achieved with 5,000 mg/L (39.21 µg/g DW) at day 21^{th} of the culture duration. A relatively similar graduation was previously observed for the white mulberry (Lee *et al*., 2010). Nitrogen sources are important for secondary product synthesis of compounds such as alkaloids (Zhong, 2001), anthocyanins, and shikonin from cell suspension cultures (Kim and Chang, 1990).

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 ammonium nitrate. The highest accumulation of biomass was recorded in the medium with NH_2NO_3 500 mg/L and the highest production of phenolic contents was recorded in the medium with 5,000 mg/L. The highest resveratrol production of 39.21 µg/g DW in liquid medium supplemented with NH_2NO_3 at 1,000 mg/L.

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 and Agriculture Research and Development Agency (ARDA).

Literature cited

Gueven, A. and Korr, D., 2011, Isoflavonoid Production by Soy Plant Callus Suspension Culture, Journal of Food Engineering, 103: 237-243.

Jang, M., Cai, L., Udeani, G.O., Slowing, K.V., Thomas, C.F., Beecher, C.W.W., Fong, H.H.S., Farnsworth, N.R., Kinghorn, A.D., Mehta, R.G., Moon, R.C. and Pezzuto, J.M., 1997, Cancer Chemopreventive Activity of Resveratrol, a Natural Product Derived from Grapes, Science, 275: 218–220.

Kim, D.J. and Chang, H.N., 1990, Enhanced Shikonin Production from *Lithospemum erythrorhizon* by *in situ* Extraction and Calcium Alginate Immobilization, Biotechnology and Bioengineering, 36: 460–466.

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.

Lee, Y., Lee, D.E., Lee, H.S., Kim, S.K., Lee, W.S., Kim, S.H. and Kim, M.W., 2010, Influence of Auxins, Cytocynins, and Nitrogen on Production of Rutin from Callus and Adventitious Roots of the White Mulberry Tree (*Morus alba* L.), Journal of Plant Cell Tissue Organism Culture, 105(1): 9-19.

Oksman-Caldentey, K.M. and Inze, D., 2004, Plant Cell Factories in the Postgenomicera: New Ways to Produce Designer Secondary Metabolites, Trends in Plant Science, 9: 433–440.

Sarin, S., 2005, Useful Metabolites from Plant Tissue Cultures, Biotechnology, 4: 79–93.

Scalbert, A. and Williamson, G., 2000, Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols, Journal of Nutrition, 130: 2073S-85S.

Waffo-Teguo, P., Hawthorne, M.E., Cuendet, M., Merillon, J.M., Kinghorn, A.D., Pezzuto, J.M. and Mehta, R.G., 2001, Potential Cancer-chemopreventive Activities of Wine Stilbenoids and Flavans Extracted from Grape (*Vitis vinifera*) Cell Cultures, Nutrition and Cancer, 40, 173–179.

Yousef, G.G., Seigler, D.S., Grusak, M.A., Rogers, R.B., Knight, C.T., Kraft, T.F., Erdman Jr., J.W. and Lila, M.A., 2004, Biosynthesis and Characterization of 14C-enriched Flavonoid Fractions from Plant Cell Suspension Cultures, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 1138–1145.

Zhong, J.J., 2001, Biochemical Engineering of the Production of Plant Specific Secondary Metabolites by Cell Suspension Cultures, Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology, 72: 1–26.

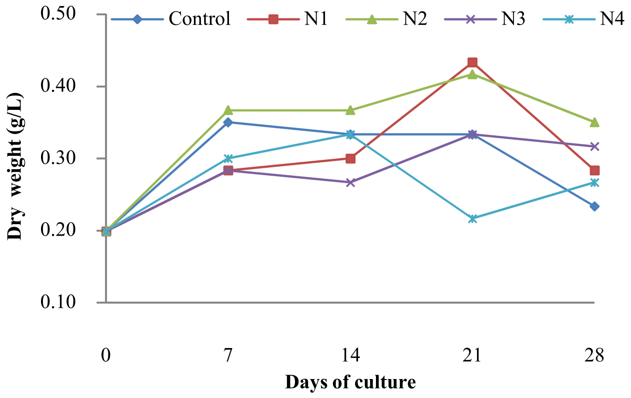


Figure 1 Growth of *V. vinifera* cv Pok Dum cell suspension cultures after elicitor. The cells were treated with ammonium nitrate (NH_4NO_3; *C* Control, *N1* 500 mg/L, *N2* 1,000 mg/L, *N3* 5,000 mg/L, *N4* 10,000 mg/L)

Table 1 Effect of ammonium nitrate level on phenolic contents (mg/g DW) of the *Vitis vinifera* cell suspension cultures.

NH_4NO_3 concentration (mg/L)	phenolic contents (mg/g) (age of cell; day)			
	7 day	14 day	21 day	28 day
0	42.76	39.72	37.99	30.08
500	65.55	71.91	29.64	18.88
1,000	51.98	56.52	63.34	39.89
5,000	49.94	85.90	47.63	53.73
10,000	14.50	53.36	55.65	13.62

Table 2 Effect of ammonium nitrate level on resveratrol of the *Vitis vinifera* cell suspension cultures measured in HPLC and expressed in standard (µg/g DW).

NH_4NO_3 concentration (mg/L)	resveratrol contents (µg/g) (age of cell; day)			
	7 day	14 day	21 day	28 day
0	<0.01	<0.01	<0.01	31.43
500	<0.01	23.38	7.27	<0.01
1,000	22.45	30.86	39.21	30.99
5,000	<0.01	<0.01	19.80	<0.01
10,000	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 253-256 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 253-256 (2554)

การตรวจสอบความเป็นพิษต่อยีนและฤทธิ์ยับยั้งการกลายพันธุ์ของสารสกัดจากลองกอง โดยใช้แบคทีเรีย *Salmonella*

Genotoxicity Test and Antimutagenic Activity of Longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) Fruit Extracts Using *Salmonella* Mutation Assay

จันทร์เพ็ญ แสงประกาย[1] อภิญญา จุฑางกูร[2] และ ช่อลัดดา เที่ยงพุก[3]
Saengprakai, J.[1], Chudhangkura, A.[2] and Teangpook, C.[3]

Abstract

Longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) is a local tree in hot humid tropical forest and an economically important plant of Peninsula Thailand. It belongs to the Meliaceae family and originate from the Java, Malau, the Philipines Islands and the South of Thailand. The fruit pulp is aromatic smell, sweet taste and contains high percentage of vitamins and minerals. The aim of this study was to evaluate the mutagenic and antimutagenic activities of Longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) pulp by Salmonella/microsome mutagenicity assay. The experiments were carried out by treating *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100 with and without metabolic activation (S-9mix) to test direct or indirect mutagen of water, methanol and ethylacetate extracts of Longkong pulp. The result illustrated that substances in all studied extract solvents were not neither direct or indirect mutagen in *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100. The antimutagenicity of Longkong extracts against direct mutagen (1-Aminopyrene treated with nitrite) and indirect mutagen (Trp-P-1) were studied. Methanol extract showed the highest antimutagenic activity in *Salmonella typhimurium* TA 98 and TA100 when tested with direct and ethylacetate extract had the highest mutagenic activity in *Salmonella typhimurium* TA 98 and TA 100 when tested with indirect mutagen.

Keywords: mutagenic activity, anti-mutagenic activity, Longkong fruit

บทคัดย่อ

ลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff.) เป็นไม้ยืนต้นพื้นเมืองของเขตร้อน จัดอยู่ในวงศ์ *Mellaceae* มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบหมู่เกาะชวา หมู่เกาะมลายู หมู่เกาะฟิลิปปินส์ และทางตอนใต้ของประเทศไทย ลองกองถูกจัดเป็นไม้ผลที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจ ส่วนที่นำมาใช้เป็นอาหารคือผล เนื้อของผลมีรสหวาน กลิ่นหอม อุดมด้วยวิตามินและเกลือแร่ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์หลากหลายชนิดซึ่งมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความปลอดภัยของสารสกัดลองกองและหาคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของลองกอง โดยเริ่มจากประเมินความเป็นพิษต่อยีนของสารสกัดลองกองในตัวทำละลายน้ำ เมทานอล และเอทิลอะซีเตท โดยใช้แบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA 98 (การเลื่อนของเบส) และ TA 100 (การแทนที่ของเบส) เป็นตัวทดสอบ เพื่อวัดการกลายพันธุ์แบบชนิดโดยตรง (direct mutagen) และชนิดโดยอ้อม (indirect mutagen) ซึ่งทำโดยการไม่เติมระบบเอนไซม์กระตุ้นการเกิดพิษ (S-9 mix) และการเติมเอนไซม์ S-9 mix ในโมเดลที่ทดสอบ ตามลำดับ ผลพบว่าสารสกัดลองกองในตัวทำละลายน้ำ เมทานอล และเอทิลอะซีเตท ไม่แสดงฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ในทุกความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบทั้งแบบโดยตรงและโดยอ้อม จากนั้นจึงศึกษาฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของลองกองที่มีต่อสารก่อกลายพันธุ์ชนิดตรง (สารก่อกลายพันธุ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไนไตรทกับ 1-Aminopyrene) และสารก่อกลายพันธุ์ชนิดอ้อม (Trp-P-1) พบว่าในการทดสอบกับเชื้อ *Salmonella typhimurium* ในระบบที่ไม่มีเอ็นไซม์กระตุ้นโดยมีสารที่เกิดจากปฏิริยาระหว่างไนไตรทกับ 1-Aminopyrene เป็นสารก่อกลายพันธุ์นั้น สารสกัดลองกองในเมทานอลมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์สูงที่สุด ในสายพันธุ์ TA98 และสายพันธุ์ TA100 รองมาเป็นสารสกัดลองกองในเอทิลอะซีเตท และสารสกัดลองกองในน้ำ ตามลำดับ ส่วนการทดสอบกับเชื้อ *Salmonella typhimurium* ในระบบที่มีเอ็นไซม์กระตุ้นโดยมี Trp-P-1 เป็นสารก่อกลายพันธุ์นั้น สารสกัดลองกองในเอทิลอะซีเตทมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์สูงที่สุดในสายพันธุ์ TA98 ตามมาด้วยสารสกัดลองกองในเมทานอล และสารสกัดลองกองในน้ำ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ การต้านการกลายพันธุ์ ผลลองกอง

---

[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

คำนำ

โรคมะเร็งเป็นปัญหาทางสาธารณสุขของโลกรวมถึงประเทศไทย โรคร้ายชนิดนี้ครองสาเหตุการตายของประชากรไทยเป็นอันดับ 1 มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 แนวโน้มของผู้ป่วยใหม่และการเสียชีวิตมีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องทุกปี ในปีพ.ศ. 2552 คนไทยเสียชีวิตจากโรคมะเร็งจำนวน 56,058 ราย หรือ 88.34 รายต่อประชากร 1 แสนคน ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 10.7% เมื่อเปรียบเทียบกับสถิติ พ.ศ. 2548 ปัจจุบันมะเร็งตับและทางเดินน้ำดีเป็นสาเหตุการเสียชีวิตที่สำคัญอันดับ 1 ในเพศชาย มะเร็งเต้านมเป็นสาเหตุใหญ่ในการตายของเพศหญิง (มะเร็งวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทย) ถึงแม้ว่าโรคมะเร็งจะมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ แต่ความสัมพันธ์ระหว่างอาหารกับมะเร็งเป็นสิ่งนักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจและทำการศึกษามาเป็นเวลานาน จนสามารถสรุปว่าปัจจัยจากอาหารนับว่าเป็นตัวหลักที่มีอิทธิพลในการเพิ่มหรือลดการเกิดโรคมะเร็งได้ เนื่องจากอาหารเป็นแหล่งที่มาของสารก่อมะเร็ง สารร่วมก่อมะเร็ง รวมถึงสารที่มีฤทธิ์ในทางตรงกันข้ามคือ สารต้านมะเร็ง หลักฐานการศึกษาทางระบาดวิทยายืนยันว่าการบริโภคผักและผลไม้เป็นประจำสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งบางชนิดได้ (Block และคณะ, 1992)

ลองกองเป็นหนึ่งในไม้ผลเมืองร้อนที่สำคัญของไทย จัดอยู่ในวงศ์ *Mellaceae* ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกันกับลางสาด ดูกู และกระท้อน มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบหมู่เกาะชวา หมู่เกาะฟิลิปปินส์ และทางตอนใต้ของประเทศ เนื้อของผลมีความฉ่ำ กลิ่นหอม รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย มียางน้อย เปลือกและเมล็ดมีสรรพคุณเป็นยาลดไข้แผนโบราณ (Verheij และ Coronel, 1992) เนื้อลองกองอุดมด้วยวิตามินบีและฟอสฟอรัส รวมถึงมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันหอมระเหยและกรดอินทรีย์ ที่ช่วยทำให้ลองกองมีกลิ่นและรสชาติหอมหวาน ชวนรับประทาน น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากลองกองมีสารประกอบหลายชนิด เช่น oleic acid (14.8%) α-copaene (11.15%) germacrene-D (9.16%) ส่วนกรดอินทรีย์ 4 ชนิดที่พบได้แก่ maleic acid citric acid malic acid และ glycolic acid (Chairgulprasert และคณะ, 2006) Lankaputhra และ Shah (1998) รายงานว่ากรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น acetic acid butyric acid lactic acid pyruvic acid มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกลายพันธุ์ที่เกิดจากสารก่อกลายพันธุ์แบบตรงและแบบอ้อมได้ ดังนั้นการศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับคุณประโยชน์เชิงสุขภาพในแง่การต้านการกลายพันธุ์ รวมถึงศึกษาความปลอดภัยน่าจะมีส่วนช่วยส่งเสริมการบริโภคผลไม้ไทยอย่างยั่งยืน ตลอดจนเป็นการเน้นความสำคัญของอาหารประเภทผลไม้ที่มีต่อสุขภาพ โดยเฉพาะการช่วยลดอัตราการเกิดโรคที่มีสาเหตุจากความเสื่อมของร่างกายอันรวมถึงโรคมะเร็ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างสารสกัดลองกอง

ตัวอย่างลองกองสดจาก จ.นราธิวาส ผ่านการล้างน้ำทำความ นำส่วนที่รับประทานได้ของลองกอง มาสกัดในตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล เอทิลอะซีเตท ในสัดส่วน 1:5 (w/v) โดยใช้เครื่องปั่น blender แล้วนำไปเขย่าในเครื่อง shaker เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ส่วนที่สกัดได้จากตัวทำละลายแต่ละชนิดผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no.4 เพื่อแยกเอากากออก แล้วนำไประเหยโดยใช้เครื่อง Vacuum rotary evaporator ชั่งน้ำหนักสารที่สกัดได้ เพื่อหา % yield (Table 1) แล้วจึงละลายตัวอย่างที่สกัดได้ใน Dimethylsulfoxide (DMSO) เพื่อได้ความเข้มข้นที่แน่นอน

การทดสอบความเป็นพิษต่อยีนของสารสกัดจากลองกอง

การศึกษานี้ใช้วิธี preincubation method (Yahagi และคณะ, 1975) มีการทำดังนี้ นำสารสกัดลองกองมาละลายใน dimethylsulfoxide (DMSO) ให้มีความเข้มข้น 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารละลายลองกองในความปริมาตรต่างๆ (0 10 20 50 และ100 ไมโครลิตร) ผสมกับเชื้อ *Salmonella typhimurium* 0.1 มิลลิลิตร (เลี้ยงใน Oxoid nutrient broth No.2 ที่ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะมีออกซิเจนเป็นเวลา 16 ชั่วโมงก่อนการทดลอง) เติม 0.1 มิลลิลิตรของ S-9 mix (ภาวะมีเอนไซม์กระตุ้นการเกิดพิษ) หรือ 0.1 มิลลิลิตรของ Phosphate buffer (ภาวะไม่มีเอนไซม์กระตุ้นการเกิดพิษ) เมื่อเขย่าในอ่างน้ำอุ่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำมาเติม top agar ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ก่อนที่จะเทลงบน minimal glucose agar plate แล้วนำไปบ่มใน incubator ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวน revertant colony ที่ได้จากการทดลอง

การทดสอบฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของสารสกัดจากลองกอง

รูปแบบที่ 1 ทำการทดลองโดยเตรียมสารก่อกลายพันธุ์ชนิดตรง โดยนำอะมิโนพัยรีน 0.0138 มิลลิโมลาร์ ใส่ในกรดไฮโดรคลอริก 0.2 นอร์มอล ปริมาตร 0.65 มิลลิลิตร เพื่อปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 3.0-3.5 แล้วจึงเติมโซเดียมไนไตรท์ 2 โมลาร์ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าในอ่างน้ำอุ่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำ

หลอดทดลองมาแช่ในอ่างน้ำแข็งเพื่อหยุดปฏิกิริยา เป็นเวลา 1 นาที แล้วจึงเติมแอมโมเนียมซัลฟาเมต เพื่อทำลายไนไตรท์ที่ตกค้างอยู่ แช่ในน้ำแข็งนาน 10 นาที ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของอะมิโนพัยรีนกับไนไตรท จะใช้เป็นสารก่อกลายพันธุ์ชนิดตรง จากนั้นจึงนำสารสกัดจากลองกองมาทดสอบฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ต่อไป โดยการเติมสารก่อกลายพันธุ์ชนิดตรงที่ได้จากข้างต้น 50 ไมโครลิตร ผสมกับสารสกัดจากลองกองปริมาตรต่างๆ (0 10 20 50 และ 100 ไมโครลิตร) ในหลอดทดลอง เติม *Salmonella typhimurium* 0.1 มิลลิลิตร และเติมบัฟเฟอร์ Na_3PO_4-KCl (pH 7.4) สาร 0.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าในอ่างน้ำอุ่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จึงเติม top agar 2 มิลลิลิตร และเทลง minimal glucose agar plate นำเข้าตู้ incubator ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงจากนั้นนับจำนวน revertant colony ในการทดลองทุกครั้งมีการทำ positive control ที่มีเฉพาะสารก่อกลายพันธุ์มาตรฐาน และ negative control ที่มีเฉพาะตัวทำละลายตัวอย่าง คู่ขนานกันไปกับการทดลอง

รูปแบบที่ 2 ทำโดยเติมสารก่อกลายพันธุ์มาตรฐานร่วมกับสารสกัดลองจากกอง โดยดูด Trp-P-1 ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง แล้วตามด้วยสารสกัดจากลองกองปริมาตรต่าง ๆ (0 20 50 100 200 ไมโครลิตร) เติม *Salmonella typhimurium* 0.1 มิลลิลิตร และเอ็นไซม์ S-9 mix 0.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าในอ่างน้ำอุ่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่เหลือทำเช่นเดียวกันกับวิธีในรูปแบบที่1

การวิเคราะห์ข้อมูล

กรณีทดสอบความเป็นพิษต่อยีน(การกลายพันธุ์) พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของ revertant colony ต่อจานเลี้ยงเชื้อ โดยหลักเกณฑ์กำหนดว่าผลบวกเกิดขึ้นเมื่อสารสกัดตัวอย่างให้ค่า revertant colony สูงกว่าค่าของ background (revertant colony ที่เกิดตามธรรมชาติ) 2 เท่า และแสดง dose-response relationship (20) ส่วนกรณีการทดสอบฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์นั้น แสดงเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดลองกองที่สามารถลดฤทธิ์การกลายพันธุ์ลงครึ่งหนึ่ง (IC_{50})

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อยีนของสารสกัดจากลองกอง

ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อยีนโดยตรวจวัดฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ (Table 2) พบว่าสารสกัดลองกองในตัวทำละลายน้ำ เมทานอล และเอทิลอะซีเตท ไม่แสดงฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ใน *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98 ที่มีลักษณะการกลายพันธุ์แบบ frameshift mutation และ TA100 ที่กลายพันธุ์แบบ base-pair substitution mutation เมื่อทดสอบที่ความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 3.13 6.25 12.50 และ 25.0 mg/plate ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีเอ็นไซม์ S-9 mix ช่วยกระตุ้น โดยพิจารณาจากจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่กลายพันธุ์/plate มีค่าใกล้เคียงกับค่าการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ แสดงว่าสารสกัดจากลองกองไม่มีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ทั้งแบบ direct mutagen และแบบ indirect mutagen ข้อมูลนี้ช่วยยืนยันถึงความปลอดภัยว่าสารสกัดจากลองกองนั้นไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อ DNA หรือ ยีน ซึ่งจะส่งผลต่อการกลายพันธุ์อันเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของกระบวนการเกิดมะเร็ง (วรรณี, 2540)

ฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดจากลองกอง

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดจากลองกองในตัวทำละลายต่างชนิดกัน (Table 3) ภายใต้สภาวะจำลองในรูปแบบที่ 1 ซึ่งเป็นการศึกษาฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของสารสกัดจากลองกองต่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาของอะมิโนพัยรีนกับไนไตรท ในสภาวะที่ไม่มีการกระตุ้นความเป็นพิษจากเอนไซม์ พบว่าสารสกัดลองกองในเมทานอล ให้ผลในการต้านการก่อกลายพันธุ์สูงที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.14 และ 3.95 มิลลิกรัม/จานเลี้ยงเชื้อ เมื่อทดสอบด้วย *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ TA100 ตามลำดับ รองลงมา คือ สารสกัดลองกองในเอทิลอะซีเตท และ สารสกัดลองกองในน้ำ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันทำให้ได้ปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการก่อกลายพันธุ์ของสารก่อกลายพันธุ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไนไตรทกับอะมิโนพัยรีนได้ต่างกัน ส่วนผลการทดสอบฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของสารสกัดจากลองกองต่อสารก่อกลายพันธุ์มาตรฐาน Trp-P-1 (Table 4) ในสภาวะที่มีเอนไซม์กระตุ้นการเกิดพิษ พบว่าสารสกัดลองกองในเอทิลอะซีเตท ให้ผลในการต้านการก่อกลายพันธุ์สูงที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 8.24 และ 6.02 มิลลิกรัม/จานเลี้ยงเชื้อ เมื่อทดสอบด้วย *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ TA100 ตามลำดับ

สรุปผล

สารสกัดจากลองกองในตัวทำละลายน้ำ เมทานอล และเอทิลอะซีเตท ทุกความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบไม่มีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ แต่มีฤทธิ์ในการต้านการกลายพันธุ์อันเกิดจากสารก่อกลายพันธุ์ทั้งแบบชนิดตรงและชนิดอ้อม โดยสารสกัดลองกองในเมทานอล ให้ผลในการต้านการก่อกลายพันธุ์สูงที่สุดเมื่อทดสอบโดยใช้สารก่อกลายพันธุ์ชนิดตรง และสารสกัดลองกองในเอทิลอะซีเตท ให้ผลในการต้านการก่อกลายพันธุ์สูงที่สุดเมื่อทดสอบโดยใช้สารก่อกลายพันธุ์ชนิดอ้อม

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนงบประมาณการทำวิจัย และดร.วรรณี คูสำราญ จากสถาบันมะเร็งแห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุข ที่เอื้อเฟื้อเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium*

Table 1 Yield (%) of Longkong fruit extracts.

Yield	Water	Methanol	Ethylacetate
Yield (%)	5.16	4.79	2.55

Table 2 Mutagenicity of Longkong fruit extracts.

Solvent used to prepare extract	Concentration (mg/plate)	No. of revertant colonies / plate (mean±S.E.)			
		TA98		TA100	
		-S-9 mix	+ S-9 mix	-S-9 mix	+ S-9 mix
Water	0	19 ± 3	24 ± 5	105 ± 10	128 ± 21
	3.13	20 ± 1	22 ± 2	93 ± 9	130 ± 23
	6.25	11 ± 2	16 ± 5	118 ± 14	112 ± 17
	12.50	21 ± 1	20 ± 3	121 ± 23	149 ± 22
	25.00	13 ± 3	17 ± 6	97 ± 15	116 ± 18
Methanol	0	19 ± 3	24 ± 5	105 ± 10	128 ± 21
	3.13	20 ± 5	16 ± 1	143 ± 24	161 ± 7
	6.25	14 ± 1	25 ± 8	159 ± 31	182 ± 9
	12.50	17 ± 4	29 ± 4	155 ± 18	145 ± 16
	25.00	21 ± 6	34 ± 2	120 ± 13	156 ± 32
Ethylacetate	0	19 ± 3	24 ± 5	105 ± 10	128 ± 21
	3.13	24 ± 5	28 ± 7	119 ± 17	144 ± 25
	6.25	23 ± 6	29 ± 1	143 ± 20	160 ± 19
	12.50	18 ± 7	30 ± 5	162 ± 8	183 ± 14
	25.00	21 ± 5	36 ± 4	128 ± 16	125 ± 10
Positive control					
NPD (20 ug/plate)		1374 ± 64	-	-	-
Trp-P-1 (50 ng/plate)		-	480 ± 29	-	-
AF-2 (10 ng/plate)		-	-	842 ± 51	-
B(a)P (12 ug/plate)		-	-	-	631 ± 47

Postive control: NPD, 4-nitro-o-phenylenediamine; Trp-P-1, 3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indole; AF-2, 2-(2-furyl)-3-(5-nitro-2 furyl)acrylamide; B(a)P, Benzo(a)pyrene.

Table 3 Half-inhibition (IC_{50}) of the antimutagenicity of Longkong fruit extracts on the mutagenicity of sodium nitrite-treated 1-aminopyrene on *Salmonella typhimurium* strain TA98 and TA100 without metabolic activation.

Solvent extract	IC_{50} (mg/plate)	
	TA98	TA100
Water	9.67	13.46
Methanol	3.14	3.95
Ethylacetate	5.47	8.38

Table 4 Half-inhibition (IC_{50}) of the antimutagenicity of Longkong fruit extracts toward mutagenesis induced by Trp-P-1 on *Salmonella typhimurium* strain TA98 and TA100 with metabolic activation.

Solvent extract	IC_{50} (mg/plate)	
	TA98	TA100
Water	11.15	14.08
Methanol	9.31	9.56
Ethylacetate	8.24	6.02

เอกสารอ้างอิง

มะเร็งวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทย, คนไทยเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งวันละ 156 ราย [สืบค้น], http://stopcancer.igetweb.com/index.php?mo=3&art=574881 [1/July/11]

วรรณี คูสำราญ, 2540, ขบวนการและสาเหตุการเกิดโรคมะเร็ง, เอกสารประกอบการสัมมนาพิษวิทยา' 39 เรื่องความปลอดภัยของอาหารและสุขภาพ จัดโดย สมาคมพิษวิทยาแห่งประเทศไทย, หน้า 13-38.

Block, G., Patterson, B. and Subar, A., 1992, Fruit, Vegetables and Cancer Prevention; A Review of the Epidemio-logical Evidence, Nutrition and Cancer, 18: 1-29.

Chairgulprasert, V., Krisornpornsan, B. and Hamad, A., 2006, Chemical Constituents of the Essential Oil and Organic Acids from Longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) Fruits, Songklanakarin J. Sci. Technol., 28(2): 321-326.

Lankaputhra, W.E.V. and Shah, N.P., 1998, Antimutagenic Properties of Probiotic Bacteria and of Organic Acids, Mutat. Res., 397:169–182.

Verheij, E.W.M. and Coronel, R.E., 1992, Edible Fruits and Nuts, Plants Resources of South-East Asia No.2 PROSEA, Bogor, Indonesia.

Yahagi, Y., Degawa, M., Seino, Y., Matsushima, T. and Nagao, M., 1975, Mutagenicity of Carcinogenic Azo Dyes and Their Derivatives, Cancer Lett., 1: 91-96.

ผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในสับปะรดและแปลงปลูกสับปะรด

Residual Effects of Herbicides in Pineapple and Pineapple Fields

เริงนภรณ์ โม้พวง[1] สมชาติ หาญวงษา[1].ยรรยง เฉลิมแสน[1] คชรัตน์ ทองฟัก[1] และ นันทยา เก่งเขตร์กิจ[1]
Mopoung, R.[1], Hanwongsa, S.[1], Chaloemsaen, Y.[1], Thongfak, K.[1] and Kengkhetkit, N.[1]

Abstract

This research studies residual effect of herbicides in pineapples and pineapple fields in the areas that had never been used for pineapples plantation in Tambol Nong Krathao, Nakhon Thai district, Phitsanulok province. The area was divided into 2 plots: control area in which weeds were eradicated by means of hand-plucking, and experimental area in which herbicides – Bromacil and Diuron – were sprayed. Analysis of pre-planting soil revealed no trace of Bromacil and Diuron. After planting pineapples for 8 months, before the second round of herbicides spraying, no trace of herbicides was found in the control plot. However, in the experimental plot, Bromacil and Diuron were found at 0.030 mg/kg and 0.023 mg/kg, respectively. After 14 months of planting, no trace of herbicides was still found in the control plot. On the contrary, Bromacil and Diuron were found at 0.081 and 0.057 mg/kg, respectively, in the experimental plot. No trace of Bromacil and Diuron was found in pineapples. Even though residual of herbicides was found in plantation fields, its level was lower than those specified by the National Agricultural and Food Product Standard.

Keywords: residual, herbicides, Bromacil, Diuron

บทคัดย่อ

การศึกษาผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชผลสับปะรดและแปลงปลูกสับปะรด มีการเลือกใช้พื้นที่ที่ไม่เคยมีการปลูกสับปะรดมาก่อน โดยเลือกพื้นที่ที่ ต.หนองกระท้าว อ.นครไทย จ.พิษณุโลก กำหนดแปลงปลูกเป็น 2 ปัจจัย คือแปลงควบคุม เป็นแปลงที่มีการกำจัดวัชพืชโดยการถอนหรือดาย และแปลงทดลองเป็นแปลงที่ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชทั้ง โบรมาซิล และ ไดยูรอน เมื่อนำดินก่อนปลูกไปวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชไม่พบโบรมาซิลและไดยูรอน เมื่อปลูกสับปะรดประมาณ 8 เดือนก่อนที่จะมีการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชรอบที่ 2 นำดินในแปลงควบคุมไปวิเคราะห์ไม่พบสารกำจัดวัชพืช แต่พบสารในแปลงทดลองโดยพบโบรมาซิล และไดยูรอน 0.030 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและ 0.023 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ เมื่อปลูกสับปะรดจนถึงระยะเก็บเกี่ยวประมาณ 14 เดือนนำดินในแปลงควบคุมไปวิเคราะห์ไม่พบสารกำจัดวัชพืช แต่พบสารในแปลงทดลองโดยพบโบรมาซิล และไดยูรอน 0.081 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและ 0.057 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ สำหับผลสับปะรดทั้งแปลงควบคุมและแปลงทดลองจะไม่พบสารโบรมาซิลและไดยูรอน แสดงว่าสารกำจัดวัชพืชจะมีการตกค้างอยู่ในดินแต่ปริมาณที่พบยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ

คำสำคัญ: ผลตกค้าง สารกำจัดวัชพืช โบรมาซิล ไดยูรอน

คำนำ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทยสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย ในปี 2546 ไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวสับปะรดประมาณ 500,000 ไร่ โดยมีผลผลิตสับปะรดสดรวม 1.70 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2545 ร้อยละ 16.16 การปรับตัวเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกสับปะรด เนื่องจากปริมาณความต้องการสับปะรดสดของโรงงานปรับตัวเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2545 ส่งผลให้ราคาในประเทศสูงขึ้นจึงจูงใจให้เกษตรกรเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกสับปะรดแทนการปลูกพืชอื่นๆ จากการสำรวจพื้นที่ของกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกสับปะรดในตำบลหนองกระท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก (เมื่อวันที่ 15 กันยายน 2550) พบว่าพื้นที่ดังกล่าว มีการปลูกสับปะรดเป็นอาชีพหลัก โดยมีพื้นที่ในการเพาะปลูกรวมทั้งสิ้นประมาณ 50,000 ไร่ คิดเป็นพื้นที่การปลูกมากกว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ทั้งหมด ในปัจจุบัน

[1] **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก 52 ม.7 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000**
[1] Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus 52 Moo 7 Bankrang Muang Phitsanulok 65000

การปลูกสับปะรดนิยมใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชมากกว่าใช้แรงงานคนเพราะประหยัดและรวดเร็วกว่า หากทำการควบคุมวัชพืชได้ดี สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าเดิมถึง 1 ใน 4 เท่าตัว และจากการสำรวจพื้นที่เกษตรกรของ ต. บ้านแยง พบว่าสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดวัชพืชมี 2 ชนิดได้แก่ โบรมาซิล และ ไดยูรอน ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอกที่ต้องใช้ทางดินจึงมีฤทธิ์ตกค้างในดินค่อนข้างยาวนาน ดังนั้นการศึกษาถึงระยะเวลาการตกค้างในแปลงปลูกและในผลผลิตสับปะรดจึงมีความจำเป็นเพื่อเป็นข้อมูลในการผลิตสับปะรดอย่างปลอดภัย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแปลงและการปลูกสับปะรด เลือกพื้นที่ๆไม่เคยปลูกสับปะรดมาก่อน ทำการ ยกแปลง สูง 15 เซนติเมตร เพื่อทำแนวปลูกสับปะรด แบบแถวคู่ ระหว่างต้น 20-30 ซม. ระหว่างแถว 40 -50 ซม. ระหว่างแถวคู่ 70-80 ซม. พื้นที่แปลงทดลอง ขนาด กว้าง 10 เมตร ยาว 20 เมตร การใส่ปุ๋ย ครั้งที่ 1 หลังการปลูกประมาณ 2 อาทิตย์ ใช้สูตร 21-0-0 จำนวน 15 กิโลกรัม ต่อแปลง สูตร 15-15-15 จำนวน 15 กิโลกรัม ต่อแปลง ครั้งที่ 2 หลังจากปลูกได้ 2 เดือนเพื่อเร่งสะโพกให้ต้นเป็นสาวให้ปุ๋ยทางใบ สูตร 21-0-0 จำนวน 3 กิโลกรัม ต่อแปลง สูตร 0-0-60 จำนวน 5 กิโลกรัม ต่อแปลง ครั้งที่ 3 ก่อนบังคับออกผล ประมาณ 1 เดือน สูตร 21-0-0 จำนวน 2 กิโลกรัม ต่อแปลง สูตร 0-0-60 จำนวน 0.5 กิโลกรัม ต่อแปลง โดยผสมน้ำ 70 ลิตร ฉีดพ่นได้ประมาณ 1 อาทิตย์ ใบเริ่มแปะออกเพื่อพร้อมที่ออกลูก ครั้งที่ 4 ก่อนหยอดสารแคลเซียมคาร์ไบด์(แก๊สก้อน) เร่งออกดอก ประมาณ 7 วัน สังเกตจากยอดเริ่มแปะออกให้ปุ๋ยทางใบโดยใช้สูตร 21-0-0 จำนวน 1 กิโลกรัม และ สูตร 0-0-60 จำนวน 0.5 กิโลกรัม เมื่อสับปะรดเริ่มออกดอกตรงยอดจะมีสีแดง ระหว่างสร้างดอกหยอดแคลเซียมคาร์ไบด์(แก๊สก้อน)

การใช้สารกำจัดวัชพืช ผสมโบรมาซิล 100 กรัม ไดยูรอน 250 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร ฉีดพ่นหลังปลูกสับปะรด ต่อพื้นที่ 1 แปลง ฉีดซ้ำหลังจากปลูกสับปะรดประมาณ 8 เดือน เก็บตัวอย่างดินจากแปลงสับปะรดที่เป็นแปลงควบคุมและแปลงที่ใช้สารกำจัดวัชพืช แบบสุ่มกระจายทั่วทั้งแปลง วิเคราะห์สมบัติของดินและปริมาณสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน 2 ชนิด คือ โบรมาซิล และ ไดยูรอน ระยะก่อนปลูก วิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชในดิน 2 ชนิดก่อนฉีดยารอบที่ 2 (ประมาณ 8 เดือนหลังการปลูก) และรอบที่3 (ประมาณ 14 เดือน หลังปลูก)ใน ดินและผลสับปะรดก่อนส่งจำหน่าย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการนำดินในแปลงที่เตรียมไว้สำหรับปลูกสับปะรดมาวิเคราะห์สมบัติของดินและหาปริมาณสารกำจัดวัชพืช 2 ชนิดคือ โบรมาซิล และ ไดยูรอน (Table 1)พบว่าสมบัติของดินเป็นดินที่อุดมสมบูรณ์ ดูได้จากร้อยละของอินทรียวัตถุ ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรอินทรียวัตถุ มากกว่าร้อยละ 1.5 จึงถือว่าเป็นดินที่อุดมสมบูรณ์เหมาะที่จะปลูกสับปะรด (กรมวิชาการเกษตร, 2545) และไม่พบสารกำจัดวัชพืช ทั้ง2ชนิดเหมาะที่จะนำมาใช้ในการทดลองปลูกสับปะรด

Table 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนปลูกสับปะรด

สมบัติ	ปริมาณสาร
Organic Matter	2.21g/100g
Phosphorus	3.50 mg/kg
Total N	0.091g/100g
Potassium	132.4 mg/kg
Sand	26 %
Clay	23.4 %

หลังจากปลูกสับปะรดประมาณ 8 เดือน (ก่อนฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชรอบ 2) เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดวัชพืช 2 ชนิด พบว่าแปลงควบคุม จะไม่พบปริมาณสารกำจัดวัชพืชทั้ง2ชนิด สำหรับแปลงทดลอง มีปริมาณสารกำจัดวัชพืชทั้ง2ชนิดโดยพบ โบรมาซิล 0.030 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไดยูรอน 0.023 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) แสดงว่าสารกำจัดวัชพืชที่ทำการฉีดพ่นครั้งที่1 (หลังการปลูกสับปะรด) มีการตกค้างอยู่ในดิน ทั้งโบรมาซิลและ

ไดยูรอนซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชกลุ่มยับยั้งขบวนการสังเคราะห์แสงในสับประรด สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2546) ได้ กำหนดมาตรฐานปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดไม่เกิน 0.10 mg/kg แต่ปริมาณที่พบสารกำจัดวัชพืชทั้ง2ชนิดตกค้างอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

Table 2 ปริมาณสารกำจัดวัชพืชในดินปลูกสับปะรดก่อนฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชรอบ 2 (ประมาณ 8 เดือน)

แปลง	**สารกำจัดวัชพืช** (Herbicides)	
	โบรมาซิล (bromacil) (mg/kg)	**ไดยูรอน** (diuron) (mg/kg)
แปลงควบคุม	0.000	0.000
แปลงทดลอง	0.030	0.023

หลังจากปลูกสับปะรดประมาณ 14 เดือน(ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต) ได้ทำการเก็บ ตัวอย่างดิน และผลสับปะรดก่อนส่งจำหน่ายจากแปลงควบคุมและแปลงทดลอง วิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดวัชพืช 2 ชนิด พบว่าทั้งดินและผลสับปะรดในแปลงควบคุม ไม่พบปริมาณสารกำจัดวัชพืชทั้ง 2 ชนิด สำหรับแปลงทดลอง ในผลสับปะรดจะไม่พบปริมาณสารกำจัดวัชพืชทั้ง2ชนิด แต่ในดินพบปริมาณสารกำจัดวัชพืช โดยพบ โบรมาซิล 0.081 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไดยูรอน 0.057 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 3) แสดงว่าสารกำจัดวัชพืชที่ทำการฉีดพ่นทั้ง 2ครั้ง ตลอดระยะการปลูกสับปะรดจนเก็บเกี่ยวผลผลิต มีการตกค้างอยู่ในดินของโบรมาซิลและไดยูรอนซึ่ง ปริมาณที่พบสารกำจัดวัชพืชทั้ง 2 ชนิดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

Table 3 ปริมาณสารกำจัดวัชพืชในดินปลูกสับปะรดและผลสับปะรดระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต

(ประมาณ 14 เดือน)แปลง	**สารกำจัดวัชพืช** (Herbicides)			
	ดินปลูกสับปะรด		**ผลสัปปะรด**	
	โบรมาซิล (bromacil) (mg/kg)	**ไดยูรอน** (diuron) (mg/kg)	**โบรมาซิล** (bromacil) (mg/kg)	**ไดยูรอน** (diuron) (mg/kg)
แปลงควบคุม	0.000	0.000	0.000	0.000
แปลงทดลอง	0.081	0.057	0.000	0.000

สรุปผล

สมบัติของดินในแปลงทดลองและแปลงควบคุมก่อนทำการปลูก พบว่า เป็นดิน เหมาะที่จะใช้เป็นพื้นที่ในการปลูกสับปะรด ไม่มีสารกำจัดวัชพืช ทั้งโบรมาซิลและไดยูรอนตกค้างในดิน หลังจากการปลูกสับปะรดประมาณ 8 เดือน เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ ในแปลงควบคุมไม่พบสารทั้ง2 ส่วนแปลงทดลองพบโบรมาซิล 0.030 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไดยูรอน 0.023 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และหลังจากการปลูกสับปะรดจนถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้เก็บตัวอย่างดินและผลสับปะรด ก่อนส่งจำหน่ายจากแปลงควบคุมและแปลงทดลอง วิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดวัชพืช 2 ชนิด พบว่าทั้งดินและผลสับปะรด ในแปลงควบคุม ไม่พบปริมาณสารกำจัดวัชพืชทั้ง2ชนิด สำหรับแปลงทดลองในผลสับปะรดจะไม่พบปริมาณสารกำจัดวัชพืช แต่ในดินพบปริมาณสารกำจัดวัชพืช โดยพบโบรมาซิล 0.080 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไดยูรอน 0.023 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงว่าสารกำจัดวัชพืชที่ทำการฉีดพ่นทั้ง 2ครั้ง (ตลอดระยะการปลูกสับปะรดจนเก็บเกี่ยวผลผลิต) มีการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชเฉพาะในดิน และพบว่าอัตราการใช้สารในการทดลอง ใช้ไดยูรอน 250 กรัม โบรมาซิล 100กรัม ต่อแปลง(เนื้อที่ 1แปลงเท่ากับ 50 ตาราง) ซึ่งถ้าอัตราการใช้ ไดยูรอน 280-720 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ มีความคงทนในดินยาวนานประมาณ 4-12 เดือน หรือหากใช้ในอัตราที่สูงขึ้นเป็น 3,280-9,840 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ อาจมีความคงทนในดินได้นานถึง 2 ปี ส่วนโบรมาซิลอัตราการใช้ตั้งแต่ประมาณ 180-900 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ หรืออาจใช้ในอัตราที่สูงถึง 1,800 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ อาจมีความคงทนในดินได้นาน 6 เดือน ถึง 2 ปีก็ได้ (สมชาติ, 2540; Humburg

และคณะ, 1989) แต่จากการทดลองปริมาณที่พบสารกำจัดวัชพืชทั้ง2ชนิดในดินอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2546 กำหนด ถ้าพื้นที่นี้มีการปลูกสับปะรดต่อไปอัตราการสะสมมีแนวโน้มน่าจะสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เกลียวพันธ์ สุวรรณรัตน์, 2543, การใช้สารกำจัดวัชพืชในไร่สับปะรด, เอกสารประกอบการประชุมและเสนอผลงานวิจัยงานสับปะรดแห่งชาติ, กองพฤกษศาสตร์และวัชพืชกรมวิชาการเกษตร, 14 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546, สับปะรดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, มอกร. 4-2546, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

สมชาติ หาญวงษา, 2540, วัชพืชและการป้องกันการกำจัด, เอกสารประกอบการสอนสถาบัน เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก, 353 หน้า.

Humburg, N.E., Colby, S.R., Hill, E.R., Lym, R.G., McAvoy, W.J., Kitchen, L.M. and Prasad, R., 1989, Herbicide Handbook, Weed Science Society of America, Sixty Edition, Illimois, U.S.A.

การเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) ในวุ้นอาหารเพื่อการขยายพันธุ์

In vitro Spore Culture of *Lycopodium phlegmaria* for Propagation

ปกขวัญ หุตางกูร[1] ทรงพล จิตวิริยะ[1] สุธาทิพย์ ศรีศักดา[1] ไพรินทร์ กปิลานนท์[1] เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] และ อุทร ชิขุนทด[1]

Hutangura, P.[1], Jitwiriya, S.[1], Srisukda, S.[1], Kapilanondth, P.[1], Thumthanaruk, B.[1] and Chikhuntod, U.[1]

Abstract

Queensland tassel fern (*Lycopodium phlegmaria*) is found in the forest of Thailand. It becomes rare and nearly extinct since it is illegally brought from its habitat for commercial reason. Moreover, it reproduces slowly and scarcely. Therefore, spore culture has been studied as the potential method for *Lycopodium* propagation. In this study, spores of *Lycopodium phlegmaria* were surface sterilized and cultured on 12 treatments including, Knudson C and MS media supplemented with 1%, 2% and 3% sucrose at pH 5.7 and 6.3. It was found that Knudson C medium added 2% sucrose at pH 6.3 gave the highest amount of gametophytes (10.73 ± 1.80) at 180 days. This treatment also gave the longest gametophytes (1.00 ± 0.10 mm).

Keywords: Queensland tassel fern, *Lycopodium phlegmaria*, propagation, spore culture

บทคัดย่อ

ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) เป็นพืชที่อยู่ในสภาวะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เนื่องจากมีการลักลอบเก็บจากป่ามาจำหน่ายโดยไม่มีการเพาะเลี้ยงหรือปลูกเสริม เพราะเป็นพืชที่นิยมนำมาใช้เป็นไม้ประดับ ทั้งยังเป็นพืชที่แพร่พันธุ์ได้ช้าและยาก จึงควรมีการศึกษาหาวิธีขยายพันธุ์พืชในสกุลนี้เพื่อการอนุรักษ์และเพื่อการค้าในอนาคต งานวิจัยนี้ได้นำสปอร์ช้องนางคลี่มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวแล้วเพาะลงในอาหารวุ้นสูตร Knudson C และ MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 1, 2 และ 3% ที่ pH 5.7 และ 6.3 รวม 12 ทรีทเมนต์ พบว่าสปอร์ที่เพาะลงในอาหารวุ้นสูตร Knudson C ที่เติมซูโครส 2% pH 6.3 มีจำนวนสปอร์ที่งอกเป็นแกมีโทไฟต์เฉลี่ยสูงที่สุดคือ 10.73±1.80 ต้น และยังให้แกมีโทไฟต์ที่มีขนาดเฉลี่ยใหญ่ที่สุด วัดความยาวได้ 1.00±0.10 มิลลิเมตรหลังจากเพาะเลี้ยงได้ 180 วัน

คำสำคัญ: ช้องนางคลี่ *Lycopodium phlegmaria* การขยายพันธุ์พืช การเพาะเลี้ยงสปอร์

คำนำ

ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) จัดเป็นพืชใน family Lycopodiaceae พบขึ้นอยู่ตามต้นไม้ใหญ่ หรือบนโขดหินในที่ร่ม (Figure 1 A.) มักอาศัยอยู่ในป่าดิบชื้น และป่าโปร่งชื้น สามารถพบได้ในหลายประเทศ เช่น อินเดีย อินโดนีเซีย และออสเตรเลีย รวมทั้งทุกภาคของประเทศไทย (ประภาส, 2550) ปัจจุบันช้องนางคลี่ที่มีในป่าของประเทศไทยหาได้ยากขึ้นและใกล้สูญพันธุ์ เนื่องจากมีการลักลอบเก็บมาจากป่าเพื่อนำมาจำหน่ายหรือมีไว้ในครอบครองเป็นไม้ประดับ อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีการขยายพันธุ์ได้ยากและใช้เวลานาน จึงควรที่จะมีการศึกษาถึงวิธีการขยายพันธุ์และอนุรักษ์พืชสกุลนี้ไว้

การเพาะเลี้ยงพืชสกุล *Lycopodium* ในสภาวะทั่วไปนั้นใช้เวลานานและได้ปริมาณน้อย จึงได้มีการศึกษาการนำสปอร์ของพืชกลุ่มนี้มาทำการเพาะเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์ในวัสดุปลูกต่างๆ ซึ่งการเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่บนอาหารเพาะเลี้ยงในสภาวะปลอดเชื้อนับเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตามสภาวะที่เหมาะสมของการเพาะเลี้ยงยังต้องการการศึกษาอีกมาก ทั้งนี้เนื่องจากพบว่าสปอร์ของพืชใน family Lycopodiaceae หลายชนิด ที่เพาะในอาหารวุ้นใช้เวลานานกว่าจะงอกและให้เปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำ (Whittier, 1981; Whittier, 1998; ดวงฤดี และ วริศรา, 2550; พิพัฒน์ และ พิชิตพล, 2551) พิพัฒน์ และ พิชิตพล (2551) ได้เปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงสปอร์ลงบนอาหารเพาะเลี้ยง 2 สูตร ได้แก่ Knudson C และ Murashige และ Skoog (MS) ที่เติมวุ้น 0.6, 0.8 และ 1.0 % และซูโครส 0.5% ในสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสง พบว่าการเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ในอาหารเพาะเลี้ยงสูตร Knudson C วุ้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ในสภาวะที่ไม่มีแสง

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Bangsue, Bangkok 10800

ให้ปริมาณแกมีโทไฟต์เกิดขึ้นมากที่สุด (3.47% ของสปอร์ที่มีชีวิต) และมีขนาดของแกมีโทไฟต์ใหญ่ที่สุด (0.90±0.10 mm.) หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 150 วัน ทำให้ทราบว่าช้องนางคลี่น่าจะเป็นพืชในกลุ่มที่สร้าง mycorrhizal gametophte เนื่องจากงอกในที่มีแสงได้บ้าง (Whittier, 1998) สำหรับการศึกษาการงอกของสปอร์ช้องนางคลี่ในอาหารสังเคราะห์ครั้งนี้เป็นการศึกษาสูตรอาหารที่มีค่า pH และเปอร์เซ็นต์น้ำตาลที่เหมาะสมในการเพาะสปอร์ให้เป็นต้นแกมีโทไฟต์ เพื่อนำไปสู่การขยายพันธุ์พืชในสกุลนี้ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บสปอร์ช้องนางคลี่โดยใช้เข็มเขี่ยเขี่ยเอาอับสปอร์สีเหลืองออกมาจากสตรอบิลัสที่มีสีเขียวสดในช่วง 0.5-1.0 cm จากปลาย (Figure 1 B.) แล้วนำมาเก็บไว้ใน Petri dish หลังจากนั้นนำอับสปอร์ที่เก็บได้มา 10 อับ มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 15% เป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 2 ครั้งๆ ละ 5 นาที ใช้ปากคีบคีบเอาอับสปอร์ทั้งหมดมาใส่ลงใน Eppendorf tube ที่บรรจุน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้ว 1,000 µL แล้วบี้ให้แตกออกด้วยปากคีบสปอร์จะหลุดออกจากอับสปอร์มาแขวนลอยอยู่ในน้ำกลั่น เขย่าเบาๆ ให้สปอร์กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ แล้วใช้ไมโครปิเปตดูดสารแขวนลอยสปอร์มา 100 µL หยดลงใน Petri dish ที่มีอาหารเพาะเลี้ยงสูตร Knudson C และสูตร MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 1, 2 และ 3% ที่ pH 5.7 และ 6.3 วุ้น 0.8% รวม 12 ทรีทเมนต์ โดยทำการทดลองทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำๆ ละ 5 Petri dishes สปอร์ทั้งหมดถูกเลี้ยงในสภาวะไม่มีแสงภายในห้องเพาะเลี้ยง ที่อุณหภูมิ 23-25 ^{o}C ทำการนับจำนวนของแกมีโทไฟต์ที่เกิดขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงได้ 90, 105, 120, 135, 150, 165 และ 180 วัน และสังเกตลักษณะของแกมีโทไฟต์ในวันที่ 150 และ 180 พร้อมทั้งวัดความยาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอเมื่อเพาะเลี้ยงได้ 180 วัน สารแขวนลอยสปอร์ถูกสุ่มตัวอย่างไปนับจำนวนสปอร์และทดสอบความมีชีวิตด้วยวิธีทดสอบเตตราโซเลียมตามวิธีของ ดวงฤดี และ วิรัศรา (2550) เพื่อให้ทราบจำนวนสปอร์ที่มีชีวิตที่เพาะเลี้ยงลงในอาหารแต่ละทรีทเมนต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สปอร์ที่เพาะเลี้ยงในวุ้นอาหารทั้ง 12 ทรีตเมนต์เริ่มงอกเป็นแกมีโทไฟต์เมื่อเลี้ยงไปได้ 90 วัน โดยพบเฉพาะในทรีท-เมนต์ D, E และ F คืออาหารเพาะเลี้ยงสูตร Knudson C ซูโครส 1%, 2% และ 3% ที่ pH 6.3 (Table 1) แสดงว่าอาหารสูตร Knudson C ที่ pH 6.3 มีความเหมาะสมต่อการงอกของสปอร์ช้องนางคลี่ โดยที่ปริมาณน้ำตาลที่ 2 และ 3% ให้ผลต่อการงอกไม่ต่างกัน ในวันที่ 120 มีแกมีโทไฟต์เกิดขึ้นทุกทรีทเมนต์ ในวันที่ 135, 150, 165 และ 180 พบว่าบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร Knudson C ซูโครส 1%, 2%, 3% ที่ pH 6.3 ยังคงมีปริมาณแกมีโทไฟต์เกิดขึ้นมากที่สุดในทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษา นอกจากนี้จำนวนแกมีโทไฟต์ของทุกทรีทเมนต์ยังมีการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อถึงวันที่ 165 พบว่าในทรีทเมนต์ที่ใช้อาหารสูตร Knudson C ทุกทรีทเมนต์ มีปริมาณแกมีโทไฟต์เกิดขึ้นมากกว่าทรีทเมนต์ที่ใช้อาหารสูตร MS ทุกทรีทเมนต์ และเมื่อถึงวันที่ 180 พบว่า ทรีทเมนต์ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ คืออาหารสูตร Knudson C ปริมาณซูโครส 2% ที่ pH 6.3 วุ้น 0.8% เนื่องจากมีปริมาณแกมีโทไฟต์เกิดขึ้น 10.73 ± 1.80 ต้น (3.64% ของสปอร์ที่มีชีวิต) ซึ่งสูงกว่าในทรีทเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$) และใกล้เคียงกับการทดลองของพิพัฒน์ และ พิชิตพล (2551) แสดงว่าอาหารสูตร Knudson C มีความเหมาะสม และส่งเสริมให้สปอร์งอกเป็นแกมีโทไฟต์ได้ดีกว่าอาหารสูตร MS ทั้งนี้เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของสารอาหารพบว่า ในอาหารสูตร MS นั้นมีความเข้มข้นของเกลือค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเกลือไนเตรทของ NH_4NO_3 (รังสฤษดิ์, 2541) ที่มีรายงานว่าไม่เหมาะสมต่อการเพาะสปอร์ของพืชกลุ่มที่สร้างแกมีโทไฟต์ชนิด mycorrhizal gametophyte (Whittier, 1998)

เมื่อพิจารณาถึงความเป็นกรด-เบส ของอาหารเพาะเลี้ยงพบว่า ที่ค่า pH 6.3 ของอาหารสูตร Knudson C และ MS ที่ปริมาณน้ำตาลเท่ากันนั้น จะส่งเสริมให้มีปริมาณแกมีโทไฟต์เกิดขึ้นมากกว่าที่ pH 5.7 แม้ว่าการทดลองเพาะสปอร์พืชใน family นี้จะใช้ pH 5.0-5.3 (Whittier, 1998; Whittier และ Braggins, 2000) ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพที่เป็นกรดอาจทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางตัวลดลง ทำให้ส่งผลต่อการกระตุ้นเจริญเติบโตของพืช (รังสฤษดิ์, 2541) ส่วนปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมพบว่า ขึ้นกับชนิดของสูตรอาหารและค่า pH ด้วย โดยในอาหารสูตร MS นั้น ปริมาณการเกิดของแกมีโทไฟต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกทรีทเมนต์ อาจเนื่องมาจากอาหารสูตร MS มีปริมาณธาตุอาหารไม่เหมาะต่อการงอกของสปอร์ช้องนางคลี่ตามที่กล่าวข้างต้น จึงมีปริมาณการเกิดแกมีโทไฟต์ที่ต่ำเมื่อเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ ไม่ว่าจะที่ pH หรือปริมาณน้ำตาลเท่าไร ส่วนการเพาะเลี้ยงสปอร์บนอาหารสูตร Knudson C ซึ่งส่งเสริมการงอกของสปอร์ได้ดีนั้น พบว่าที่ pH 6.3 ปริมาณน้ำตาล 2% มีปริมาณแกมีโทไฟต์เกิดขึ้นมากที่สุด เมื่อลดหรือเพิ่มปริมาณ

น้ำตาลเป็น 1 หรือ 3% จะทำให้ปริมาณแกมีโทไฟต์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้นอกจากซูโครสจะเป็นแหล่งของคาร์บอนและพลังงานที่จำเป็นของส่วนของพืชที่เป็น heterotroph แล้ว การใช้ปริมาณซูโครสที่สูงจะส่งผลให้ลดการเจริญเติบโตได้การชักนำ osmotic stress (Javed และ Ikram, 2008)

จากการศึกษาการเจริญของแกมีโทไฟต์ช้องนางคลี่ในวันที่ 150 และ 180 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่แกมีโทไฟต์มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้สังเกตได้ชัดเจนขึ้น พบว่า ในวันที่ 150 แกมีโทไฟต์ในทุกทรีทเมนต์มีลักษณะขาวใส มีรูปร่างกลมหรือกลมรี (Figure 1 C.) หรือคล้ายแครอท สอดคล้องกับที่รายงานโดย Whittier (1981) ซึ่งได้ทำการเพาะเลี้ยงสปอร์ของ *Lycopodium digitatum* บนอาหารเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 1 ปีและงานทดลองของพิพัฒน์ และพิชิตพล (2551) ที่เพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่บนอาหารเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 150 วัน เมื่อถึงวันที่ 180 พบว่าแกมีโทไฟต์มีขนาดและจำนวนเพิ่มขึ้น แต่ยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และเมื่อทำการวัดขนาดพบว่าแกมีโทไฟต์ในทรีทเมนต์ E (อาหารสูตร Knudson C น้ำตาล 2% ที่ pH 6.3) มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ 1.00 ± 0.1 มิลลิเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 กับแกมีโทไฟต์ในแทบทุกทรีทเมนต์ และมีขนาดใกล้เคียงกับที่ศึกษาโดยพิพัฒน์ และ พิชิตพล (2551) แสดงว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมมีผลส่งเสริมการงอกของสปอร์เป็นแกมีโทไฟต์มากกว่าส่งเสริมในเรื่องของอัตราการเติบโตของแกมีโทไฟต์

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ คือ อาหารสูตร Knudson C ที่มีปริมาณน้ำตาล 2% ที่ pH 6.3 วุ้น 0.8% เนื่องจากให้ปริมาณแกมีโทไฟต์สูงที่สุด โดยมีจำนวนถึง 10.73 ± 1.80 ต้น (3.64% ของสปอร์ที่มีชีวิต) โดยสูตรอาหารที่เหมาะสมจะเป็นปัจจัยสำคัญในการชักนำให้สปอร์งอกมากกว่าส่งเสริมการเติบโตของแกมีโทไฟต์

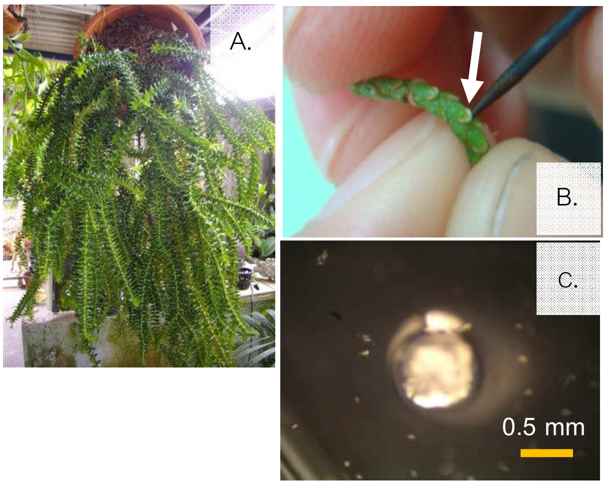


Figure 1 Different parts of Queensland tassel fern (*Lycopodium phlegmaria*)
A. The whole plant
B. Strobilus showed spores collection by using needle to harvest sporangium (arrow)
C. A gametophyte developed from spore after cultured on Knudson C medium + 2% sucrose pH 6.3 for 180 days

Table 1 The number of cumulative gametophytes after cultured on Knudson C and MS media (12 treatments) for 90, 105, 120, 135, 150, 165 and 180 days

Treat-ment	Days after cultivation						
	90	105	120	135	150	165	180
A**	$0.00^{a} \pm 0.00$*	$0.60^{bcde} \pm 0.53$*	$1.93^{bcd} \pm 1.30$*	$4.60^{c} \pm 2.31$*	$5.73^{bcd} \pm 2.91$*	$7.40^{cd} \pm 1.56$*	$7.53^{c} \pm 1.68$*
B	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.13^{ab} \pm 0.12$	$0.73^{abc} \pm 0.50$	$2.13^{abc} \pm 0.97$	$3.13^{abcd} \pm 1.55$	$4.27^{ab} \pm 0.95$	$4.33^{a} \pm 1.03$
C	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.13^{ab} \pm 0.12$	$0.33^{a} \pm 0.12$	$1.47^{ab} \pm 0.83$	$2.27^{ab} \pm 0.90$	$3.47^{a} \pm 0.61$	$3.93^{a} \pm 0.70$
D	$0.13^{a} \pm 0.12$	$1.07^{e} \pm 0.50$	$2.07^{cd} \pm 0.99$	$4.27^{bc} \pm 2.34$	$5.27^{abcd} \pm 2.81$	$6.80^{bcd} \pm 2.31$	$7.00^{bc} \pm 2.20$
E	$0.40^{b} \pm 0.20$	$0.73^{cde} \pm 0.42$	$2.40^{d} \pm 1.06$	$4.80^{c} \pm 2.25$	$6.27^{d} \pm 3.06$	$9.27^{d} \pm 2.57$	$10.73^{d} \pm 1.80$
F	$0.40^{b} \pm 0.20$	$0.93^{de} \pm 0.23$	$2.47^{d} \pm 0.50$	$4.73^{c} \pm 1.45$	$6.07^{cd} \pm 1.75$	$6.80^{bcd} \pm 1.56$	$6.87^{bc} \pm 1.50$
G	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.13^{ab} \pm 0.12$	$0.87^{abc} \pm 0.83$	$1.67^{ab} \pm 1.40$	$2.40^{abc} \pm 2.20$	$3.07^{a} \pm 1.29$	$3.20^{a} \pm 1.06$
H	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.60^{ab} \pm 0.20$	$1.33^{ab} \pm 0.23$	$1.67^{a} \pm 0.31$	$2.53^{a} \pm 0.61$	$2.67^{a} \pm 0.46$
I	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.13^{ab} \pm 0.12$	$0.93^{abc} \pm 0.64$	$1.27^{a} \pm 0.95$	$1.67^{a} \pm 1.33$	$2.53^{a} \pm 1.22$	$2.60^{a} \pm 0.92$
J	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.13^{ab} \pm 0.12$	$0.67^{abc} \pm 0.31$	$1.67^{ab} \pm 0.61$	$2.20^{ab} \pm 1.06$	$3.60^{a} \pm 0.87$	$3.73^{a} \pm 0.64$
K	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.40^{abc} \pm 0.20$	$1.73^{abcd} \pm 0.31$	$3.00^{abc} \pm 0.92$	$3.73^{abcd} \pm 1.03$	$4.80^{abc} \pm 0.87$	$4.80^{ab} \pm 0.87$
L	$0.00^{a} \pm 0.00$	$0.47^{abcd} \pm 0.31$	$1.20^{abcd} \pm 1.06$	$2.07^{abc} \pm 2.04$	$2.67^{abcd} \pm 1.89$	$3.53^{a} \pm 1.86$	$3.87^{a} \pm 1.62$

* Values for each treatment in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$)

**A = Knudson C, 1% sucrose, pH 5.7 B = Knudson C, 2% sucrose, pH 5.7 C = Knudson C, 3% sucrose, pH 5.7
D = Knudson C, 1% sucrose, pH 6.3 E = Knudson C, 2% sucrose, pH 6.3 F = Knudson C, 3% sucrose, pH 6.3
G = MS, 1% sucrose, pH 5.7 H = MS, 2% sucrose, pH 5.7 I = MS, 3% sucrose, pH 5.7
J = MS, 1% sucrose, pH 6.3 K = MS, 2% sucrose, pH 6.3 L = MS, 3% sucrose, pH 6.3

เอกสารอ้างอิง

ดวงฤดี หวั้นหนู และวริศรา ชื่นอารมณ์, 2550, การเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) เพื่อการขยายพันธุ์ในวุ้นอาหารสังเคราะห์ และวัสดุเพาะต่างๆ และการขยายพันธุ์โดยวิธีปักชำและหุ้มกิ่ง, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ประภาส ช่างเหล็ก, 2550, การรวบรวมพันธุ์เฟิร์นในสกุล *Plastycerium* และ *Lycopodium* เพื่อการอนุรักษ์, เอกสารเผยแพร่นิทรรศการงานวิจัย บนเส้นทางงานวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิพัฒน์ นพศีริวงศ์ และพิชิตพล ซูชื่น, 2551, การเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) เพื่อการขยายพันธุ์ในวุ้นอาหารสังเคราะห์, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตรประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2541, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ หลักการและเทคนิค, ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Javed, F, and Ikram, S., 2008, Effect of Sucrose Induced Osmotic Stress on Callus Growth and Biochemical Aspects of Two Wheat Genotypes, Pak.J.Bot., 40(4): 1487-1495.

Whittier, D.P., 1981, Gametophytes of *Lycopodium digitatum* (formerly *L. complanatum* var. Flabelliforme) as Grown in Axenic Culture, Botanical Gazzette, 142: 519-524

Whittier, D.P., 1998, Germination of Spores of the Lycopodiaceae in Axenic Culture, American Fern J., 88: 106-113.

Whittier, D.P. and Braggins, J.E., 2000, Observations on the Mature Gametophyte of Phylloglossum (Lycopodiaceae), American J. of Botany, 87(7): 920-924.

การศึกษาการเติบโตของมะเขือเทศเมื่อได้รับน้ำทางใต้ผิวดินด้วยเซรามิกรูพรุน

The Study of Subsurface Irrigation Using Porous Ceramics on Growth of Tomato

สิริวัฒน์ บุญชัยศรี[1] **และ สุริยา อินอร**[1]

Boonchaisri, S.[1] and Inon, S.[1]

Abstract

The objectives of this study was to investigate the subsurface irrigation system (SIS) on growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). The study was conducted by comparing water use efficiency and growth and development of tomato plants between those received the SIS and those received the dripping irrigation system (DIS). The SIS was achieved by using porous ceramics which slowly released water directly to the root zone. There were 3 types of ceramics used here: spherical type, column type and doughnut type. From our study, tomato plants received water by spherical ceramic averaged 391.54 ml/day and that was 2 folds lower than did by DIS (800.00 ml/day). Although the vegetative growth of all plants here was similar throughout the experiment, the reproductive growth was different among treatments. All ceramics treatments stimulated tomato plants to produce more flowers and fruits than did by the control (DIS). Soil physics parameters measured from the pot received water from porous ceramics was relatively better than did by the control. For example, soil hardness, weed appearance and soil surface deflation appeared to be lower in the SIS than in the DIS. Thus, utilization of subsurface irrigation system by porous ceramics was likely to promote the growth and development of tomato plants. This was because SIS adjusted the soil physics to reach suitable growing condition of tomato better than did by the DIS. Moreover, it also saved more water supply than the other systems.

Keywords: tomato, subsurface irrigation system, soil physics, water

บทคัดย่อ

การศึกษาระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน (SIS) โดยใช้เซรามิกต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเซรามิกรูพรุนเพื่อควบคุมการให้น้ำอย่างประหยัดและศึกษาผลการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศทำการศึกษาโดยใช้เซรามิกรูพรุน 3 รูปทรง ได้แก่ ทรงวงแหวน ทรงกลม และทรงกระบอก ต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ เทียบกับระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด (DIS) จากการศึกษาพบว่าต้นมะเขือเทศที่ได้รับน้ำจากเซรามิกทรงกลมเฉลี่ยเพียง 391.54 มล/วัน ซึ่งมีปริมาณการให้น้ำน้อยกว่าชุดทดสอบที่ให้น้ำหยด คือ 800.00 มล/วัน เกือบ 2 เท่า ด้านการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของมะเขือเทศนั้นพบว่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง แต่การเจริญเชิงการสืบพันธุ์นั้นพบว่าทุกชุดทดลองที่ใช้เซรามิกสามารถกระตุ้นให้มีจำนวนดอกและผลมากกว่าชุดควบคุมที่ให้น้ำหยดได้ การวัดค่าทางกายภาพของดินแสดงให้เห็นว่าพืชที่ได้รับน้ำจากเซรามิกมีค่าทางกายภาพดีกว่าชุดทดสอบด้วยน้ำหยดไม่ว่าจะเป็นความแข็งของหน้าดิน จำนวนปรากฏของวัชพืช ค่าการยุบตัวของหน้าดิน ดังนั้นการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกรูพรุนอาจส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศได้เนื่องจากทำให้ลักษณะทางกายภาพของดินปลูกมีความเหมาะสมกว่าชุดการทดลองอื่น ยิ่งกว่านั้นยังประหยัดปริมาณน้ำมากกว่าการทดลองอื่นอีกด้วย

คำสำคัญ: มะเขือเทศ ระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน สมบัติทางกายภาพของดิน น้ำ

---

[1] **สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000**

[1] Department of Biology, School of Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

คำนำ

ภาวะวิกฤติจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและการลดลงของพื้นที่ป่าไม้อย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อภาคการเกษตร โดยเฉพาะปัญหาเรื่องน้ำท่าที่ท่วมทำลายพืชผลเสียหายในทุกฤดูฝนแต่กลับขาดแคลนอย่างรุนแรงในฤดูแล้ง การรับมือปัญหาการขาดแคลนน้ำในภาคการเกษตรสามารถกระทำได้หลายด้าน เช่น การวางแผนการชลประทานเพื่อสำรองน้ำในฤดูแล้ง การปลูกพันธุ์พืชที่มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง การประยุกต์ใช้เทคนิคการให้น้ำอย่างประหยัด เป็นต้น (Sandra, 1997; 2537) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจทดลองระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกรูพรุนที่ปลดปล่อยน้ำแก่เขตรากพืชโดยตรง เพื่อควบคุมการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบการให้ปุ๋ยแก่พืชและแก้ปัญหาดินไปพร้อม ๆ กัน เช่นการสูญเสียน้ำไปเนื่องจากการระเหยจากดิน และการป้องกันการไหลบ่าที่หน้าดิน (Surface Run-off) ตลอดถึงการพัฒนาระบบชลประทานอย่างเหมาะสมกับพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ประสบปัญหาเรื่องดิน เช่น พื้นที่ลาดชัน พื้นที่ดินเค็ม พื้นที่ดินทราย และพื้นที่ดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ โดยการทดลองนี้ใช้มะเขือเทศเป็นพืชต้นแบบในการศึกษา เพราะเป็นพืชที่มีวงจรชีวิตสั้นและเป็นพืชเศรษฐกิจที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร เช่น วิตามินเอ วิตามินซี ไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และกรดกลูตามิค แต่มีการใช้น้ำสูง (กรุง, 2543)

อุปกรณ์และวิธีการ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) เพาะจากเมล็ดพันธุ์ที่ซื้อจากร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์การเกษตรในจังหวัดพะเยา เลือกต้นกล้าอายุ 2 สัปดาห์ที่มีขนาดใกล้เคียงกันย้ายลงปลูกในกระบะทรายหรือดินในโรงเพาะชำ วางแผนการทดลองแบบสุ่ม Completely Randomized Design (CRD) โดยทดลองทั้งหมด 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่ การปลูกพืชด้วยทรายร่วมกับการให้น้ำด้วยเซรามิกทรงวงแหวน, ทรงกลม, และทรงกระบอก ส่วนการปลูกพืชในกระบะดินหรือทรายแล้วให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดใช้เป็นชุดควบคุม บันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละวัน วัดการเติบโตทางด้านลำต้นและใบโดยการนับจำนวนใบและความสูงของลำต้นโดยใช้ตลับเมตรวัดจากบริเวณพื้นดินถึงบริเวณปลายยอดทุกสัปดาห์ วัดการเติบโตด้านการสืบพันธ์โดยการนับจำนวนดอกและผลทุกๆ 3 วันจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง วัดค่าทางกายภาพของดินซึ่งประกอบด้วย ความแข็งของผิวหน้าดินวัดโดยเครื่อง soil hardness meter และค่าการยุบตัวของหน้าดิน (soil surface deflation) กระทำโดยการใช้เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์วัดระยะทางในแนวดิ่งจากผิวดินสู่ขอบกระถาง ทั้งปัจจัยทำการวัด 2 ครั้ง คือก่อนการปลูกและหลังการออกดอกของมะเขือเทศเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของความแข็งหน้าดิน ($\triangle$ hardness) และสุดท้ายนับจำนวนปรากฏของวัชพืชในกระถางหลังเสร็จสิ้นทดลอง

ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าต้นมะเขือเทศที่ได้รับน้ำจากเซรามิกทรงกลมน้อยที่สุดคือเฉลี่ยเพียง 391.54 มล/วัน ซึ่งมีปริมาณการให้น้ำน้อยกว่าชุดควบคุมที่ใช้ระบบน้ำหยด (800.00 มล/วัน) เกือบ 2 เท่า (Figure 1) การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของมะเขือเทศนั้นพบว่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง คือมีจำนวนใบประมาณ 28 ใบ/ต้นและความสูงประมาณ 105 ซม.เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง (Figure 2a และ b) แต่การเจริญเชิงการสืบพันธุ์นั้นพบว่าทุกชุดการทดลองที่ใช้เซรามิกสามารถกระตุ้นให้มีจำนวนดอกและผลมากกว่าชุดควบคุมที่ได้รับน้ำหยดได้ (Figure 2c และ d) จากการวัดค่าทางกายภาพของดิน พบว่าความแข็งของผิวหน้าดินจะเพิ่มขึ้นเพียง 8.4 – 14.7 กก/ซม.^{2} สำหรับชุดการทดลองที่ได้รับน้ำทางใต้ผิวดินโดยเซรามิกรูพรุน ซึ่งค่านี้น้อยกว่าความแข็งของผิวหน้าดินของชุดควบคุมประมาณ 4.5 เท่า (Table 1) สำหรับการยุบตัวของหน้าดินของชุดการทดลองที่ใช้เซรามิกให้น้ำทรงกลม พบว่ามีการยุบตัวน้อยที่สุดคือ 0.12 ซม. แต่ชุดควบคุมที่ปลูกในดินและทรายมีการยุบตัวประมาณ 0.71 และ 0.21 ซม. ตามลำดับ การให้น้ำใต้ผิวดินยังส่งผลให้จำนวนปรากฏของวัชพืชในชุดการทดลองที่ให้น้ำด้วยเซรามิกทุกรูปทรงมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คือมีจำนวนต่ำเกินกว่า 2 เท่า (Table 1)

วิจารณ์ผล

การให้น้ำทางใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกรูพรุนเพื่อให้น้ำแบบซึมซาบแก่เขตรากพืชโดยตรง เป็นระบบการให้น้ำแบบประหยัดดังเห็นจากหลักฐานคือค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำในแต่ละวันของเซรามิกส์รูพรุน (โดยเฉพาะเซรามิกส์ทรงกลม) ที่มีปริมาณต่ำกว่าการให้แบบน้ำหยดถึง 2 เท่า โดยมิได้ส่งผลกระทบต่อการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของพืชแต่อย่างใด ยิ่งกว่านั้นกลับช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตให้สูงกว่าชุดควบคุมได้มากกว่า 2 เท่า (Figure 2d) ผลการทดลองนี้สะท้อนให้เห็นว่าการให้น้ำใต้ผิวดินช่วยให้พืชมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use effiency) ดีกว่าการชลประทานแบบน้ำหยด เพราะว่า

ต้นทุนน้ำ (input) ที่ให้แก่พืชด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินมีค่าต่ำแต่กลับได้รับผลผลิต (output) สูง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยกับต้นพริก (วิมลรัตน์ และคณะ, 2551) หม้อข้าวหม้อแกงลิง (สุขทัย และคณะ, 2551) และคะน้า (สุขทัย, 2544) โดยสุขทัย (2544) อธิบายว่าการให้น้ำใต้ผิวดินด้วยเซรามิกส์รูพรุนมีประสิทธิภาพในการให้น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากกว่าการให้น้ำแบบอื่นๆ เช่น การรดน้ำ การให้แบบน้ำหยด ฯลฯ ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะการให้น้ำ ณ เขตรากพืชด้วยเซรามิกส์ทำให้พืชสามารถดูดน้ำไปใช้ได้ง่ายกว่าวิธีการให้น้ำระบบอื่นเพราะการดูดน้ำของพืชจะใช้รากที่ทำหน้าที่ดูดน้ำและอาหารจากดินในบริเวณใกล้ๆ กับปลายรากในรัศมีประมาณ 5 เซนติเมตร (วิบูลย์, 2526) น้ำจึงผ่านเข้าสู่พืชพร้อมกับแร่ธาตุที่มีประโยชน์ก่อเกิดกระบวนการเจริญเติบโตก่อนสูญเสียออกทางปากใบในรูปของการคายน้ำ จึงพบปรากฏการณ์ที่พืชเมื่อได้รับน้ำทางใต้ผิวดินด้วยเซรามิกส์รูพรุนมีอัตราการคายน้ำสูงตามไปด้วย ยิ่งกว่านั้นการเคลื่อนที่ของน้ำรอบๆ เซรามิกส์ทรงกลมจึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำเป็นลักษณะทรงกลมด้วย ด้วยเหตุนี้จึงอาจทำให้อุณหภูมิดินในระดับดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าระดับอื่น และการที่อุณหภูมิลดน้อยลงอาจสนับสนุนการเจริญเติบโตของรากพืชเช่นกัน สำหรับการวัดค่าทางกายภาพของดินบ่งชี้ว่าพืชที่ได้รับน้ำใต้ผิวดินจากเซรามิกส์มีค่าทางกายภาพของดินดีกว่าชุดควบคุมที่ได้รับน้ำหยด กล่าวคือผิวหน้าดินในชุดการทดลองที่ได้รับน้ำทางใต้ผิวดินโดยเซรามิกรูพรุนจะเกิดการแข็งตัวน้อยกว่าชุดควบคุมประมาณ 4.5 เท่า และการยุบตัวของผิวหน้าดินมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าการให้น้ำแก่พืชแบบน้ำหยดนั้นสามารถรบกวนดินได้ โดยน้ำที่ให้นั้นจะมีผลกระทบต่อการยุบหรือทรุดตัวของดิน สอดคล้องกับการทดลองของสาธิต และคณะ (2551) ที่พบปรากฏการณ์นี้เช่นกัน สำหรับการตรวจนับจำนวนปรากฏของวัชพืชเปรียบเทียบกันระหว่างจำนวนวัชพืชในกระถางควบคุมพบว่ามีจำนวนวัชพืชเฉลี่ยมากถึง 11 ต้นต่อกระถาง แต่กระถางที่มีการให้น้ำแบบใต้ผิวดินนั้นพบวัชพืชเฉลี่ย 3 ต้นเท่านั้น ฉะนั้นระบบการให้น้ำใต้ผิวดินจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายในการไถเตรียมแปลงปลูกพืช อีกทั้งยังมีต้นวัชพืชในแปลงปลูกน้อยมาก ซึ่งหมายถึงการลดปริมาณการใช้สารเคมีปราบวัชพืชในการปลูกพืชและช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่ดินไม่เหมาะสมในการเกษตรได้อีกด้วย

สรุปผล

การทดลองให้น้ำทางใต้ผิวดินด้วยเซรามิกส์รูพรุนสามารถลดปริมาณการใช้น้ำของพืชได้ถึง 2 เท่าเมื่อเทียบกับการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด โดยไม่มีผลกระทบต่อการเติบโตทางด้านลำต้นและใบของต้นมะเขือเทศ ยิ่งกว่านั้นการให้น้ำใต้ผิวดินกลับส่งเสริมการสร้างผลของมะเขือเทศ ซึ่งน่าเป็นเพราะการให้น้ำด้วยวิธีนี้ส่งเสริมการดูดน้ำของรากพืชจึงเกิดการเจริญที่สูงขึ้น ข้อดีอีกประการของการให้น้ำใต้ผิวดินคือช่วยรักษาสมบัติทางกายภาพของดินให้เหมาะสมกับการเติบโตของพืชเพราะมีการรบกวนน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติ หรือแบบน้ำหยด อีกทั้งยังช่วยจำกัดการรบกวนของวัชพืชได้อีกด้วย ดังนั้นการให้น้ำใต้ผิวดินด้วยเซรามิกรูพรุนจึงเป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำในการทำเกษตรกรรมอีกทางหนึ่ง และอาจเป็นทางออกของปัญหาการขาดแคลนน้ำของภาคการเกษตรในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กรุง สีตะธนี, 2543, การปลูกมะเขือเทศ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 15 น.

วิบูลย์ บุญธโรกุล, 2526, หลักการชลประทาน, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิมลรัตน์ บุตรดาซุย สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2551, การประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำเพื่อปลูกผักสวนครัวในกระถางปลูกแบบประหยัดน้ำ, การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7, โรงแรมอัมรินทร์ลากูน, พิษณุโลก, 26-30 พฤษภาคม 2551.

สาธิต จีนะสอน, ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2551, ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่หลังประสบอุทกภัย, การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 4, มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2544, การพัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิครูพรุนเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ วลัยพร อรกิจ และสิริวัฒน์ บุญชัยศรี, 2551, การเลี้ยงพืชป่าในกระถางในกระถางร่วมกับระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน: กรณีศึกษาของหม้อข้าวหม้อแกงลิง, การประชุมทางวิชาการระดับชาติการวิจัยพรรณพืชป่าไม้ของประเทศไทย ครั้งที่ 1, คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 10-11 กรกฎาคม 2551.

Sandra, P., 2537, หยาดสุดท้าย [Last oasis: facing water scarcity], (รังรอง, ผู้แปล), คบไฟ. กรุงเทพฯ. 94 น. (ต้นฉบับพิมพ์ ปี ค.ศ. 1997)

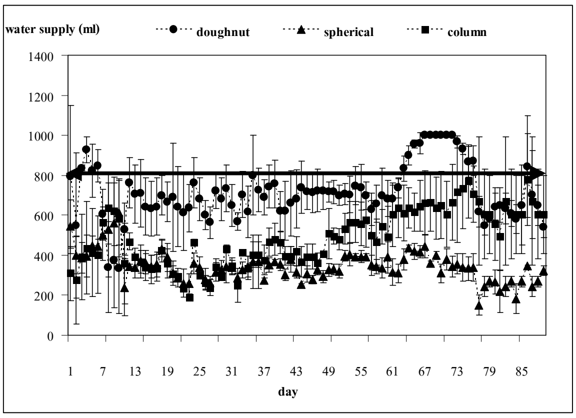


Figure 1 Amount of water supply from different irrigation system to tomato plants. The double arrows line indicate the amount of water by the control which maintained at 800 ml/day

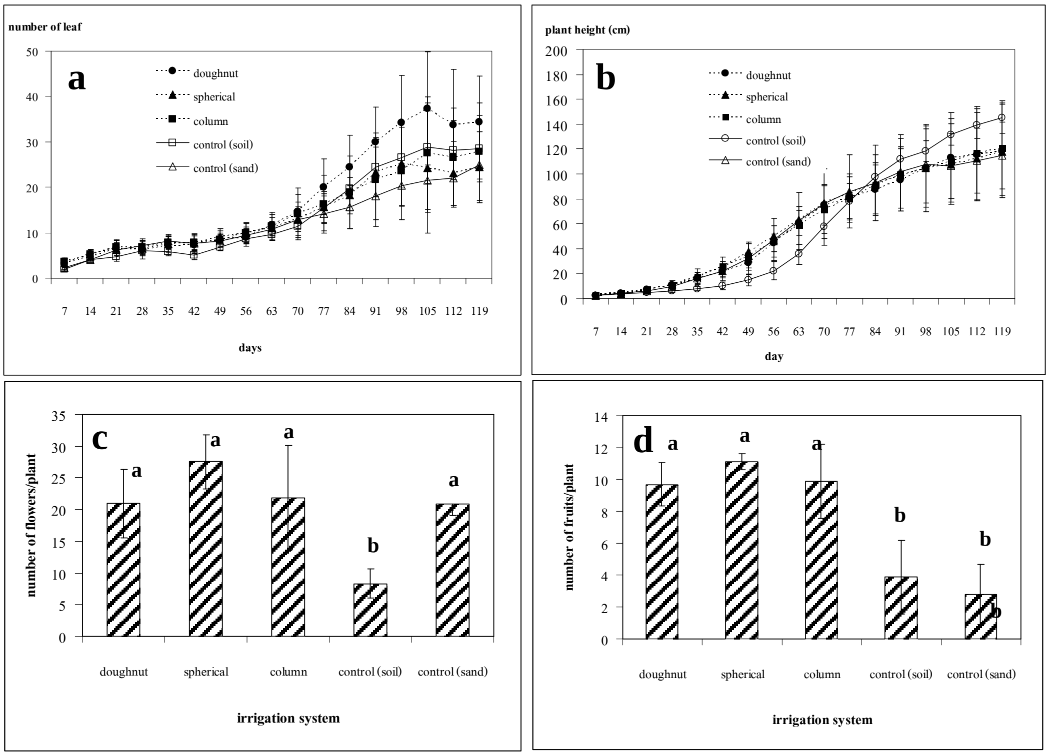


Figure 2 Growth and development of tomato when supplied them with different irrigation system.
a) number of leaves b) plant height c) number of flower per plant and d) number of fruit per plant

*Significance difference within values in the same column are indicated by different letter ($P < 0.05$).

Table 1 Factors relating to the soil physics and number of weeds appeared in each irrigation system

Irrigation system	Δ Hardness (kg/cm^2)	Soil surface deflation (cm)	Weed appearance (no.)
SIS: doughnut ceramics	14.70	0.25 (0.20)^{b}	4.0 (1.7)^{*b}
SIS: spherical ceramics	11.72	0.12 (0.03)^{c}	2.0 (1.2)^{b}
SIS: column ceramics	8.40	0.21 (0.08)^{b}	3.3 (0.6)^{b}
DIS: in soil (control)	46.30	0.71 (0.13)^{a}	11.7 (1.5)^{a}
DIS: in sand (control)	57.57	0.21 (0.01)^{b}	5.3 (2.5)^{b}

^{a,b} Significance difference within values in the same column are indicated by different letter ($P < 0.05$).

* numbers in the brackets are SD for each mean. SIS = Subsurface irrigation system, DIS = Dripping irrigation system

จลนพลศาสตร์การอบแห้งขมิ้นชันแบบไมโครเวฟสุญญากาศ

Microwave-Vacuum Drying Kinetics of Tumeric

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1] **และ พิชญอร ไหมสุทธิสกุล**[1]

Apintanapong, M.[1] and Maisuthisakul, P.[1]

Abstract

Microwave-vacuum drying of turmeric slices was done in comparison with hot air drying. The results revealed that microwave-vacuum drying rate (0.13-0.65 kg/kg.min) was higher than hot air drying rate at 60°C (0.06 kg/kg.min). In drying kinetic study, Page's models provided best fit model for both microwave-vacuum and hot air drying data with higher R^2 in comparison with Newton's model. Drying rate and drying coefficient (k) from both models tended to increase with microwave power, while an exponent (n) from Page's model tended to decrease. It was found that microwave-vacuum drying at 300 mbar (vac) gave higher drying rate and drying coefficient than at 400 mbar (vac). Dried turmeric slices were ground and the color evaluation (L*, a* and b*) was done by a Hunter colorimeter to compare with hot air dried turmeric powder. Dried turmeric powder using microwave-vacuum drying had significantly higher lightness (L*) and yellowness (b*) while the redness (b*) was lower ($P \leq 0.05$).

Keywords: tumeric, kinetics, microwave-vacuum, drying

บทคัดย่อ

ในการอบแห้งแผ่นขมิ้นชันโดยใช้เครื่องไมโครเวฟสุญญากาศเปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบลมร้อนพบว่าการอบแห้งโดยใช้คลื่นไมโครเวฟสุญญากาศมีอัตราการอบแห้ง (0.13-0.65 kg/kg.min) สูงกว่าแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C (0.06 kg/kg.min) เมื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งพบว่าแบบจำลองของ Page ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่าแบบจำลองของ Newton เมื่อวิเคราะห์หาค่าคงที่ในการอบแห้งพบว่า อัตราการอบแห้งและค่าสัมประสิทธิ์การอบแห้ง (k) จากแบบจำลองทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังของเครื่องไมโครเวฟ ในขณะที่ค่าเอกซ์โปเนนท์ (n) จากแบบจำลองของ Page มีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการอบแห้งโดยใช้คลื่นไมโครเวฟสุญญากาศที่ 300 mbar (vac) มีอัตราการอบแห้งและค่าสัมประสิทธิ์การอบแห้ง (k) จากแบบจำลองทั้งสองที่สูงกว่าที่ 400 mbar (vac) เมื่อนำขมิ้นชันหลังการอบแห้งโดยใช้คลื่นไมโครเวฟสุญญากาศไปบดเป็นผงและตรวจสอบค่าสี (L* a* และ b*) โดยเครื่อง Hunter colorimeter เปรียบเทียบกับการอบแบบลมร้อน พบว่าผงขมิ้นชันอบแห้งโดยใช้คลื่นไมโครเวฟสุญญากาศมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) สูงกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน ในขณะที่ค่าสีแดง (b*) มีค่าน้อยกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน จลนพลศาสตร์ ไมโครเวฟสุญญากาศ การอบแห้ง

Introduction

Curcuma longa (tumeric) is a medicinal plant widely used and cultivated in tropical regions. Recently, turmeric has been valued worldwide as a functional food because of its health promotion property (Ammon and Wahl, 1991). The yellow pigment of *C. longa* rhizome is known as curcuminoids. After harvest, turmeric rhizomes are cured and then dried to stabilize rhizomes to avoid degradation during storage and transportation. In hot air drying, the processing temperature mainly influences the quality changes during drying and it is low power efficient hence it has long drying time during falling rate period. Furthermore, drying conditions may reduce the amount of turmeric constituents in the dried product by degradation linked to high temperatures (Chassagnez-Méndez *et al.*, 2000). Microwave-vacuum drying is a novel alternative method of

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

drying, allowing to obtain products of acceptable quality. It permits a shorter drying time and a substantial improvement in the quality of dried materials (Bondaruk *et al.*, 2007). Therefore, the study was aimed at drying kinetics determination of turmeric slices dried by hot air and microwave-vacuum methods. The model was tested with data produced in a laboratory microwave–vacuum dryer. The study involved three levels of microwave power and two vacuum pressure levels. The quality in terms of color was evaluated by a Hunter colorimeter.

Materials and Methods

Drying: Mature fresh tumeric (*Curcuma longa* L.) rhizomes were washed, sorted, peeled and sliced longitudinally into pieces with 1 mm thickness. Tumeric slices were uniformly distributed on the tray as a thin layer and were hot-air dried at temperature of 60°C. For microwave-vacuum method, drying was done in a domestic microwave oven (Turbora Model TRX-2039) which has a multimode stainless steel microwave cavity (55 cm×30 cm×35 cm). A glass round flask containing the tumeric slices was placed inside the microwave cavity and a vacuum pump was connected to the container via a cold water condenser in order to maintain the appropriate pressure levels inside the glass vacuum chamber and for cooling down the evaporated vapors. For each drying experiments, exactly 50 g of sliced tumeric were dried at various microwave powers (216, 357 and 553 W) and vacuum pressure levels (300 and 400 mbar).

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

Color evaluation: Dried turmeric slices were ground and the color (L*, a* and b*) was measured by a Hunter colorimeter (HunterLab DP-9000, Reston, Virginia, USA).

Results and Discussion

The drying curves for drying of turmeric slices under hot-air and microwave-vacuum drying conditions are shown in Figure 1 and 2, respectively.

The microwave-vacuum drying showed much higher drying rates (0.13-0.65 kg/kg.min) throughout the course of drying than the hot air drying (0.06 kg/kg.min) as shown in Table 1. In this method microwaves penetrate the interior of the material causing water to boil at a relatively low temperature. This creates a high vapor pressure in the centre of the material, allowing rapid transport of moisture out of the product (Sham *et al.*, 2001). In drying kinetics study, Newton and Page models were tested for their validity to turmeric slices under hot-air and microwave-vacuum drying:

Newton model: $MR = \exp(kt)$……….(1)

Page model: $MR = \exp(kt^{n})$ …….(2)

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

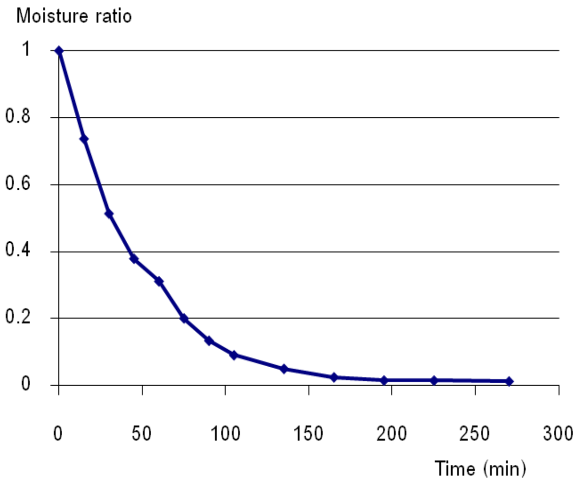


Figure 1 Drying curves of hot-air dried turmeric slices. dried

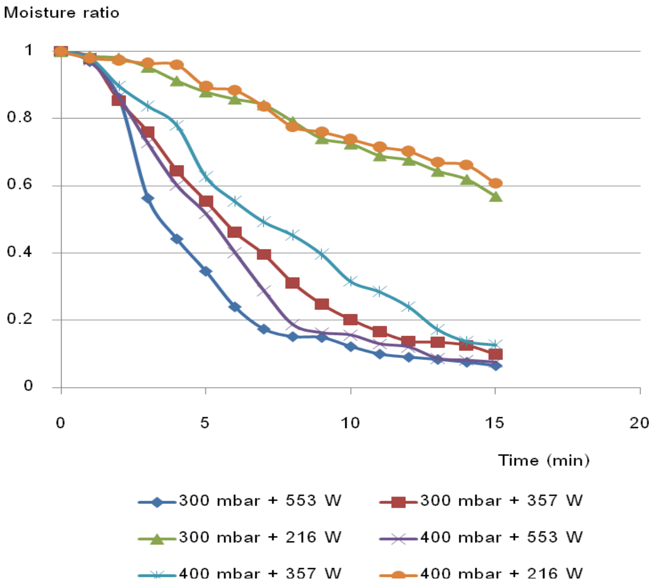


Figure 2 Drying curves of microwave-vacuum turmeric slices.

Table 1 Equation parameters at different drying temperatures and methods.

Drying conditions	Drying curves*		Newton model*		Page model*		
	Drying rate (kg/kg.min)	R^2	k (min^{-1})**	R^2	k (min^{-1})**	n***	R^2
Hot-air drying 60°C)	0.06±0.01	0.99±0.05	0.02±0.01	0.99±0.02	0.02±0.02	1.09±0.07	0.99±0.01
Microwave-vacuum drying							
300 mbar, 553 W	0.65±0.03	0.93±0.03	0.21±0.06	0.97±0.03	0.25±0.05	0.91±0.03	0.96±0.02
300 mbar, 357 W	0.40±0.08	0.99±0.04	0.16±0.04	0.98±0.02	0.07±0.02	1.29±0.03	0.99±0.02
300 mbar, 216 W	0.13±0.05	0.99±0.02	0.05±0.02	0.95±0.03	0.01±0.01	1.46±0.05	0.99±0.01
400 mbar, 553 W	0.50±0.05	0.99±0.01	0.18±0.03	0.98±0.03	0.07±0.01	1.38±0.03	0.97±0.02
400 mbar, 357 W	0.29±0.07	0.98±0.03	0.13±0.01	0.97±0.01	0.04±0.01	1.43±0.04	0.99±0.02
400 mbar, 216 W	0.16±0.05	0.98±0.05	0.06±0.03	0.93±0.02	0.01±0.01	1.65±0.06	0.98±0.01

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

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

Page's models provided best fit model for both microwave-vacuum and hot air drying data with higher R^2 in comparison with Newton's model. Drying rate and drying coefficient (k) from both models tended to increase with microwave power, while an exponent (n) from Page's model tended to decrease with microwave power. It was found that microwave-vacuum drying at 300 mbar (vac) gave higher drying rate and drying coefficient than at 400 mbar (vac). An exponent from Page's model tended to increase with vacuum pressure level.

As shown in Table 2, hot air drying resulted in a darker powder color (lower L* value) and less red color (low a* value) than microwave-vacuum drying. Higher value of yellow color was obtained from microwave-vacuum drying. The discoloration during drying may be related to non-enzymatic browning (Feng and Tang, 1998). Maskan (2000) also reported about darker and less red color obtained from dried banana samples using microwave drying. Parsley samples obtained by microwave-vacuum drying were better compared to those air dried in terms of color, essential oil contents, aroma and off-flavor (Bohem *et al.*, 2002).

Table 2 Effect of drying conditions on color value (L*, a* and b*) of dried turmeric powder.

Drying conditions	L*	a*	b*
Hot-air drying (60°C)	43.81±0.21$_a$	24.28±0.12$_f$	46.06±0.16$_a$
Microwave-vacuum drying			
300 mbar, 553 W	63.73±0.52$_d$	17.49±0.06$_c$	78.61±0.18$_f$
300 mbar, 357 W	56.35±0.23$_b$	17.81±0.01$_d$	66.55±0.35$_b$
300 mbar, 216 W	58.19±0.23$_c$	16.44±0.06$_a$	67.61±0.19$_c$
400 mbar, 553 W	58.06±0.35$_c$	18.22±0.26$_e$	68.64±0.33$_d$
400 mbar, 357 W	57.77±0.34$_c$	17.40±0.04$_c$	69.36±0.38$_e$
400 mbar, 216 W	58.04±0.05$_c$	16.84±0.08$_b$	69.64±0.26$_e$

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

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

Summary

Microwave-vacuum drying rate was faster than hot air drying rate at 60°C. In drying kinetic study, Page's models provided best fit model for both microwave-vacuum and hot air drying data with higher R^2 in comparison with Newton’s model. Drying conditions (microwave power and vacuum pressure) directly affected on a drying rate, a drying coefficient and an exponent. The hot air drying gave a darker powder color (lower L* value) and less red color (low a* value) than microwave-vacuum drying. Higher value of yellow color was obtained from microwave-vacuum drying.

Literature cited

Ammon, H.P. and Wahl, M.A., 1991, Pharmacology of Curcuma Longa, Planta medica, 57(1):1-7.

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

Bohem, M., Bade, M. and Kunz, B., 2002, Quality Stabilisation of Fresh Herbs Using a Combined Vacuum Microwave Drying Process, Advances in Food Science, 24(2): 55-61.

Bondaruk, J., Markowski, M. and Blaszczak, W., 2007, Effect of Drying Conditions on the Quality of Vacuum-microwave Dried Potato Cubes, Journal of Food Engineering, 81(2): 306–312.

Chassagnez-Méndez, A.L., Machado, N.T. Araujo, M.E., Maia, J.G. and Mereiles, M.A.A., 2000, Supercritical CO_2 Extraction of Curcumins and Essential Oil from the Rhizomes of Turmeric (*Curcuma longa* L.), Industrial and Engineering Chemistry Research, 39(12): 4729–4733.

Feng, H. and Tang, J., 1998, Microwave Finish Drying of Diced Apples in a Spouted Bed, Journal of Food Science, 63(4): 679-683.

Maskan, M., 2000, Microwave/air and Microwave Finish Drying of Banana, Journal of Food Engineering, 48(2): 169–175.

Praveenkumar, D.G., Umesh Hebber, H. and Ramesh, M.N., 2006, Suitability of Thin Layer Models for Infrared-hot air-drying of Onion Slices, Food Science and Technology, 39(6): 700-705.

Sham, P.W.Y., Scaman, C.H. and Durance, T.D., 2001, Texture of Vacuum Microwave Dehydrated Apple Chips as Affected by Calcium Pretreatment, Vacuum Level, and Apple Variety, Journal of Food Science, 66(9): 1341-1347.

ผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศก่อนการออสโมซิสต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของฟักทองกึ่งแห้ง

Effect of Vacuum Osmopretreatment on Mass Transfer and Quality of Intermediate Moisture Pumpkin Product

ชวินโรจน์ พจน์ประบุญ[1] พัชราภรณ์ ประดับมุข[1] และ สิริมา ชินสาร[1]

Pojprabun, C.[1], Pradubmook, P.[1] and Chinnasarn, S.[1]

Abstract

This research was to study the effect of vacuum pretreatment on mass transfer of pumpkin in osmosis process by using 50% sucrose solution and vacuum condition at 80, 160 and 240 mbar for 0, 5 and 10 min. After pretreatment and osmosis process at 70°C for 20, 40, 60, 120, 180, 240 and 300 min, the maximum water loss was obtained from pumpkin cubes pretreated at 160 mbar, 10 min. Then, the qualities of intermediate moisture pumpkin product were studied. Osmotic pumpkin was dried at 60 °C until the moisture content was reduced to be 14%. Pumpkin cubes pretreated at 160 mbar, 10 min could make the product obtained the lowest L*, a*, b* and a_w with significant difference ($p<0.05$). Whereas the sensory scores in term of color, flavor, taste, texture and overall liking were highest ($p<0.05$)

Keywords: osmotic dehydration, vacuum pretreatment, pumpkin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยสภาวะสุญญากาศต่อการถ่ายเทมวลสารของฟักทองในกระบวนการออสโมซิส โดยใช้สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50% และการเตรียมขั้นต้นภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ 80 160 และ 240 mbar เป็นเวลา 0 5 และ 10 นาที ภายหลังการเตรียมขั้นต้นและการออสโมซิสที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 60 120 180 240 และ 300 นาที พบว่า ตัวอย่างที่มีปริมาณการสูญเสียน้ำสูงสุด ได้แก่ ฟักทองที่ผ่านการให้สุญญากาศ 160 mbar นาน 10 นาที จากนั้นศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฟักทองกึ่งแห้ง โดยอบแห้งฟักทองที่ผ่านการออสโมซิสแล้วที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น 14% ผลการทดลองพบว่า ฟักทองที่ผ่านการให้สุญญากาศ 160 mbar นาน 10 นาที มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง และปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: การกำจัดน้ำด้วยวิธีออสโมซิส การเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศ ฟักทอง

คำนำ

ฟักทองเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร เกลือแร่ที่พบมากได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม อีกทั้งมีปริมาณวิตามินเอและวิตามินซีสูง ปัจจุบันได้มีการพัฒนานำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด การแปรรูปโดยใช้วิธีการอบแห้งก็เป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบหนึ่งที่น่าสนใจ และเพื่อพัฒนาคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ฟักทองอบแห้งให้ดียิ่งขึ้น จึงมีการประยุกต์ใช้การเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศร่วมกับการนำกระบวนการออสโมซิสมาช่วยลดปริมาณน้ำเริ่มต้นของวัตถุดิบเพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งลง ข้อดีของการเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศก่อนการออสโมซิส คือ ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น เนื่องจากชิ้นฟักทองมีรูพรุนมากขึ้นจึงมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำที่สูญเสีย และสามารถใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ต่ำลงได้ ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี (Shi, Fito และ Chiralt, 1995) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมี

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

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saensook, Muang, Chonburi, 20131

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยสภาวะสุญญากาศต่อการถ่ายเทมวลสารของฟักทองในกระบวนการออสโมซิสและคุณภาพของฟักทองภายหลังการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำฟักทองอ่อนพันธุ์คางคกที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 6-7 องศาบริกซ์ หั่นเป็นชิ้นขนาด 1 x 1 x 1 เซนติเมตร ปริมาณ 200 กรัม แช่ในสารละลายซูโครส ความเข้มข้น 50% โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารละลายออสโมติกต่อสับปะรด 3: 1 (โดยน้ำหนัก) ควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เตรียมขั้นต้นด้วยการลดความดันในภาชนะลงโดยแปรระดับของสุญญากาศที่ใช้เป็น 80 160 และ 240 mbar และแปรเวลาในการให้สุญญากาศเป็น 5 และ 10 นาที โดยมีตัวอย่างควบคุม คือ การไม่ใช้สุญญากาศ หลังจากนั้นออสโมซิสต่อที่สภาวะอากาศปกติ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งครบ 300 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำชิ้นฟักทองออกจากสารละลายแล้วซับให้แห้ง นำฟักทองไปชั่งน้ำหนักและหาความชื้นบันทึกเป็นน้ำหนักและความชื้นหลังการออสโมซิส เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water lose; WL) และของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) โดย

$$WL(\%) = \frac{(W_i M_i - W_f M_f)}{W_i} \times 100$$

$$SG(\%) = \frac{[(W_f(100 - M_f)/100) - (W_i(100 - M_i)/100)]}{W_i} \times 100$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม) W_f คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาใด ๆ (กรัม) M_i คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัมน้ำ / 100 กรัมน้ำหนักเริ่มต้น) และ M_f คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่เวลาใด ๆ (กรัมน้ำ / 100 กรัมน้ำหนักเริ่มต้น)

เลือกตัวอย่างฟักทองหลังการออสโมซิสที่มีค่า WL สูงที่สุด 3 ตัวอย่างเพื่ออบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60±2 องศาเซลเซียส อัตราเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้น 14% สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้ 1) ค่าสี ด้วยเครื่อง Handy Colorimeter ใช้ระบบ L* a* b* color system 2) ค่าความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) วัดแบบ Compression โดยใช้หัวกดรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร 3) ปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ 4) คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทดสอบความชอบด้านสี กลิ่น รส ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลการทดลอง

ค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) และของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) ของฟักทองเมื่อผ่านการให้สุญญากาศที่ระดับต่างๆ และแช่ในสารละลายออสโมติกนาน 300 นาที มีค่า WL และ SG อยู่ในช่วง 38- 42% และ 18-24% ตามลำดับ (Figure 1) โดยฟักทองที่ผ่านการให้สุญญากาศที่ 160 mbar 5 นาที 160 mbar 10 นาที และ 240 mbar 10 นาที มีค่า WL สูงสุด 3 อันดับแรก จึงนำมาอบแห้งและวิเคราะห์คุณภาพด้านสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณน้ำอิสระ (Table 1) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 2)

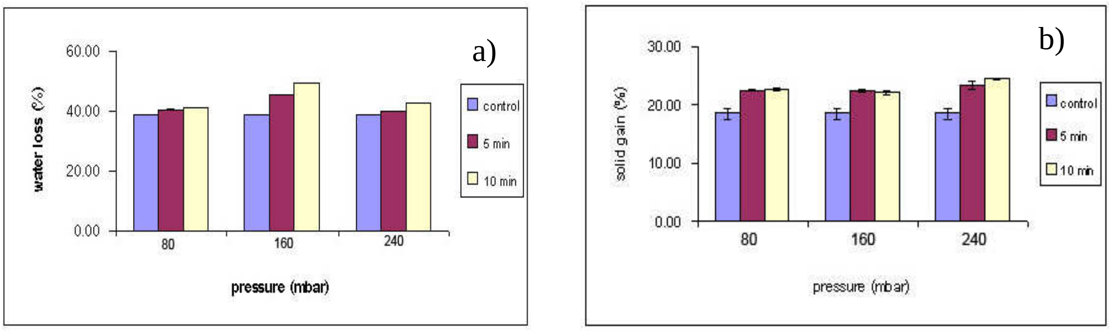


Figure 1 Effect of vacuum pretreatment on water loss and solid gain of pumpkin after osmosis process for 300 minutes

Table 1 Color value, firmness value and water activity of dehydrated pumpkin

Pretreatment condition	Color value			Firmness	a_w
	L*	a*	b*	(N)	
control	56.18±0.75[a]	15.96±0.197[a]	58.45±0.21[a]	11.99 ± 0.91[a]	0.647±0.000[a]
160 mbar 5 min	44.37±0.13[c]	15.47±0.05[b]	44.47±0.12[c]	3.95 ± 0.58[b]	0.644±0.003[ab]
160 mbar 10 min	39.46±0.65[d]	13.76±0.11[c]	36.35±0.14[d]	3.79 ± 0.65[b]	0.639±0.001[b]
240 mbar 10 min	49.75±0.45[b]	15.40±0.165[b]	49.94±0.35[b]	4.71 ± 0.36[b]	0.644±0.002[ab]

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference($p \leq 0.05$)

Table 2 Liking score in terms of color, flavor, taste, appearance, texture and overall liking of dehydrated pumpkin

Pretreatment condition	Color	Flavor	Taste	Appearance[ns]	Texture	Overall liking
control	5.92±1.55[b]	5.88±1.27[b]	6.00±1.55[b]	6.36±1.65	5.52±1.66[b]	6.08±1.28[c]
160 mbar 5 min	6.84±1.03[a]	6.48±1.00[ab]	6.24±1.13[ab]	6.72±1.54	5.88±1.59[b]	7.12±0.53[c]
160 mbar 10 min	6.32±1.38[ab]	6.68±1.18[a]	6.92±1.12[a]	6.44±1.29	6.80±1.15[a]	8.04±0.35[a]
240 mbar 10 min	6.48±1.69[ab]	6.24±1.16[ab]	6.40±0.82[ab]	6.40±1.38	6.32±1.03[ab]	7.12±0.52[b]

[ns] Non significant difference ($p>0.05$)

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผล

การเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศก่อนการออสโมซิสช่วยให้การถ่ายเทมวลสารของฟักทองเพิ่มขึ้น โดยทำให้ค่า WL และ SG สูงขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านการให้สุญญากาศ (Figure 1) เนื่องจากความรุนแรงของสภาวะในการให้ความดันสุญญากาศอย่างเหมาะสมจะทำให้เซลล์ที่ผิวของชิ้นผลไม้ถูกทำลายเพียงเล็กน้อย ซึ่งการถูกทำลายที่บริเวณเซลล์ผิวของชิ้นผลไม้นี้จะทำให้โครงสร้างบางส่วนของเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไปเนื่องจากโครงสร้างของเซลล์ เช่น เพคติน โปรตีน เกิดการเสียสภาพทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านได้ดียิ่งขึ้นส่งผลให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น (Lombard, 2008) แต่เมื่อพิจารณาระดับของความดันที่ใช้ พบว่า การใช้สุญญากาศที่ระดับความดัน 80 mbar ซึ่งเป็นสภาวะที่รุนแรงที่สุดในการทดลองกลับทำให้ฟักทองมีการถ่ายเทมวลสารต่ำกว่าการใช้ความดัน 160 และ 240 mbar เนื่องจากการใช้สภาวะที่รุนแรงเกินไปอาจส่งผลให้เนื้อเยื่อฟักทองเกิดการสูญเสียอากาศออกจากเซลล์อย่างรวดเร็ว เซลล์จึงเกิดการหดตัวหรือมีลักษณะผิดปกติไปส่งผลให้การถ่ายเทมวลสารเกิดได้ยากขึ้น ดังนั้นการใช้สุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสจึงมีระดับความดันและเวลาที่เหมาะสมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อเยื่อของผลไม้ (Shi, Fito และ Chiralt, 1995)

เมื่อพิจารณาค่าสีของฟักทองภายหลังการอบแห้ง พบว่า ฟักทองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศมีค่าสี L*, a* และ b* ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากการใช้สุญญากาศทำให้น้ำตาลเคลื่อนที่เข้าสู่เนื้อเยื่อของฟักทองได้มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากค่า SG ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำตาลในเนื้อเยื่อจะทำให้การกระจายแสงที่ผิวฟักทองเปลี่ยนแปลงไปและเกิดลักษณะมันวาวที่ผิว และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเนื้อเยื่อนี้เองเป็นผลให้ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ลดลง และเมื่อพิจารณาค่าความแน่นเนื้อก็พบว่า ฟักทองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศมีความแน่นเนื้อต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากการให้สุญญากาศทำให้เนื้อเยื่อของฟักทองเกิดรูพรุนมากขึ้น การถ่ายเทมวลสารในระหว่างการ

ออสโมซิสเกิดขึ้นได้ดี ทำให้ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อก่อนการอบแห้งมีปริมาณน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เมื่อนำมาทำแห้งจึงใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า เนื้อเยื่อถูกทำลายน้อยกว่า ตัวอย่างที่ผ่านการให้สุญญากาศจึงมีความแน่นเนื้อต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม และได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยฟักทองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศที่ 160 mbar 10 นาที ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดในระดับชอบมาก

ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับการทดลองของสุริเชษฐ์ และสรายุทธ (2551) ที่ศึกษาการทำแห้งสับปะรดด้วยวิธีออสโมซิสโดยศึกษาอิทธิพลของสารละลายออสโมซิสและการเตรียมขั้นต้นด้วยสภาวะสุญญากาศต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าการให้สุญญากาศจะไปกระตุ้นทำให้โครงสร้างของเซลล์สับปะรดเกิดการเสียสภาพทำให้รูปร่างเปลี่ยนแปลงไป เนื้อสับปะรดมีพื้นที่ช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้นเกิดการโปร่งแสงและมีลักษณะใส และเนื้อเยื่อจะมีรูพรุนน้อยลงเนื่องจากถูกแทนที่ด้วยตัวถูกละลายมากขึ้นและจะลดความสามารถในการกระจายของแสงจึงมีผลต่อค่าความสว่างทำให้สับปะรดอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครส 65% ที่ 200 mbar 15 นาที และซูโครส 32.5% ร่วมกับกลีเซอรอล 32.5% ที่ 200 mbar 15 นาที มีค่า L* ลดลง

สรุปผล

การเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศก่อนการออสโมซิสมีผลทำให้การถ่ายเทมวลสารของฟักทองสูงขึ้น และเมื่อนำฟักทองไปทำการอบแห้งจะใช้เวลาในการอบแห้งลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ฟักทองกึ่งแห้งที่ได้จากตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยฟักทองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศที่ 160 mbar 10 นาที ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดในระดับชอบมาก และมีค่าสี L* a* b* ค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

สุริเชษฐ์ บิลหีม และสรายุทธ ปลุกใจราษฎร์, 2551, การทำแห้งสับปะรดด้วยวิธีออสโมซิส: อิทธิพลของสารละลายออสโมติกและการเตรียมขั้นต้นด้วยสภาวะสุญญากาศต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์, ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P. and Andre,´S.A., 2008, Osmotic Dehydration of Pineapple as a Pre-treatment for Further Drying, Journal of Food Engineering, 85: 277-284.

Shi, X.Q., Fito, P. and Chiralt, A., 1995, Influence of Vacuum Treatment on Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Fruit, Food Research International, 28(5): 445-454.

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อเวลาการทำแห้ง และคุณภาพของข่าแห้ง

Effect of Temperature and Velocity of Superheated Steam on Drying Time and Quality of Dried Galangal

ยาตรา ยมสูงเนิน[1] เยาวภา ไหวพริบ[2] และ อนันต์ ทองทา[3]
Yomsungnoen, Y.[1], Waiprib, Y.[2] and Tongta, A.[3]

Abstract

The effects of temperature (120, 130, and 140°C), and velocity (1.17, 1.46, and 2.01 $m.s^{-1}$) of superheated steam on drying time, color (L*, a* and b*), and volatile oil contents of dried galangal products with final moisture content of 12%db were investigated. The result demonstrated the interaction effects of drying temperature and velocity on drying time, a*, b* value, and volatile oil contents (p<0.05), that is, the use of high temperature with high velocity resulted in shorter drying time, lower a*, and b* values, and higher volatile oil contents, while the use of low temperature with low velocity resulted in longer drying time, higher a* and b* values, and lower volatile oil contents. The operating temperature at 140ºC with velocity of 2.01 ms^{-1} resulted in the shortest drying time (60.00±5.00 min.), and lowest a* value (10.32±0.33) (p<0.05), while operating temperature at 120ºC with velocity of 1.17 ms^{-1} resulted in the longest drying time (166.67±2.89 min.) (p<0.05). The optimal condition for galangal drying was the use superheated steam temperature at 120ºC with velocity of 2.01 $m.s^{-1}$, resulting in the highest volatile oil content (0.92±0.14) (p<0.05).

Keywords: galangal, superheated steam drying, color, volatile oil

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอุณหภูมิ (120 130 และ 140 ºC) และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (1.17, 1.46 และ 1.72 $m.s^{-1}$) ต่อเวลาการทำแห้ง ค่าสี (L* a* และ b*) และปริมาณน้ำมันหอมระเหย ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12% โดยน้ำหนักแห้ง พบว่าอุณหภูมิและความเร็วมีอิทธิพลร่วมกันต่อเวลาการทำแห้ง ค่า a* b* และปริมาณน้ำมันหอมระเหย (p<0.05) เมื่อทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วสูง พบว่าเวลาการทำแห้งสั้น ค่า a* และ b* ต่ำ และปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูง ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วต่ำ พบว่า เวลาการทำแห้งนาน ค่า a* และ b* สูง และปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่ำ โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 140 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ มีผลให้เวลาทำแห้งสั้นสุด (60.00±5.00 min.) และค่า a* ต่ำสุด (10.32±0.33) (p<0.05) ในขณะที่ การทำแห้งที่อุณหภูมิ 120 ºC ร่วมกับความเร็ว 1.17 $m.s^{-1}$ มีผลให้เวลาทำแห้งนานสุด (166.67±2.89 min) (p<0.05) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งข่าด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งคือการทำแห้งที่อุณหภูมิ 120 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ โดยให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด (0.92±0.14) (p<0.05)

คำสำคัญ: ข่า การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง สี น้ำมันหอมระเหย

คำนำ

ข่า (*Alpinia galangal L. swart.*) เป็นพืชล้มลุกมีเหง้า อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร (Farnsworth และ Bunyaprapphatsara, 1992) เหง้าข่าประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.04 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งจุลินทรีย์ (ดารณี, 2543; Oonmetta-aree และคณะ, 2006) กลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเชียงใต้นิยมใช้เป็นผงปรุงรสอาหาร ให้กลิ่นรส (Manfileld, 2005) การใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเทศโดยการทำแห้ง ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งมีมูลค่าการจำหน่ายสูงกว่ารูปแบบสด เนื่องจากเก็บได้นาน และ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Sciense, Faculty of Science, Burapha University, 169 Long-Hard Bangsaen Rd, Saensook, Muang, Chonburi 20131
[2] ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ. พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Phahon Yothin Rd. Chatuchak, Bangkok 10900
[3] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[3] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ขนส่งง่าย การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ที่ความดันที่กำหนด (ฉัตรชัย, 2548) พบว่ามีข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งข่าโดยทั่วไป ได้แก่ การตากแดดและใช้อากาศร้อน กล่าวคือ ช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านกายภาพ เช่นสี รักษาองค์ประกอบในอาหาร ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งทำให้อาหารเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ช่วยประหยัดพลังงานในการทำแห้งอีกด้วย (จินดาพร, 2550; ยรรยง, 2550) งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อเวลาการทำแห้ง ค่าสี และน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง ล้างเหง้าข่า สไลด์ให้เป็นแผ่นบางหนา 0.50 cm ด้วยเครื่องสไลด์ ชั่งน้ำหนัก 100 g เรียงใส่ถาดจากนั้นทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งแบบ Batch กำหนดอุณหภูมิในการทำแห้ง 120 130 และ 140 °C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 1.17 1.46 และ 1.72 $m.s^{-1}$ ทำแห้งข่าด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จนได้ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.(dry basis) บันทึกน้ำหนักของข่าที่เวลาใด ๆ เพื่อคำนวณหาความชื้นระหว่างการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง วิเคราะห์ค่าสี (L* แสดงค่าความสว่าง (lightness) a* แสดงค่าสีแดงและสีเขียว และค่า b* แสดงค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน) โดยเครื่องวัดสีอาหาร (Miniscan XE plus, Hunter Lab, USA) และวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยตามวิธีของ AOAC ข้อ 962.17A และ 962.17B (AOAC, 1990) วางแผนการทดลองแบบ Factorial design ที่ระดับ 3x3 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามี interaction ระหว่างอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อเวลาการทำแห้งและปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ($p<0.05$) แสดงได้ดัง Figure 1 นอกจากนี้พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อ ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ($p<0.05$) แสดงได้ดัง Figure 2

วิจารณ์ผล

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อเวลาการทำแห้งของข่า พบว่าการใช้อุณหภูมิและความเร็วสูงเวลาการทำแห้งต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิและความเร็วต่ำ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจากการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วสูงขึ้นเกิดการถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในระหว่างการทำแห้งได้ดีกว่าที่อุณหภูมิและความเร็วต่ำ มีผลให้อัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้น เวลาการทำแห้งลดลง (Moreira, 2001; Tang และคณะ, 2005) สอดคล้องกับรายงานของ อาทิตย์ (2550) ศึกษาการทำแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 110-150 °C ความเร็ว 0.3 -3.4 ms^{-1} เมื่ออุณหภูมิและความเร็วเพิ่มขึ้น เวลาการทำแห้งลดลง

ผลของอุณหภูมิและความเร็วต่อค่าสีของข่าแห้ง พบว่าการใช้อุณหภูมิและความเร็วต่ำ ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองสูงกว่าการใช้อุณหภูมิและความเร็วสูง ($p<0.05$) โดยทั่วไปการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศจัดได้ว่าเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง มีผลต่อการเร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Jamradloedluk และคณะ, 2007) ทำให้มีผลต่อค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูง พบว่าค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำ อาจเกิดจากระยะเวลาการทำแห้ง (ปิยะวรรณ และ ยุวนารี, 2550) การทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วสูงใช้เวลาสั้นกว่าที่อุณหภูมิและความเร็วต่ำค่าสีแดงและค่าสีเหลืองจึงต่ำกว่า

ผลของอุณหภูมิและความเร็วต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของข่าแห้ง พบว่าการใช้อุณหภูมิและความเร็วสูงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าการใช้อุณหภูมิและความเร็วต่ำ ($p<0.05$) อุณหภูมิและความเร็วมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยอาจเกิดจากน้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (สิริลักษณ์, 2545) การใช้อุณหภูมิและความเร็วสูงแต่เวลาการทำแห้งสั้นลง มีผลให้สูญเสียปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลง งานวิจัยนี้พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.18-0.92 โดยมีรายงานปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่พบในข่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.04-0.16 (ดารณี, 2543; รัชตา, 2551; Ibrahim และคณะ, 2009)

สรุปผล

อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีอิทธิพลร่วมกันต่อเวลาการทำแห้ง ค่า a* b* และปริมาณน้ำมันหอมระเหย ($p<0.05$) การทำแห้งข่าด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิและความเร็วสูงขึ้น มีผลให้เวลาการทำแห้ง ค่า a* และ b* ลดลง และปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูง ($p<0.05$) สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งข่าด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งคือ การทำแห้งที่อุณหภูมิ 120 ^{o}C ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, 2550, การอบแห้งอาหารด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา,12(2): 63-70.

ฉัตรชัย นิมมล, 2548, การอบแห้งอาหารด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, เทคนิค เครื่องกล-ไฟฟ้า- อุตสาหการ, 22(252): 1-13.

ดารณี แก้วมุณีวงศ์, 2543, สมุนไพรไทย : ข่า, วารสารเทคโนโลยี, 21(3): 25-26.

รัชตา ทนวิทูวัตร, 2551, อิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข่าแดง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39(3) (พิเศษ): 500-503.

สิริลักษณ์ มาลานิยม, 2545, น้ำมันหอมระเหย สารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย, สมอ สาร, 28(325): 3-6.

ยรรยง ศรีสม, 2550, อบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง. วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี, 191: 133-139.

อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, 2550, การอบแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Farnsworth, N.R. and Bunyaprapphatsara, N., 1992, Thai Medicinal Plants, Medicinal Plant a Information Center, Bangkok.

Ibrahim, H., Aziz, A.N., Syamsir, D.R., Mohamad Ali, N., Mohtar, M., Mat Ali, R. and Awang, K., 2009, Essential oils of Alpinia conchigera Griff. and their Antimicrobial Activities, Food Chemistry, 113, 575–577.

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.

Manfileld, C., 2005, Spice: Recipes to Delight the Senses, Periplus Editions, Singapore.

Moreira, R.G., 2001, Impingment Drying of Foods using Hot Air and Superheated Steam, Journal of Food Engineering, 49: 291-295.

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.

Tang, Z., Cenkowski, S. and Izydorczyk, M., 2005, Thin-layer Drying of Spent Grains in Superheated Steam, Journal of Food Engineering, 67: 457-465.

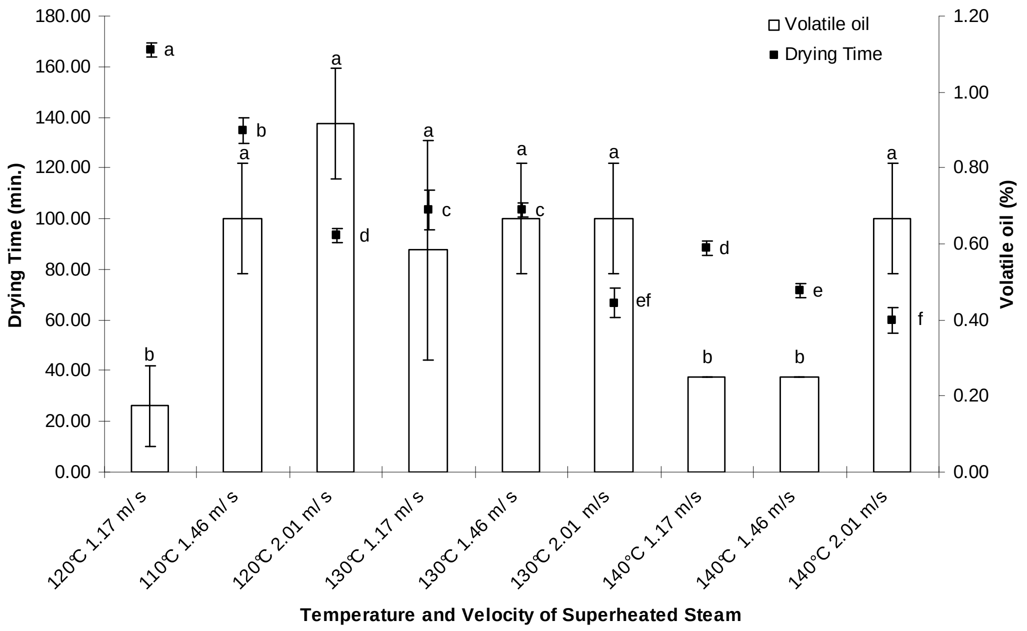


Figure 1 The effects of superheated steam temperature, and velocity on drying time, and volatile oil content of dried ginger products.

[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.

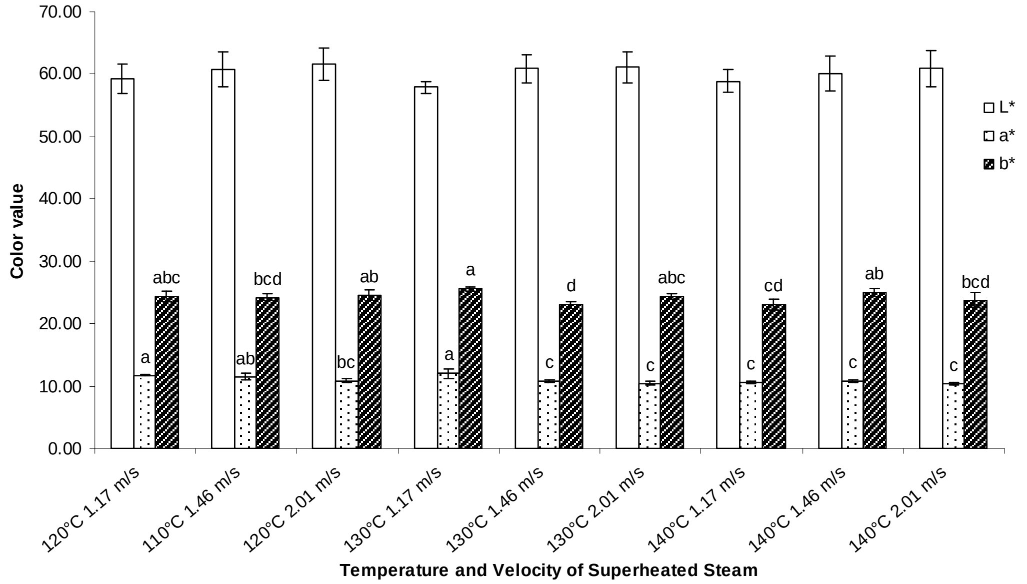


Figure 2 The effects of superheated steam temperature, and velocity on L*, a*, and b* values of dried ginger products.

[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.

การพัฒนาการผลิตสลัดผักปรุงรส

Development of Flavored Vegetable Salad Production

โสรยา เกิดพิบูลย์[1]
Kerdpiboon, S.[1]

Abstract

Thailand has a lot of agricultural raw materials, especially for high nutritious vegetables. The objective of this research was to value added vegetables cultivated in Thailand to be flavored vegetable salad. Consumer research from 100 people was found that carrot, cabbage, Chinese cabbage, Chinese kale and sugar pea were accepted to the salad production. The ratios of three main components to the salad dressing process, which were soy source, sugar and vinegar, were studied using Mixture Design. All vegetables were blanched in boiling water (temperature of 100 ^{o}C) at different boiling time depending on each kind of vegetables. It was found that salad dressing and flavored vegetable salad with the ratio of soy source: sugar: vinegar of 40:40:20 had high sensory score. Flavored vegetable salad had fat and fiber contents of 4.55% and 50.59%, respectively. Moreover, flavored vegetable salad can be kept at 4 ^{o}C in atmosphere and vacuum package for 5 and 9 days, respectively.

Keywords: vegetable, product development, salad, flavored vegetable salad

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีผลผลิตทางการเกษตรได้แก่ผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มมูลค่าของผักที่มีอยู่ในประเทศไทยโดยแปรรูปเป็นสลัดผักปรุงรส จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค 100 คน พบว่าผักที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในการแปรรูปเป็นสลัดผัก ได้แก่ แครอท กะหล่ำปลี และผักกาดขาว คะน้า และถั่วลันเตา จากนั้นศึกษาส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำสลัด ได้แก่ ซอสถั่วเหลือง น้ำตาลทราย และน้ำส้มสายชู โดยใช้แผนการทดลองแบบ Mixture Design นำผักทั้ง 5 ชนิด ลวกน้ำอุณหภูมิ 100^{o}C ที่เวลาต่างๆ ขึ้นกับชนิดของผัก ผลการทดลองพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของน้ำสลัด และสลัดผักปรุงรส ที่มีอัตราส่วนซอสถั่วเหลือง:น้ำตาลทราย:น้ำส้มสายชู เป็นร้อยละ 40:40:20 สูง สลัดผักปรุงรสมีปริมาณไขมัน และเส้นใย ร้อยละ 4.55 และ 50.59 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์สามารถเก็บที่ 4 ^{o}C ในสภาวะบรรยากาศ และสุญญากาศได้นาน 5 วัน และ 9 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ : ผัก พัฒนาผลิตภัณฑ์ สลัด สลัดผักปรุงรส

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะผักซึ่งส่วนใหญ่สามารถเพาะปลูกได้ทุกพื้นที่ และให้ผลผลิตต่อเนื่องตลอดปี ผักที่เป็นที่นิยมบริโภคได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง แครอท และกะหล่ำปลีเป็นต้น ผักส่วนใหญ่สามารถเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่ 4 ^{o}C ก่อนการแปรรูป ทั้งนี้การเพิ่มมูลค่าผักต่างๆ โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค เป็นการเพิ่มมูลค่าให้ผักที่มีอยู่มาก อีกทั้งเป็นการลดการสูญเสียของวัตถุดิบเนื่องจากการเน่าเสีย

นอกจากการบริโภคผักสดแล้ว ผักสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด สลัดผักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความนิยมในการรับประทานกันอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศโดยเฉพาะกลุ่มคนรักสุขภาพ ผักที่ใช้ในสลัดมีทั้งที่เป็นผักสด และผักที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการลวกหรือต้ม สลัดผักที่เตรียมแล้วส่วนใหญ่สามารถเก็บรักษาที่ 4 ^{o}C และควรบริโภคภายใน 1 วัน ผลิตภัณฑ์สลัดผักจึงมีข้อจำกัดในด้านการเก็บรักษา งานวิจัยจำนวนมากศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อนทั้งในด้านสมบัติเชิงกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ (Federico และคณะ, 2005; Wachtel-Galor และคณะ, 2008; Chiavaro และคณะ, 2010) การ

---

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

ลวกผักจึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถลดการเสื่อมเสียอันเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สลัดผักไว้ได้นานขึ้น

การบริโภคสลัดผัก มีน้ำสลัดเป็นส่วนผสมหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อ น้ำสลัดโดยทั่วไปประกอบด้วยโปรตีนและไขมัน เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการพลังงานสูง เช่นนักกีฬาหรือผู้ที่ต้องการเพิ่มน้ำหนัก การเลือกน้ำสลัดที่ใช้วัตถุดิบที่มีส่วนของไขมันเป็นองค์ประกอบในปริมาณน้อย หรือเป็นน้ำสลัดกลุ่มไขมันต่ำ ส่งผลต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตสลัดผักปรุงรส โดยการคัดเลือกผักที่สามารถเพาะปลูกได้ในประเทศไทย และเป็นผักที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในการนำมาแปรรูปเป็นสลัดผัก จากนั้นศึกษาส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำสลัดไขมันต่ำ และการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในสภาวะต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของผัก และเป็นการสร้างความหลากหลายในการบริโภคผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค

โดยการทำแบบสอบถามความต้องการของผู้บริโภค 100 คน ในการเลือกชนิดผักที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สลัดผัก โดยผักที่ใช้ในแบบสอบถามเป็นผักที่สามารถเพาะปลูก หรือสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย ผู้บริโภคสามารถเลือกผักที่ใช้ทำสลัดผักได้มากกว่า 1 ชนิด

2. การแปรรูปสลัดผัก และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การแปรรูปสลัดผัก

ผักที่คัดเลือกจากข้อที่ 1 ได้แก่แครอท ผักกาดขาว กะหล่ำปลี คะน้า และถั่วลันเตา นำมาล้างด้วยน้ำส้มสายชูเจือจางที่เตรียมจาก น้ำส้มสายชู 20 มิลลิลิตร: น้ำสะอาด 1 ลิตร จากนั้นนำแครอท ผักกาดขาว กะหล่ำปลี และคะน้าหั่นเป็นเส้นมีขนาดความยาวประมาณ 8 เซนติเมตร ส่วนถั่วลันเตานำเฉพาะส่วนของเมล็ด ลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 $^{\circ}$C และเวลาต่างๆ ขึ้นกับชนิดของผัก โดยกะหล่ำปลี และผักกาดขาว ลวกนาน 90 วินาที คะน้า และถั่วลันเตาลวกนาน 120 วินาที และแครอทลวกนาน 180 วินาที ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก Kovach, 2001) ผักทุกชนิดที่ผ่านการลวก นำมาแช่น้ำเย็นทันทีนาน 60 วินาที ทำให้สะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักผักลวก ชนิดละ 20 กรัม รวม 5 ชนิด และบรรจุในถุง LLDPE บรรจุธรรมดา และบรรจุสุญญากาศถุงละ 100 กรัม

ส่วนผสมที่ใช้ประกอบด้วย ซอสถั่วเหลือง น้ำตาล น้ำส้มสายชู น้ำมันงา มิริน และงาขาวคั่ว ศึกษาอัตราส่วนของส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมน้ำสลัด โดยใช้แผนภาพ Mixture design (Figure 1) กำหนดขอบเขตการใส่ส่วนผสมที่มีปริมาณมากสุด 3 ชนิด ได้แก่ ซอสถั่วเหลือง น้ำตาลทรายแดงบดละเอียด และน้ำส้มสายชูร้อยละ 20-60:20-40:20-40 ตามลำดับ โดยกำหนดให้ น้ำมันงา มิริน และงาขาวคั่วมีอัตราส่วนคงที่ ได้สูตรที่ใช้ในการเตรียมน้ำสลัด แสดงใน Table 1 ขั้นตอนการทำน้ำสลัดเริ่มจากการชั่งส่วนผสมแสดงใน Table 1 ละลายน้ำตาลและซอสถั่วเหลืองที่อุณหภูมิประมาณ 40-50 $^{\circ}$C (เพื่อให้น้ำตาลละลายหมด) เติมน้ำส้มสายชู น้ำมันงา คนให้เข้ากันดี เติมมิรินและงาขาวคั่ว คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุในถุง LLDPE ปิดสภาวะบรรยากาศ เก็บที่ 4 $^{\circ}$C จนกว่าจะนำไปใช้

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ทดสอบการยอมรับในด้านรสชาติของน้ำสลัด (เปรี้ยว เค็ม หวาน) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สลัดผักในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะประกฎ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 40 คน ทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์ ให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแตกต่างของการยอมรับในด้านต่างๆ โดยใช้ DMRT เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงสุดไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและการเก็บรักษา

4. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ปริมาณไขมัน และเส้นใย (AOAC, 2000) ของผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำสลัดผักปรุงรสเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C สภาวะบรรยากาศ และสุญญากาศ นาน 14 วัน สุ่มตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด *Staphylococcus aureus* Fecal coliform และ *Eschercihai coli*

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค

จาการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค 100 คน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผักแครอทสูงสุด (89%) รองมาได้แก่ กะหล่ำปลี (72%) ผักกาดขาว (52%) คะน้า (45%) และถั่วลันเตา (40%) ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผล) การทดลองในขั้นตอนต่อไปจึงใช้ดังกล่าวในการเตรียมผลิตภัณฑ์สลัดผักปรุงรส

2. การแปรรูปสลัดผักและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาอัตราส่วนของส่วนประกอบต่างๆ (Table 1) ทดสอบการยอมรับในด้านรสชาติน้ำสลัด ได้แก่ ความเปรี้ยว เค็ม และหวาน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำสลัดในด้านความเปรี้ยวและความหวานของน้ำสลัดทั้ง 5 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำสลัดในด้านความเปรี้ยวและความหวานของสูตรที่ 4 มากที่สุด ผลการทดลองสอดคล้องกับในกรณีการทดสอบการยอมรับสลัดผักปรุงรส (Table 2) พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับในด้านรสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยให้คะแนนการยอมรับน้ำสลัดสูตรที่ 4 มากที่สุด

3. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์สลัดผักปรุงรสมีไขมันร้อยละ 4.55 โดยปกติอาหารจำพวกผักและผลไม้มีปริมาณไขมันค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามในส่วนของน้ำสลัดมีส่วนของงาขาว และน้ำมันงา แต่ใช้ในปริมาณน้อย การบริโภคสลัดผักปรุงรสจึงเป็นทางเลือกของกลุ่มคนรักสุขภาพเนื่องจากมีปริมาณไขมันต่ำ สำหรับปริมาณเส้นใย (crude fiber) มีร้อยละ 50.59 เส้นใยเป็นส่วนประกอบที่มีมากในอาหารจำพวกพืช สลัดผักปรุงรสจึงให้ปริมาณเยื่อใยแก่ผู้บริโภค

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของชุดผักลวกที่เก็บสภาวะบรรยากาศอุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C เก็บได้ไม่เกิน 6 วัน โดยวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $2x10^{4}$ CFU/g Coliforms bacteria 780 MPN/g ส่วน *S.aureus* และ *E.coli* ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม สำหรับชุดผักลวกที่เก็บในสภาวะสุญญากาศอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 9 วัน โดยวันที่ 9 ของการเก็บรักษามีปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมด $1.90x10^{6}$ CFU/g, Coliforms bacteria $2.45x10^{3}$ MPN/g ส่วน *S.aureus* และ *E.coli* ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม ในระหว่างการผลิตอาจเกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะขั้นตอนการ cooling ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น แนวทางการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยควรมีกาควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะขั้นตอนการ cooling นอกจากนี้อาจแยกบรรจุสลักผักลวก และน้ำสลัดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้ามระหว่างสลัดผักและน้ำสลัด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

สรุปผล

จาการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค พบว่าผู้ บริโภคมีความต้องการในการนำผักกะหล่ำปลี แครอท ผักกาดขาว ผักคะน้า และถั่วลันเตา มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สลัดผักปรุงรส (สไตล์ญี่ปุ่น) มากที่สุด สำหรับน้ำสลัดพบว่าอัตราส่วนของส่วนประกอบหลักที่เหมาะสมได้แก่ ซอสถั่วเหลือง : น้ำตาลทรายแดงบดละเอียด: น้ำส้มสายชู เป็น 40 : 40 : 20 โดยผลิตภัณฑ์สลัดผักปรุงรส (สไตล์ญี่ปุ่น) มีปริมาณไขมันและเส้นใย ร้อยละ 4.55 และ 50.59 ตามลำดับ ส่วนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ พบว่าสลัดผักปรุงรสที่บรรจุแบบธรรมดาสามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 6 วัน และผักที่บรรจุแบบสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 9 วัน

คำขอบคุณ

ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมและวิจัย สำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2551

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, U.S.A.

Chiavaro, E., Rodriguez-Estrada, M.T., Vittadini, E. and Pellegrini, N., 2010, Microwave Heating of Different Vegetable Oils; Relation between Chemical and Thermal Parameters, LWT-Food Science and Technology, 43(7): 1104-1112.

Galindo, F.G., Rocculi, P., Wadso, L. and Sjoholm, I., 2005, The Potential of Isothermal Calorimetry in Monitoring and Predicting Quality Changes During Processing and Storage of Minimally Processed Fruits and Vegetables, Trends in Food Science and Technology, 16(8): 325-331.

Kovach, T., 2001, Blanching Vegetables, Back Woods Home Magazine Practical Ideas for Self-reliant Living, The Foxfire Books a Treasure Trove of Old-time Wisdom [Online], Available:http://www.backwoodshome.com/articles/kovach59.html [2 October 2551].

Wachtel-Galor, S., Wong, K.W. and Benzie, I.F.F., 2008. The Effect of Cooking on Brassica Vegetables, Food Chemistry, 110(3): 706-710.

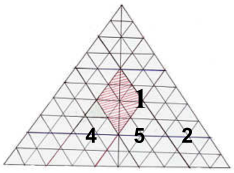


Figure 1 Mixture Design represented ratios of soy source: sugar: vinegar to salad dressing process

(a)

(b)

Figure 2 Vegetable salad (a) and salad dressing (b)

Table 1 Mixer contents in salad dressing

	Mixer (%)					
Treatment	Soy source	Sugar	Vinegar	Sesame oil	Mirin	Roasted sesame
1	49.02	16.34	16.34	3.52	2.33	2.33
2	32.68	16.34	32.68	3.52	2.33	2.33
3	16.34	32.68	32.68	3.52	2.33	2.33
4	32.68	32.68	16.34	3.52	2.33	2.33
5	32.68	24.51	24.51	3.52	2.33	2.33

Table 2 Sensory score of flavored vegetable salad with different salad dressing

Treatment	Color[ns]	Flavor[ns]	Taste[1]	Apprarance[1]	Overall[1]
1	6.53 $\pm$ 1.17	6.40 $\pm$ 1.57	5.80^{c} $\pm$ 1.79	6.13^{b} $\pm$ 1.48	6.20^{d} $\pm$ 1.19
2	6.73 $\pm$ 1.08	6.43 $\pm$ 1.30	6.27^{abc} $\pm$ 1.30	6.63^{ab} $\pm$ 1.35	6.50^{cd} $\pm$ 1.04
3	6.70 $\pm$ 1.41	6.63 $\pm$ 1.16	6.80^{ab} $\pm$ 1.37	6.63^{ab} $\pm$ 1.45	7.03^{ab} $\pm$ 1.16
4	6.70$\pm$ 1.29	6.73 $\pm$ 1.08	6.93^{a} $\pm$ 1.50	6.90^{a} $\pm$ 1.27	7.33^{a} $\pm$ 1.27
5	6.67$\pm$ 1.32	6.20 $\pm$ 1.58	6.13^{bc} $\pm$ 1.61	6.57^{ab} $\pm$ 1.41	6.73^{bc} $\pm$ 1.08

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

[1] Means within the column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

ผลของ Soil Mate ต่อการเจริญเติบโตและการดูดซึมธาตุอาหารของพริก

Effects of Soil Mate on Plant Growth and Nutrients Assimilation in Chili

เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์[1] **ลักขณา เบ็ญจวรรณ์**[1] **และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล**[1]
Kietnontapat , N.[1], Benjawan, L.[1] and Aroonrungsikul, C. [1]

Abstract

Study the effects of Soil Mate on the growth of chili as well as macro nutrients assimilation in the plants. Soil Mate is the molasses produced from ethanol production. The experiments were set up into 5 treatments depending on the Soil Mate dilution ratio with water. The treatments were presented as T-1 (water as control), T-2 (concentrated Soil Mate), T-3 (Soil Mate diluted 1:10), T-4 ((Soil Mate diluted 1:30) and T-5 (Soil Mate diluted 1:60), respectively. Each treatment was applied on 3 replicates by the Completely Randomized Design (CRD). The results showed that the growth of chili in T-3 showed the best results of the plant height, leaves number all growth stage, as well as the root length and shoot heigth at the end of the experiments which has a statistically significant different. All characteristic were significant different the exception of plant height and leaves number after 1 week was not significant different. The result of macro nutrients assimilation (N, P and K) in chili in T-3 (Soil Mate 1:10) were found analysis the highest as compare to other treatments.
Keywords: nutrients assimilation, chili

บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ Soil Mate หรือน้ำกากส่าที่ได้จากกระบวนการผลิตเอทานอล ต่อการเจริญเติบโตและการดูดซึมธาตุอาหารของพริก แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 (T-1 ชุดควบคุม ให้น้ำอย่างเดียว) กรรมวิธีที่ 2 (T-2 ใช้ Soil Mate เข้มข้น) กรรมวิธีที่ 3 (T-3 ใช้ Soil Mate เจือจาง 1:10) กรรมวิธีที่ 4 (T-4 ใช้ Soil Mate เจือจาง 1:30) และกรรมวิธีที่ 5 (T-5 ใช้ Soil Mate เจือจาง 1:60) ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD; Completely Randomized Design) ผลการทดลองพบว่า พริกใน T-3 ซึ่งใช้ Soil Mate เจือจาง 1:10 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านความสูงของต้น จำนวนใบต่อต้นในทุกระยะการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับความยาวราก และความสูงของลำต้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทุกลักษณะที่ศึกษา ยกเว้น ความสูงของต้นและจำนวนใบต่อต้นที่อายุ 1 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในลำต้นของพริก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พบว่ากรรมวิธีการใช้ Soil Mate เจือจาง 1:10 ตรวจพบการสะสมธาตุอาหารดังกล่าวในปริมาณที่สูงสุด
คำสำคัญ: การดูดซึมธาตุอาหาร พริก

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล ทำให้เกิดของเสีย คือ น้ำกากส่า (Slope หรือ Stillage) ขึ้นเป็นปริมาณมาก ในที่นี้เรียกว่า Soil Mate ลักษณะสมบัติของ Soil Mate ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเอทานอล เป็นสารที่มีปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชบางชนิดอยู่ในปริมาณสูง (ได้แก่ ไนโตรเจน และโพแทสเซียม เป็นต้น) มีลักษณะคล้ายปุ๋ยน้ำที่ใช้เป็นธาตุอาหารสำหรับการผลิตพืช ด้วยเหตุนี้ จึงมีศักยภาพในการนำกลับไปใช้ เป็นธาตุอาหารพืชในแปลงปลูก เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ในกระบวนการผลิตพืชจำพวก อ้อย และมันสำปะหลัง ที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอลเอง การศึกษาวิจัยในด้านนี้พบได้แพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย ฝรั่งเศส และบราซิล แต่การศึกษาในประเทศไทยยังมีข้อมูลในจำนวนที่จำกัด ด้วยตระหนักถึงศักยภาพของ Soil Mate ในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นธาตุอาหารสำหรับพืช และ/หรือบำรุงดิน ดังนั้นการศึกษาผลของ Soil Mate ต่อการเจริญเติบโต และการดูดซึมธาตุ

[1] ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม
[1] central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Development Institute at Kamphaengsean Campus, Nakhon Pathom

อาหารในพริก จึงน่าจะเป็นข้อมูลพื้นฐาน ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อกระบวนการพัฒนาการประยุกต์ใช้ ของเสียจากกระบวนการผลิตเอทานอลเป็นธาตุอาหารสำหรับพืชเศรษฐกิจในอนาคต นอกจากนี้ยังเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ผลิตเอทานอลในการใช้ของเสียให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นวิถีทางของการนำกลับคืน/หมุนเวียนธาตุอาหารพืช โดยใช้ของเสียเป็นปุ๋ยทดแทนปุ๋ยเคมีที่มีราคาสูง ในการศึกษานี้ได้มีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) และปริมาณธาตุอาหารรองบางชนิด (แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี) รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับพืช ด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ตรวจวัดปริมาณการดูดซึมธาตุอาหารหลัก และตรวจวัดการเจริญเติบโตของพืช เพื่อศึกษาอัตราส่วนของ Soil Mate ที่เหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช ซึ่งมีผลต่อการสะสมธาตุอาหารในต้นพริก

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาอัตราส่วนของ Soil Mate ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพริกสายพันธุ์ CA 758 ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD, Completely Randomized Design) ประกอบด้วยหน่วยทดลอง 5 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 (T-1 ชุดควบคุม ให้น้ำอย่างเดียว) กรรมวิธีที่ 2 (T-2 ใช้ Soil Mate เข้มข้น) กรรมวิธีที่ 3 (T-3 ใช้ Soil Mate เจือจาง 1:10) กรรมวิธีที่ 4 (T-4 ใช้ Soil Mate เจือจาง 1:30) และกรรมวิธีที่ 5 (T-5 ใช้ Soil Mate เจือจาง 1:60) ความถี่ของการให้ Soil Mate กับต้นพืช คือ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ในปริมาณ 100 มิลลิลิตรเท่ากันทุกต้นตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา และรดน้ำให้ต้นพืชอย่างทั่วถึงกันโดยการควบคุมปริมาณความชื้นในดิน ให้อยู่ในช่วง 50-65% ตลอดการศึกษา ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ทำการเพาะกล้าและย้ายลงถุงปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 1 เดือน ใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน 3 ส่วน และแกลบดิบ 1 ส่วน ก่อนดำเนินการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของ Soil Mate ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ธาตุอาหารรอง คือ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และธาตุอาหารเสริม คือ สังกะสี (Zn) ตามวิธีการวิเคราะห์ของ Sparks และคณะ (1996) บันทึกข้อมูล และวัดการเจริญเติบโตของพืช ด้านต่างๆ ได้แก่ ความสูงของต้น จำนวนใบต่อต้น ความยาวราก ความสูงของลำต้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เก็บตัวอย่างพืชเพื่อนำไปวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ส่วนตัวอย่างดิน นำไปวิเคราะห์หาค่านำไฟฟ้า และความเป็นกรด-ด่างเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยโปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ Soil Mate ในอัตราที่แตกต่างกัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของพริกหลังใช้ Soil Mate ในอัตราที่แตกต่างกัน

ความสูงของต้นและจำนวนใบต่อต้น

เมื่อพิจารณาผลของ Soil Mate ต่อการเจริญเติบโตของพริก ในด้านความสูงต้นและจำนวนใบต่อต้นของพริก พบว่าการใช้ Soil Mate ที่เจือจาง 1:10 (T-3) ทำให้ต้นพริกเจริญเติบโตได้ดี เมื่อวัดความสูงพบว่าต้นพริกมีระดับความสูงมากกว่าการใช้ Soil Mate ในอัตราส่วน หรือกรรมวิธีอื่นๆ ทั้ง 4 สัปดาห์ ทั้งนี้ความสูงของต้นพริกในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการใช้ Soil Mate ที่เจือจาง 1: 60 (T-5) พบว่าต้นพริกมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงเป็นลำดับรองมาจาก T-3 สำหรับการทดลองในชุดควบคุม (T-1) คือ การให้น้ำเพียงอย่างเดียวนั้น พบว่าต้นพริกมีความสูงน้อยที่สุด (Table 1)

ความยาวรากและความสูงของลำต้นของพริกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จากการวัดความยาวรากและความสูงของลำต้นของพริกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้ Soil Mate เจือจาง 1:10 (T-3) มีความยาวรากมากที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 32.60 เซนติเมตร รองลงมา คือ การใช้ Soil Mate เจือจาง 1: 30 (T-4) โดยการให้รดน้ำต้นพริกเพียงอย่างเดียว (T-1) มีความยาวรากน้อยที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 26.20 เซนติเมตร ส่วนการวัดความสูงของลำต้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองนั้นพบว่าการใช้ Soil Mate เจือจาง 1:10 (T-3) จะทำให้ต้นพริกมีความสูงของลำต้นหรือความสูงมากที่สุด คือ 36.33 เซนติเมตร รองลงมา คือ การใช้ Soil Mate เจือจาง 1: 30 (T-4) และ เจือจาง 1: 60 (T-5) โดยมีความยาวต้น และเมื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าความยาวรากและความสูงของลำต้นจากกรรมวิธีที่ 3 (T-3) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการให้น้ำเพียงอย่างเดียวมีผลต่อความสูงของลำต้นน้อยสุด โดยมีค่าเพียง 18.60 เซนติเมตร มีแนวโน้มไปในทางเดียวกับความสูงของต้นและจำนวนใบต่อต้นทั้ง 4 สัปดาห์ พบว่ามีสูงสุดที่

อัตราการเจือจางดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าต้นพริกที่ได้รับธาตุอาหารในอัตราที่แตกต่างกันทำให้ต้นพริกมีระดับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ทั้งนี้น่าจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ที่พืชได้รับด้วย

2. ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในลำต้นและใบพริก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในต้นพริกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้ Soil Mate เจือจาง 1:10 (T-3) นั้นพืชมีการดูดซึมธาตุอาหารและสะสมไว้ในลำต้นและใบได้มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ กล่าวคือมีการตรวจพบการสะสมของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 2.45%, 0.29% และ 3.46% (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ส่วนต้นพริกที่ใช้ Soil Mate เจือจาง 1:60 (T-5) มีธาตุโพแทสเซียมต่ำที่สุด ในขณะที่ธาตุอื่นๆ ในแต่ละกรรมวิธี มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณธาตุอาหารที่ให้กับพริกในแต่ละกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่ 2 (Soil Mate 100%) จะทำให้พืชได้รับธาตุอาหารมากที่สุด คือ ได้รับไนโตรเจนถึง 5,640 มิลลิกรัม N ต่อ 1 ต้น ได้รับฟอสฟอรัส 840 มิลลิกรัม P ต่อ 1 ต้น และได้รับโพแทสเซียม 6,080 มิลลิกรัม K ต่อ 1 ต้น ซึ่งปริมาณดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการของพืชในช่วงออกดอกและติดผล แต่ในการทดลองครั้งนี้ต้นพืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่มากเกินไปในระยะแรกของการเจริญเติบโต ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดของการให้ Soil Mate ที่เข้มข้นกับพืชจะทำให้พืชตายได้ โดยรวมในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงชนิดของพืช อายุของพืช ชนิดของพืช พันธุ์พืช ประเภทดิน ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมที่พืชต้องการในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตมีความต้องการต่างกันด้วย จันทร์จรัส และคณะ (2550) ทดลองโดยใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 0.8 กรัมต่อต้น ให้กับต้นพริกจำนวน 5 ครั้ง พบว่าพริก 2 พันธุ์ ที่ใส่ปุ๋ยในอัตราเดียวกันจะมีความสามารถในการดูดซึมหรือการสะสมธาตุอาหารไว้ในลำต้นและใบได้ไม่เท่ากัน

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าของดิน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ทำเก็บตัวอย่างดินที่ใช้ปลูกพริกในแต่ละกรรมวิธี มาวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า และความเป็นกรด-ด่าง พบว่าดินในกรรมวิธีที่ 1 (T-1) มีค่า pH ต่ำสุด 5.95 ค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อย ส่วนดินในกรรมวิธีที่ 2 (T-2) จะมีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าดินในกรรมวิธีอื่นๆ คือ 7.06 ซึ่งลักษณะเป็นกลาง อย่างไรก็ตามพบว่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ความแตกต่างกันของค่าการนำไฟฟ้า กล่าวคือ การใช้ Soil Mate 100% นั้น มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด 1.23 dS/cm ทั้งนี้ยังถือได้ว่ามีความเหมาะสมของดินเพื่อใช้เพาะปลูกพืช เนื่องจากดินดังกล่าวยังมีค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช หากใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพดินได้ ดังนั้นควรทำการตรวจสอบพารามิเตอร์ดังกล่าวเป็นระยะๆ เพราะว่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าที่สูงเกินไปจะส่งผลต่อการดูดธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ และอาจส่งผลกระทบต่อชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินได้ (ยงยุทธ, 2552) อนึ่ง การประยุกต์ใช้ Soil Mate กับพืชต่างๆ น่าที่จะมีการศึกษาความเหมาะสม หรือการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี และต้องระวังความเข้มข้นของ Soil Mate ที่จะส่งผลให้พืชตาย ดังจะเห็นได้จากการตายของต้นพริกในกรรมวิธีที่ 2 (T-2) นอกจากนี้ยังส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และสามารถส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชและการดูดซึมแร่ธาตุไปใช้ประโยชน์ได้

สรุปผล

การใช้ Soil Mate ปริมาณ 100 มิลลิลิตรต่อครั้ง จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ พบว่าอัตราการเจือจาง Soil Mate 1 ส่วนต่อน้ำ 10 ส่วน ส่งผลให้พริกมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดีที่สุด ต้นพริกมีการสะสมธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในลำต้นและใบมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

จันทร์จรัส วีรสาร อตินุช แซ่จิว และไพร มัทธวรัตน์, 2550, การเจริญเติบโต ผลผลิต และการสะสมธาตุอาหารหลักของพริกขี้หนู 2 สายพันธุ์, การประชุมวิชาการวิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 4 วันที่ 3-10 ธันวาคม 2550, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ชูศักดิ์ จอมพุก, 2552, สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย “R”, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 362 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2552, ธาตุอาหารพืช, พิมพ์ ครั้งที่ 3, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 529 หน้า.

Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.H., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E., 1996, Soil Testing and Plant Analysis, Americra Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 435 P.

Table 1 Effects of various treatments on the plant height and leaves number of chili at the age of 1-4 weeks.

Treatment	plant height (cm) of each growth stage			
	1$^{th(1)}$week	2thweek	3thweek	4thweek
T-1= Control (Water)	13.75 ^{a}	14.33 ^{b}	14.31 ^{b}	14.75 ^{b}
T-2 = Soil Mate Active (100%)	-	-	-	-
T-3 = Soil Mate Active (1:10)	16.63 ^{a}	22.35 ^{a}	24.74 ^{a}	25.32 ^{a}
T-4 = Soil Mate Active (1:30)	13.10 ^{a}	14.42 ^{b}	15.09 ^{b}	15.89 ^{b}
T-5 = Soil Mate Active (1:60)	13.85 ^{a}	15.35 ^{ab}	15.62 ^{b}	16.13 ^{b}
Treatment	**leaves number of each growth stage**			
	1$^{th(1)}$week	2thweek	3thweek	4thweek
T-1= Control (Water)	12.00 ^{a}	12.00 ^{b}	12.00 ^{b}	11.33 ^{b}
T-2 = Soil Mate Active (100%)	-	-	-	-
T-3 = Soil Mate Active (1:10)	14.33 ^{a}	18.93 ^{a}	20.67 ^{a}	23.67 ^{a}
T-4 = Soil Mate Active (1:30)	12.33 ^{a}	14.67 ^{ab}	15.00 ^{b}	15.00 ^{b}
T-5 = Soil Mate Active (1:60)	13.33 ^{a}	14.00 ^{b}	13.67 ^{b}	13.67 ^{b}

(1) Means followed by the same letter (s) are not significantly different (P<0.05) by Duncan's New Multiple Range test (DMRT)

Remark : T- 2 (concentrate Soil Mate) All chili plants dead

Table 2 Effects of various treatments on the root length and shoot height of chili at the end of the experiments.

Treatment	root length $^{(1)}$ (cm)	shoot heigth (cm)
T-1= Control (Water)	26.20 ^{b}	18.60 ^{b}
T-2 = Soil Mate Active (100%)	-	-
T-3 = Soil Mate Active (1:10)	32.60 ^{a}	36.33 ^{a}
T-4 = Soil Mate Active (1:30)	30.97 ^{ab}	21.37 ^{b}
T-5 = Soil Mate Active (1:60)	27.97 ^{ab}	20.93 ^{b}

(1) Means followed by the same letter (s) are not significantly different (P<0.05) by Duncan's New Multiple Range test (DMRT)

Remark : T- 2 (concentrate Soil Mate) All chili plants dead

Table 3 The EC and pH value of soil and plant nutrients, nitrogen, phosphorus and potassium content of chili plant at the end of the experiment

Treatment	Soil analysis		Plant analysis		
	EC (dS/m)	pH	Macro nutrients (% /dry weight)		
			Nitrogen	phosphorus	potassium
T-1= Control (Water)	0.04	5.95	1.52	0.21	3.16
T-2 = Soil Mate Active (100%)	1.23	7.06	n.a.	n.a.	n.a.
T-3 = Soil Mate Active (1:10)	0.09	6.24	2.45	0.29	3.46
T-4 = Soil Mate Active (1:30)	0.05	5.97	1.67	0.25	3.29
T-5 = Soil Mate Active (1:60)	0.05	6.19	1.55	0.21	2.84

Remark : n.a. = data not available (T- 2 (concentrate Soil Mate) All chili plants dead

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 289-292 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 289-292 (2554)

ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของคะน้า

The Efficiency of Indigenous Microorganisms to Increase Soil Fertility and Growth of Chinese Kale (*Brassica alboglabra* L.)

เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์[1] **และ วริสรา ปลื้มฤดี**[1]
Pradabpet, N.[1] and Pluemrudee, W.[1]

Abstract

Study on the efficiency of indigenous microorganisms to increase soil fertility and Growth of Chinese kale. A randomized complete block design with three replications was employed. There were 5 materials treatments which were treated by IMO_2 from different ecologies sources including: vegetable plot, bamboo forest, field crop and fruit orchard at the rate 1:300 ($IMO_2$100 g mixed the bran 30 kg). The control treatment no IMO_2 addition. This study showed that the soil fertility treated with IMO_2 had highly significance compared to the control treatments (no IMO_2 addition). In addition, IMO_2 from bamboo forest and IMO_2 from field crop have the most amounts of organic matters, total nitrogen and available nitrogen. When measured the growth of Chinese kale 5 aspects, stem height, number of leaf, leaf wide, leaf length and leaf area were recorded at 49 days after planting. And the result showed that of the application of indigenous microorganisms had effected on growth of Chinese kale compared to control treatment. The application of indigenous microorganisms from three treatments including: IMO_2 from bamboo forest, IMO_2 from field crop and IMO_2 from fruit orchard had growth characteristics in term of stem height, number of leaf, leaf wide, leaf length and leaf area than the control treatment.

Keywords: vegetable plot, bamboo, field crop, fruit orchard ,ecologies

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของคะน้า การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 5 ตำรับทดลอง 3 ซ้ำ โดยหมักรำข้าวกับไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ได้แก่ ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผัก ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาและไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล ตามลำดับ อัตรา 1:300 (หัวเชื้อไอเอ็มโอ$_2$ 100 กรัมผสมกับรำข้าว 30 กิโลกรัม) นำไปเป็นวัสดุคลุมแปลงปลูกและปลูกคะน้าแล้ววัดปริมาณธาตุอาหาร พบว่า การใส่ ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ มีอิทธิพลต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณธาตุอาหารหลักเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลองและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ โดยเฉพาะการใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่และไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์มากที่สุด และเมื่อวัดการเจริญเติบโตของคะน้า 5 ลักษณะ คือ ความสูงต้น จำนวนใบเฉลี่ย ความกว้างใบเฉลี่ย ความยาวใบเฉลี่ยและพื้นที่ใบเฉลี่ยที่อายุ 49 วัน พบว่า การใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ โดยเฉพาะการใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา และไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ความสูงต้นเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย ความกว้างใบเฉลี่ย ความยาวใบเฉลี่ยและดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากกว่าการไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$

คำสำคัญ: แปลงผัก ป่าไผ่ ไร่นา สวนไม้ผล นิเวศวิทยา

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ม.2 ถ.ปรีดีพนมยงค์ ต.ประตูชัย อ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, 96 M.2 Preedeepanomyong Rd., Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand.

คำนำ

ในระบบนิเวศของดินจะพบจุลินทรีย์ดินซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินดังนั้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินส่งผลทางอ้อมมายังการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชด้วย ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์จะมีปริมาณของจุลินทรีย์ดินอาศัยอยู่จำนวนมากด้วย แต่ความเสื่อมโทรมของดินจากการทำการเกษตรเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น การใช้ สารเคมีปริมาณมาก การทำการเกษตรแบบเชิงเดี่ยวเป็นเวลานาน ส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การแก้ไขปัญหาเรื่องความเสื่อมโทรมของดินอาจทำได้โดยการเพิ่มความสมดุลของสิ่งมีชีวิตในดินซึ่งรวมถึงจุลินทรีย์ดินทั้งจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ดิน การสร้างดินให้มีชีวิตในพื้นที่เกษตรกรรมทำได้หลายวิธี เช่น การลด ละเลิกใช้สารเคมี การใช้สารจากธรรมชาติในรูปแบบต่างๆ เพื่อทดแทนการใช้สารเคมี การศึกษาใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในธรรมชาติก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ได้รับความสนใจโดยมีการศึกษาศักยภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นกันมากขึ้น จุลินทรีย์ท้องถิ่นหรือที่เรียกว่า Indigenous Microorganisms; IMOs จุลินทรีย์ท้องถิ่นสามารถมีชีวิตและขยายพันธุ์โดยอาศัยอินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหารทั้งยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในสภาพอากาศที่ร้อนจัด เย็นจัดหรือแห้งแล้งจัดแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของแต่ละชนิด พบทั่วไปในธรรมชาติโดยเฉพาะในดินที่ไม่เคยผ่านการใช้สารเคมีหรือดินดีในท้องถิ่น เช่น ป่าไม้ ตอซังข้าว หรือตามพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ท้องถิ่นยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของคะน้า

อุปกรณ์และวิธีการ

จุลินทรีย์ท้องถิ่นที่ใช้ในการทดลองนี้รวบรวมมาจาก 4 แหล่งนิเวศได้แก่ แปลงผัก ป่าไผ่ ไร่นาและสวนไม้ผล ซึ่งเก็บตัวอย่างจากพื้นที่เกษตรกรรมครอบคลุมทั้ง 7 อำเภอของจังหวัดอ่างทอง ได้แก่ อำเภอเมือง โพธิ์ทอง วิเศษชัยชาญ ป่าโมก ไชโย แสวงหา และสามโก้ โดยวิธีการวางกล่องไม้ใส่ข้าวสุกตามแหล่งนิเวศต่างๆ ประมาณ 7 วัน จะได้ไอเอ็มโอ$_1$ ซึ่งเป็นแหล่งของ จุลินทรีย์ 4 ชนิด ได้แก่ เชื้อรา แอกทิโนมัยซีท แบคทีเรียและยีสต์ (เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ และคณะ, 2553) หลังจากนั้นนำไอเอ็มโอ$_1$ มาเพิ่มปริมาณเชื้อเพื่อให้เพียงพอสำหรับใช้ในการทดลอง โดยนำไอเอ็มโอ$_1$ 1 ส่วน ผสมกับกากน้ำตาล 1 ส่วนคนให้เข้ากันเก็บไว้ในภาชนะ ปิดฝาด้วยกระดาษเนื้อหยาบที่สามารถให้อากาศผ่านได้ ประมาณ 1 เดือนจะได้ไอเอ็มโอ$_2$ (อานัฐ, 2549) ไอเอ็มโอ$_2$ทั้ง 4 แหล่งนิเวศ คือ ไอเอ็มโอ$_2$ แปลงผัก ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาและไอเอ็มโอ$_2$ สวนไม้ผล ตามลำดับ ทำการเตรียมวัสดุคลุมแปลงโดยนำไอเอ็มโอ$_2$ 100 กรัม ผสมคลุกเค้าให้เข้ากันกับรำข้าว 30 กิโลกรัมรดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากพืชจนสามารถปั้นรำข้าวเป็นก้อนๆ ได้ หลังจากนั้นคลุมด้วยสแลนดำและฟางอีกชั้น ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน ก็จะมีเส้นใยหรือฝ้าสีขาวขึ้น นำรำข้าวที่ได้เป็นวัสดุคลุมแปลง 30 กิโลกรัมต่อแปลงขนาด 1X5 เมตร คลุมแปลงไว้ 1 เดือนแล้วปลูกคะน้า วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 5 ตำรับทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนและหลังทดลองและวัดการเจริญเติบโตของคะน้า 5 ลักษณะ ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ และดัชนีพื้นที่ใบเมื่ออายุ 49 วัน วิเคราะห์ข้อมูลสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแต่ละตำรับทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม spss

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน แสดงดัง Table 1 ด้านเคมี พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ค่า pH เฉลี่ย 5.13-6.67 และ ค่า EC เฉลี่ย 0.20-0.49 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนปริมาณ OM พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ OM เฉลี่ย 3.20-4.06 % ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ให้ปริมาณ OM มากที่สุดเฉลี่ย 4.06 % รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล และไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักให้ปริมาณ OM เฉลี่ย 4.02 3.59 และ 3.20 % ตามลำดับ

ด้านปริมาณของธาตุอาหาร ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ total N เฉลี่ย 0.130-0.165 % ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ปริมาณ total N มากที่สุดเฉลี่ย 0.165 % รองลงมาคือตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลและไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักให้ปริมาณ total N เฉลี่ย 0.163 0.146 และ 0.130 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณ available N พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ available Nเฉลี่ย 36.0-46.3 ppm ตำรับ

ทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ให้ปริมาณ available N มากที่สุดเฉลี่ย 46.3 ppm รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลและไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักให้ปริมาณ available N เฉลี่ย 44.7 40.0 และ 36.0 ppm ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณ total P พบว่าตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ total P เฉลี่ย 0.175-0.275 % ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณ total P มากที่สุดเฉลี่ย 0.275 % รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผัก ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่และไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ปริมาณ total P เฉลี่ย 0.244 0.216 และ 0.175 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณ available P พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ available P เฉลี่ย 732.3-1,075 ppm ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผัก ให้ปริมาณ available P เฉลี่ยมากที่สุดเฉลี่ย 1,075 ppm รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่และไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณ available P เฉลี่ย 889.3 794.3 และ 732.3 ppm ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณ total K พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณ total K เฉลี่ย 0.382-0.436% ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ปริมาณ total K มากที่สุดเฉลี่ย 0.436 % รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักและไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ให้ปริมาณ total K เฉลี่ย 0.426 0.423 และ0.382 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณ exchangeable K พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ให้ปริมาณexchangeable K เฉลี่ย 533.7-682.3 ppm ตำรับทดลองที่ใส่ ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณ exchangeable K มากที่สุดเฉลี่ย 682.3 ppm รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักและไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ให้ปริมาณ exchangeable K เฉลี่ย 638.0 629.3 และ 533.7 ppm ตามลำดับ

Table 1 ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ตำรับทดลอง	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	Avai. N (ppm)	Avai. P (ppm)	Exch. K (ppm)
1. ก่อนใส่ไอเอ็มโอ$_2$	7.39a	0.16d	3.03c	0.123c	0.142e	0.360	32.5d	182.1d	447.3c
2. หลังใส่ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผัก	5.13c	0.39b	3.20c	0.130c	0.244b	0.423	36.0c	1075.0a	629.3a
3. หลังใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่	6.67b	0.20c	4.06a	0.165a	0.216c	0.382	46.3a	794.3c	533.7b
4. หลังใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา	6.57b	0.49a	4.02a	0.163a	0.275a	0.426	44.7a	732.3c	682.3a
5. หลังใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล	6.63b	0.21c	3.59b	0.146b	0.175d	0.436	40.0b	889.3b	638.0a
F-test	*	**	**	**	**	NS	**	**	**
C.V. (%)	4.89	4.81	4.97	4.97	4.81	8.78	4.74	5.35	4.96

<u>หมายเหตุ</u> ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการเจริญเติบโต เมื่อคะน้าอายุ 49 วัน แสดงดัง Table 2 ด้านความสูงของต้น พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ทำให้ต้นคะน้ามีความสูงเฉลี่ย 36.43-38.83 ซม. ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา มีความสูงมากที่สุดเฉลี่ย 38.83 ซม. รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลและไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักมีความสูงเฉลี่ย 37.90 37.64 และ 36.43 ซม.ตามลำดับ จำนวนใบของต้น พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ทำให้ต้นคะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ย 13.0-14.3 ใบ ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นามีจำนวนใบมากที่สุดเฉลี่ย 14.3 ใบ รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่และไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักมีจำนวนใบเฉลี่ย 14.2 13.6 และ 13.0 ใบ ตามลำดับ ความกว้างใบของต้น พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ทำให้ต้นคะน้ามีความกว้างใบเฉลี่ย 11.33-12.68 ซม. ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา มีความกว้างใบมากที่สุดเฉลี่ย 12.68 ซม. รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล และไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักมีความกว้างใบเฉลี่ย 12.53 12.37 และ 11.33 ซม. ความยาวใบของต้นพบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ทำให้ต้นคะน้ามีความยาวใบเฉลี่ย 12.44-13.86 ซม. ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ มีความยาวใบมากที่สุดเฉลี่ย 13.86 ซม. รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลและไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักมีความยาวใบเฉลี่ย 13.55 13.43 และ 12.44 ซม. ตามลำดับ พื้นที่ใบของต้น พบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ทำให้ต้นคะน้ามีพื้นที่ใบเฉลี่ย 141.05-174.01 ซม^2 ตำรับ

ทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่มีพื้นที่ใบมากที่สุดเฉลี่ย 174.01 ซม^2 รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ปลูกด้วยดินใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลและไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 171.75 166.48 และ 141.05 ซม^{2}ตามลำดับ

Table 2 ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อการเจริญเติบโตของคะน้า ใน 5 ลักษณะ

ตำรับทดลอง	ลักษณะการเจริญเติบโตของคะน้าที่อายุ 49 วัน				
	ความสูง	ความกว้างใบ	ความยาวใบ	จำนวนใบ	พื้นที่ใบ
1. ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$	35.69c	11.14b	11.82c	12.9b	131.76b
2. ใส่ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผัก	36.43bc	11.33b	12.44b	13.0b	141.05b
3. ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่	37.90a	12.53a	13.86a	13.6ab	174.01a
4. ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา	38.83a	12.68a	13.55a	14.3a	171.75a
5. ใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผล	37.64ab	12.37a	13.43a	14.2a	166.48a
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.93	8.64	4.57	6.29	11.35

<u>หมายเหตุ</u> * * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

สรุปผล

การใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากจากแหล่งนิเวศต่างๆ มีอิทธิพลต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยทำให้ดินมีปริมาณ OM และปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณธาตุไนโตรเจน ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและปริมาณธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลอง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ให้ปริมาณ total N และปริมาณ available N มากที่สุด ตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นาให้ปริมาณ total P และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มากที่สุด ส่วนตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$แปลงผักให้ปริมาณ available P มากที่สุดและตำรับทดลองที่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ปริมาณ total K มากที่สุด นอกจากนี้การใส่ไอเอ็มโอ$_2$จากแหล่งนิเวศต่างๆ ยังมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าโดยเฉพาะการใส่ไอเอ็มโอ$_2$ไร่นา ไอเอ็มโอ$_2$ป่าไผ่ และไอเอ็มโอ$_2$สวนไม้ผลให้ทั้งความสูง จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบและดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากกว่าและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ไม่ใส่ไอเอ็มโอ$_2$ จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่ามีความเป็นไปได้สูงหากจะนำจุลินทรีย์ท้องถิ่นมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตและความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบการเกษตรของไทย

เอกสารอ้างอิง

เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ สุวิทย์ เฑียรทอง ศานิต สวัสดิกาญจน์ และสิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์, 2553, การสำรวจจุลินทรีย์ท้องถิ่นจากพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดอ่างทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1): 269-272.

อานัฐ ตันโช, 2549, เกษตรธรรมชาติประยุกต์ หลักการ แนวคิด เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย, ศูนย์หนังสือ สวทช, กรุงเทพฯ.

ปิยะรส เมธาลักษณ์, 2547, ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตของผักคะน้าพันธุ์อาร์เอส 1 และสมบัติบางประการของดิน, ปริญญาวิทยาศาสตรามหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Kalediene, L. and Giedraityte, G., 2010, Application of Indigenous Microorganisms in Bioremediation of Soil Contaminated by Fuel Oil, [Online], Source;http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=20043017514, [March 15, 2010].

Rowland, H.A.L., Boothman, C., Pancost, R., Gault, A.G., Polya, D.A. and Lloyd, J.R., 2009, The Role of Indigenous Microorganisms in the Biodegradation of Naturally Occurring Petroleum, the Reduction of Iron, and the Mobilization of Arsenite from West Bengal Aquifer Sediments, J Environ Qual., 38: 1598-1607.

ผลของตำรับชีวภัณฑ์ที่ผสมเชื้อ *Bacillus subtilis* BCB3-19 ต่อการเจริญระยะแรกของกวางตุ้งฮ่องเต้

Effect of a Bioformulation Containing *Bacillus subtilis* BCB3-19 on Early Growth of Hongtae Pak Choi

ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล[1] และ สุภาพร ไตรลักษณ์[1]
Siripornvisal, S.[1] and Trilux, S.[1]

Abstract

In this study, a talcum based bioformulation of plant growth promoting rhizobacterium *Bacillus subtilis* strain BCB3-19 was experimentally applied as soil inoculants in the preparation Hongtae Pak Choi (*Brssica campertris* var. chinensis) under growth chamber condition. From the experiment, the application of such formulation resulted in increased plant growth by means of the enhancement of shoot length and plant biomass. In addition, inoculation of the bioformulation was also found to improve root development of the tested plant based on visual investigation. Result from this study has supported the usefulness of the bioformulation as a soil inoculant in the preparation Hongtae Pak Choi seedling.

Keywords: *Bacillus subtilis*, Hongtae Pak Choi, bioformulation

บทคัดย่อ

ในการวิจัยนี้ ได้นำตำรับชีวภัณฑ์เสริมการเจริญของพืชจากเชื้อ *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BCB3-19 โดยใช้ผงทาล์คัมเป็นวัสดุตัวพา มาทดลองใช้เป็นสารผสมดินในการเตรียมกล้าพันธุ์กวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brssica campertris* var. chinensis) ภายใต้สภาพแวดล้อมของตู้เพาะเลี้ยง ผลการทดลองพบว่า การประยุกต์ใช้ชีวภัณฑ์ตำรับดังกล่าวมีผลให้พืชเจริญเพิ่มขึ้นในเชิงของการเพิ่มความยาวส่วนลำต้นและชีวมวลพืช พร้อมกันนั้นยังพบว่า การผสมชีวภัณฑ์ตำหรับดังกล่าวในวัสดุเพาะกล้ามีส่วนช่วยใช้รากพืชพัฒนาดีขึ้นโดยพิจาณาด้วยตาเปล่า ผลการศึกษาสนับสนุนว่า ตำรับชีวภัณฑ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นสารผสมดินในการเตรียมกล้าพันธุ์ตุ้งฮ่องเต้ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: *Bacillus subtilis* กวางตุ้งฮ่องเต้ ตำรับชีวภัณฑ์

คำนำ

มีรายงานการวิจัยหลายฉบับระบุว่าเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* มีคุณสมบัติด้านการส่งเสริมการเจริญของพืช โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่แยกได้จากบริเวณรากพืช ซึ่งความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของพืชของเชื้อ *B. subtilis* มีความเกี่ยวข้องกับกลไกทั้งโดยตรงและโดยอ้อม กลไกโดยตรงเกี่ยวข้องการผลิตสารเมแทบอไลท์ต่างที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชโดยตรง อาทิ การผลิตฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (Chebotar และคณะ, 2009) และไซโทคินินชนิดต่างๆ (Arkhipova และคณะ, 2005) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีฤทธิ์ต่อการเจริญของพืชโดยตรง ส่วนกลไลทางอ้อมเกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดภาวะบางประการที่ช่วยลดความเครียดจากปัจจัยทางเคมีหรือทางชีวภาพที่มีต่อพืช และเอื้อให้พืชเจริญได้ดีขึ้น เช่น การผลิตกรดอินทรีย์ที่มีส่วนช่วยในการละลายฟอสเฟตในดิน ทำให้มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเพียงพอ (Hariprasad และ Niranjana, 2009) การขับสารอินทรีย์ระเหยง่ายบางชนิดที่มีฤทธิ์กระตุ้นให้พืชเพิ่มการสังเคราะห์สารนำโซเดียม (sodium transporter) HKT1 เป็นผลให้ปริมาณโซเดียมอิออนที่สะสมโดยรอบบริเวณรากพืชลดระดับลง และช่วยให้พืชสามารถทนต่อภาวะเครียดจากเกลือหรือภาวะดินเค็มได้มากขึ้น (Xie และคณะ, 2009; Zhang และคณะ, 2008) เหล่านี้เป็นต้น

B. subtilis BCB3-19 เป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชที่แยก ได้จากบริเวณรากมะเขือเทศ ซึ่งเคยผ่านการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ พบว่ามีความสามารถส่งเสริมให้ต้นกล้ามะเขือเทศเจริญเพิ่มขึ้นถึง 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับต้นกล้าที่ไม่ผ่านการเพาะเชื้อ ซึ่งนับว่ามีศักยภาพเหมาะที่จะนำมาพัฒนาเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับใช้ในเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยเฉพาะพืชผักและพืชสวนล้มลุกต่างๆ (ศิริรัตน์ และ ศานิต, 2554) และสำหรับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความมุ่งหมายที่จะทดลองนำเชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 มาทดลองใช้กับพืชผักอื่นๆ นอกเหนือจากมะเขือเทศ โดยได้นำเชื้อ

[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

B. subtilis BCB3-19 มาเตรียมเป็นตำรับชีวภัณฑ์สำเร็จรูปที่ใช้ผงทาล์คัมเป็นวัสดุตัวพา แล้วนำไปใช้เป็นสารผสมดินในการเตรียมกล้าพันธุ์กวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brssica campestris* var. chinensis) ภายใต้สภาพแวดล้อมของตู้เพาะเลี้ยง เพื่อพิจารณาความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของพืชทดลอง และความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เชื้อแบคทีเรียและการเตรียมตำรับชีวภัณฑ์

เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* BCB3-19 จากคลังเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา นำมาเตรียมเป็นกล้าเชื้อโดยการถ่ายเซลล์ที่เก็บในกลีเซอรอล 40 เปอร์เซนต์ ที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส ลงบนอาหาร nutrient agar (NA) ในจานพาะเชื้อ บ่มข้ามคืนที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเขี่ยเชื้อที่เจริญเป็นโคโลนี ลงบนอาหารเหลว nutrient broth (NB) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร บ่มต่อบนเครื่องเขย่าแบบโรตารีความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อจากอาหารเหลว NB ปริมาตร 50 มิลลิลิตรลงในอาหารเหลวสูตรกระตุ้นสปอร์ เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเซลล์และกระตุ้นการสร้างเอนโดสปอร์ บ่มบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี ความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นทำการเก็บชีวมวลแบคทีเรีย (เซลล์มีชีวิตและเอนโดสปอร์) โดยวิธีปั่นเหวี่ยงที่ 8000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 2 รอบ แล้วละลายให้อยู่ในรูปเซลล์แขวนลอยเข้มข้นด้วยสารสะลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมตำรับชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ดัดแปลงจากวิธีของ Omer (2010) โดยผสมผงทาล์คัมชนิดละเอียด 1000 กรัม กับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) 10 กรัม แล้วแบ่งบรรจุลงในถุงพอลิเอทีลีน นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 140 กิโลปาสคาล นาน 20 นาที จากนั้นนำไปผสมกับกล้าเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมไว้ โดยควบคุมให้ได้ความหนาแน่นของแบคทีเรียที่ระดับ 10^{11} CFU ต่อ 1 กรัมของทาล์คัมขณะแห้ง เมื่อผสมจนเข้ากันดีแล้วนำไปอบที่ 40 องศาเซลเซียส จนกว่าความชื้นจะลดลงถึงระดับ 4-6 เปอร์เซ็นต์ (แต่ต้องไม่เกิน 48 ชั่วโมง) แบ่งส่วนผสมที่อบแล้วบรรจุลงในถุงพอลิเอทิลีน ผนึกปากถุงให้สนิทก่อนนำเข้าเก็บที่อูณหภูมิห้องจนกว่าจะนำไปใช้

2. การศึกษาการส่งเสริมการเจริญของพืช

นำเมล็ดพันธุ์กวางตุ้งฮ่องเต้ (บริษัท เจียไต๋ จำกัด) มาฆ่าเชื้อที่ผิวโดยการแช่ในเอทานอลความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 2 รอบ จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 10 รอบ จากนั้นนำไปทำให้งอกบนอาหารวุ้น water agar เป็นเวลา 48 ชั่วโมง คัดเมล็ดพันธุ์ที่เริ่มงอกขนาดเท่าๆ กัน ไปเพาะต่อในกล่องพลาสติกโปร่งแสงบรรจุวัสดุเพาะกล้าที่มีพีทมอสผสมกับชีวภัณฑ์เชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 ในอัตราที่แตกต่างกัน 4 ระดับ สำหรับ 4 ตำรับการทดลอง ได้แก่ 0 25 50 และ100 กรัม ต่อพีทมอส (ขณะแห้ง) 1 กิโลกรัม และผสมน้ำในอัตรา 600 มิลลิลิตร ต่อพีทมอส (ขณะแห้ง) 1 กิโลกรัม โดยทำการเพาะเมล็ดจำนวน 9 เมล็ดต่อกล่อง ตำรับทดลองละ 5 กล่อง

นำสิ่งทดลองทั้งหมดไปจัดวางในตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (Sanyo versatile environmental cabinet 350H, Sanyo, ประเทศญี่ปุ่น) โดยตั้งค่าอุณหภูมิเท่า 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมง สลับกับมืด 8 ชั่วโมง ความสว่างของแสงในช่วงการให้แสงเท่ากับ 20,00 ลักซ์ จนกระทั่งต้นกล้าอายุครบ 10 วัน จึงสุ่มเก็บตัวอย่างต้นกล้าไปวิเคราะห์การเจริญ โดยพิจารณาความยาวลำต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้นเป็นพารามิเตอร์การเจริญ

3. การวิเคราะห์สถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินความแตกต่างระหว่างตำรับทดลอง ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ $P<0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab เวอร์ชัน 15 (Minitab Inc. สหราชอาณาจักร)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเติมชีวภัณฑ์ที่มีเชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 ลงในวัสดุเพาะกล้าพันธุ์กวางตุ้งฮ่องเต้ ในอัตราที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ 0 25 50 และ 100 กรัมต่อวัสดุปลูก 1 กิโลกรัม ผลพบว่าพืชทดลองมีการเจริญของตอบสนองในเชิงบวกต่อปริมาณชีวภัณฑ์เชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 ที่เติมลงในวัสดุเพาะกล้า โดยสามารถสังเกตเห็นว่าต้นกล้ากวางตุ้งฮ่องเต้ซึ่งเพาะบนวัสดุปลูกที่ผสมชีวภัณฑ์ฯ มีการเจริญดีกว่าต้นกล้าที่เพาะโดยไม่มีการเติมชีวภัณฑ์ (ตำรับควบคุม) ดัง

แสดงใน Figure 1 และเมื่อทำการวัดค่าดัชนีการเจริญ พบว่าต้นกล้ากวางตุ้งฮ่องเต้ซึ่งเพาะบนวัสดุปลูกที่ผสมชีวภัณฑ์ฯ มีการเจริญดีกว่า ต้นกล้าในตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (*P*<0.05) ทั้งในเชิงของความยาวลำต้นและชีวมวลลำต้น ดังแสดงใน Figure 2 และยังพบว่าต้นกล้าในตำรับทดลองที่ 3 ซึ่งได้รับการเติมชีวภัณฑ์ในอัตราสูงสุด มีการเจริญดีที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ นอกจากความยาวและชีวมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้นแล้ว ยังพบว่า การเติมชีวภัณฑ์ในวัสดุเพาะยังมีส่วนในการกระตุ้นการพัฒนารากของพืชทดลองอีกด้วย ดังจะสังเกตเห็นได้จาก Figure 1 (โดยการพิจารณาด้วยตาเปล่า)

จากการวิจัยที่ดำเนินมาก่อนหน้านี้โดย ศิริรัตน์ และ ศานิต (2553) ระบุว่าเชื้อ BCB3-19 มีความสามารถในการผลิตกรด indole-3-acetic (IAA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่มีฤทธิ์กระตุ้นการเจริญทางยอดของพืช และน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้พืชเจริญเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการเพาะเชื้อ BCB3-19 แต่อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลใน Figure 2 จะเห็นว่าต้นกล้าในตำรับทดลองที่ 3 ที่ได้รับการเติมชีวภัณฑ์ในอัตราสูงสุด มีความยาวลำต้นไม่แตกต่างจากตำรับทดลองอื่นๆ ที่มีการเติมชีวภัณฑ์ (Figure 2-B) ทั้งมีน้ำหนักแห้งของลำต้นสูงกว่ามาก (Figure 2-B) ซึ่งบ่งชี้ว่าปริมาณเชื้อ BCB3-19 ในชีวภัณฑ์ที่เติมลงในวัสดุเพาะมีผลให้พืชเจริญทางด้านข้าง (lateral growth) ทั้งการเพิ่มขนาดลำต้นและขนาดของใบ ซึ่งการเจริญในลักษณะนี้น่าจะมีอิทธิพลจากกิจกรรมของเชื้อ BCB3-19 ด้านอื่นๆ ด้วยนอกเหนือจากการสร้าง IAA โดยเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถในการดูดซับแร่ธาตุ เช่น การละลายธาตุฟอสเฟต ซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นโดยตรงต่อการพัฒนาลำต้นและชีวมวลของพืช

สรุปผล

ผลจากการวิจัยนี้บ่งชี้ว่า เชื้อ *B. subtilis* BCB 3-19 ในรูปชีวภัณฑ์ผสมทาล์คัม มีความสามารถส่งเสริมการเจริญระยะแรกของกวางตุ้งฮ่องเต้ได้ และมีศักยภาพ ในการนำไปใช้เป็นชีวภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชใน ระดับการค้า

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา สำหรับความเอื้อเฟื้อด้านสถานที่ ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และเครื่องอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล และศานิต สวัสดิกาญจน์, 2553, *Bacillus subtilis* BCB3-19: การผลิตกรด indole-3-acetic และการกระตุ้นการการเจริญของมะเขือเทศ, ว.วิทย์.กษ., 41(2) (พิเศษ): 581-584.

Arkhipova, T.N., Veselov, S.U., Melentiev, A.I., Martynenko, E.V. and Kudoyarova, G.R., 2005, Ability of Bacterium *Bacillus subtilis* to Produce Cytokinins and to Influence the Growth and Endogenous Hormone Content of Lettuce Plants, Plant and Soil, 272: 201–209.

Chebotar, V.K., Makarova, N.M., Shaposhnikov, A.I. and Kravchenko, L.V., 2009, Antifungal and Phytostimulating Characteristics of *Bacillus subtilis* Ch-13 Rhizospheric Strain, producer of bioprepations, Appl. Biochem. Microbiol.,45(4): 419–423.

Hariprasad, P. and Niranjana, S.R., 2009, Isolation and Characterization of Phosphate Solubilizing Rhizobacteria to Improve Plant Health of Tomato, Plant Soil, 316: 13–24.

Omer, A.M., 2010, Bioformulations of *Bacillus spores* for using as Biofertilizer, Life Sci. J., 7(4): 124-131.

Xie, X., Zhang, H. and Paré, P.W., 2009, Sustained Growth Promotion in Arabidopsis with Long-term Exposure to the Beneficial Soil Bacterium *Bacillus subtilis* (GB03), Plant Signal. Behav., 4(10): 948-953.

Zhang, H., Kim, M.S., Sun, Y., Dowd, S.E., Shi, H. and Paré, P.W., 2008, Soil Bacteria Confer Plant Salt Tolerance by Tissue-specific Regulation of the Sodium Transporter HKT1, Mol. Plant Microbe Interact., 21: 737–744.

Figure 1 Photograph visually demonstrates the growth of Hongtae Pak Choi seedlings grown on media with (treatment-3) and without (Control) *B. subtilis* BCB3-19

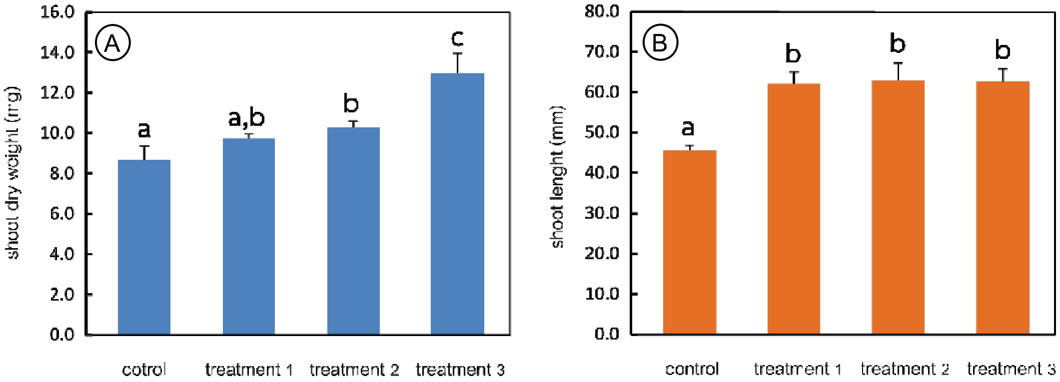


Figure 2 Effect of the talc formulation containing *B. subtilis* BCB3-19 on early growth of Hongtae Pak Choi seedlings examined in terms of shoot dry weight (A) and shoot length. Bars are one standard deviation of the mean (n = 9) and different letters indicate significant differences among treatments.

การเหนี่ยวนำภาวะต้านทานต่อ *Botrytis cinerea* ในมะเขือเทศ โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* BCB3-19

Induction of Systemic Resistance to *Botrytis cinerea* in Tomato by the Bacterium *Bacillus subtilis* BCB3-19

ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล[1]

Siripornvisal, S.[1]

Abstract

In this study, the rhizobacterium *Bacillus subtilis* strain BCB3-19 was evaluated for its effect on the induction of systemic resistance to *Botrytis cinerea* in Tomato plant. The bacterium was inoculated into growing medium at the rate of 10^8 cfu/g. Thereafter, leaves of 30 days old seedling of tomato growing in inoculated and uninoculated medium were collected for detached leaves assay. Results from the assay showed that leaves from the inoculated treatment have less susceptible to *B. cinerea* than the uninoculated treatment. The disease severity observed in the inoculated treatment was significantly reduced as compared to the uninoculated treatment ($p < 0.05$). Result from this study indicated the application the rhizobacterium *B. subtilis* strain BCB3-19 into growing media (root inoculation) lead to the induction of systemic resistant of tomato plant to folia infection by *B. cinerrea* .

Keywords: *Bacillus subtilis*, *Botrytis cineria*, Tomato

บทคัดย่อ

ในการวิจัยนี้ ได้ประเมินอิทธิพลของเชื้อแบคทีเรียรากพืช *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BCB3-19 ในการเหนี่ยวให้เกิดภาวะต้านทานต่อเชื้อ *Botrytis cinerea* ในต้นมะเขือเทศ โดยทำการเพาะเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวในวัสดุปลูกในอัตรา 10^8 cfu ต่อกรัม จากนั้น ทำการเก็บใบมะเขือเทศจากต้นกล้าอายุ 30 วัน ที่ปลูกในวัสดุปลูกที่เพาะและไม่เพาะเชื้อแบคทีเรียมาทดสอบความต้นทานต่อโรคโดยวิธี detached leaves assay ผลจากการทดสอบพบว่า ใบมะเขือเทศจากตำรับที่ปลูกในวัสดุเพาะเชื้อมีความไวต่อเชื้อ *B. cinerrea* น้อยกว่าใบมะเขือเทศจากตำรับที่ปลูกในวัสดุไม่เพาะเชื้อ ความรุนแรงของการโรคในตำรับที่ปลูกในวัสดุเพาะเชื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตำรับที่ปลูกในวัสดุไม่เพาะเชื้อ ($p<0.05$) ผลจากการวิจัยนี้บ่งชี้ว่า การเพาะเชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 ในวัสดุปลูก (การเพาะเชื้อทางราก) มีผลในการเหนี่ยวนำความต้านทานของมะเขือเทศต่อการติดเชื้อ *B. cinerrea* ทางใบได้

คำสำคัญ: *Bacillus subtilis Botrytis cineria* มะเขือเทศ

คำนำ

Botrytis cinerea Pers. เป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคราสีเทาในพืช เศรษฐกิจหลายชนิด เช่น องุ่น สตรอเบอรี กะหล่ำปลี ผักกาดหอม และ มะเขือเทศ เป็นต้น เดิมทีนั้นการควบคุมโรคราสีเทาจะอาศัยกรรมวิธีทาง เคมีเป็นหลัก เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและให้ผลรวดเร็ว แต่ต่อมา พบว่าเชื้อ *B. cinerea* มีความต้านทานต่อสารเคมีมากขึ้น (LaMondia และ Douglas, 1997; Petsikos-Panayotarou และคณะ, 2003) ประกอบกับข้อกังวลเกี่ยวกับ พิษตกค้างของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์ ในระยะต่อมาจึงเริ่มมีความพยายามในการคิดค้นและพัฒนากรรมวิธีใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยกว่า เพื่อทดแทนกรรมวิธีทางเคมี

เมื่อไม่นานมานี้ มีรายงานการวิจัยระบุว่าเชื้อแบคทีเรียที่อาศัยบริเวณรากพืช มีความสามารถในการชักนำกลไกต้านทานโรคของพืชได้ ส่งผลให้พืชมีความต้านต่อเชื้อโรคได้ดีขึ้น ซึ่งเรียกกลไกนี้ว่า ภาวะต้านทานจากการชักนำ (induced systemic resistant: ISR) หมายถึงภาวะต้านทานที่เกิดจากการชักนำโดยสิ่งชักนำ (elicitor) ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งใด

[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

ตำแหน่งหนึ่ง แล้วทำให้พืชมีความต้านทานทั่วทุกตำแหน่งโครงสร้างของพืช ซึ่งปัจจุบันมีความพยายามที่จะใช้ประโยชน์จากกลไก ISR ดังกล่าวนี้ในการบริหารจัดการโรคพืช โดยอาศัยให้สิ่งชักนำภูมิต้านทานที่เหมาะสมแก่พืชแทนการใช้สารเคมีในการทำลายหรือยับยั้งเชื้อโรคพืชโดยตรง (Choudhary และ Johri, 2009; Ryu และคณะ, 2004)

เชื้อ *Bacillus subtilis* BCB3-19 เป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืช ที่แยกได้จากบริเวณรากมะเขือเทศ และเคยผ่านการทดสอบว่ามีสมบัติใน การส่งเสริมการเจริญของพืชอย่างมีประสิทธิภาพ (ศิริรัตน์ และ ศานิต, 2554) แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่เคยมีการทดสอบว่าเชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 มีสมบัติในการเหนี่ยวนำภาวะต้านทานโรคของพืชด้วยหรือไม่ ดังนั้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 มาทดสอบความสามารถในการเหนี่ยวนำภาวะต้านทานต่อการติดเชื้อรา *B. cinerea* ของต้นมะเขือเทศ เพื่อพิจารณาศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการควบคุมโรคพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เชื้อจุลินทรีย์และวิธีเตรียมกล้าเชื้อ

เชื้อรา *B. cinerea* ไอโซเลต N01-01 (Siripornvisal, 2010) จากคลังเชื้อราโรคพืช สาขาชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา นำมาเตรียมกล้าเชื้อโดยการเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้น Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลล์เซียส เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นนำมาเก็บสปอร์โดยใช้น้ำกลั่นปราศจากเชื้อที่มีส่วนผสมของ Tween-80 ความเข้มข้น 0.05 % ชะผิวหน้าโคโลนี แล้วนำน้ำสปอร์แขวนลอยที่ได้ไปกรองผ่านแผ่นเยื่อกรองแบบหยาบเพื่อแยกเศษเส้นใยเชื้อราออก จากนั้นปรับความเข้มข้นของนำสปอร์แขวนลอยให้เท่ากับ 10^5 cfu ต่อมิลลิลิตร

เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* BCB3-19 จากคลังเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ สาขาชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา นำมาเตรียมกล้าเชื้อโดยการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Nutrient Broth (NB) ที่บรรจุในฟลาสก์ ฟลาสก์ละ 150 มิลลิลิตร บ่มบนเครื่องเขย่าแบบโรตารีความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการเก็บเซลล์โดยวิธีปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แยกเก็บส่วนของตะกอนเซลล์ (cell pellet) และส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ (supernatant) โดยนำส่วนตะกอนเซลล์ไปเตรียมล้างและเจือจางด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อเพื่อเตรียมเป็นเซลล์แขวนลอยที่ระดับความข้น 10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับส่วนของอาหารเลียงเชื้อนำไปทำให้ปราศจากเชื้อโดยวิธีกรองผ่านเมมเบรน (culture filtrate) เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

2. การทดลองและวิธีวิเคราะห์สถิติ

นำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศท้อ (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Tho) มาฆ่าเชื้อที่ผิวโดยการแช่ในเอทานอลความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ 10 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 2 รอบ แบ่งเมล็ดเป็น 3 ชุดสำหรับ 3 ตำรับการทดลองดังนี้

<u>ตำรับควบคุม (*control*)</u> หยอดเมล็ดในวัสดุเพาะ (พีทมอส + เวอร์มิคูไลท์ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร) ที่บรรจุในกระถางขนาด 7.5 เซนติเมตร โดยไม่มีการเพาะเชื้อหรือเติม culture filtrate

<u>ตำรับทดลอง 1 (T1)</u> หยอดเมล็ดในวัสดุเพาะหยอดเมล็ดในวัสดุเพาะที่บรรจุในกระถางขนาด 7.5 เซนติเมตร โดยมีการเติม culture filtrate ในอันตรา 10 มิลลิลิตรต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าเจริญถึงระยะ 2 ใบจริง

<u>ตำรับทดลอง 2 (T2)</u> หยอดเมล็ดในวัสดุเพาะหยอดเมล็ดในวัสดุเพาะที่บรรจุในกระถางขนาด 7.5 เซนติเมตร โดยมีการเติมเซลล์แขวนลอยของ เชื้อ BCB3-19 ในอันตรา 10 มิลลิลิตรต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าเจริญถึงระยะ 2 ใบจริง

นำสิ่งทดลองทั้งหมดไปจัดวางในตู้เพาะเลี้ยง (Sanyo Environmental Test Chamber MLR 350H ประเทศญี่ปุ่น) โดยให้แสงสว่างสลับมืด 16/8 ชั่วโมง ความสว่างในช่วงการให้แสงสว่าง 20,000 ลักซ์ ความชื้นสัมพัทธ์ 90 % และรดด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตรของ Hoagland ความเข้ม ½ เท่า ทุก 2 วันในอัตรากระถางละ 60 ml จนกระทั่งต้นกล้าอายุ 30 วัน จึงทำการริดใบมะเขือเทศจากแต่ละตำรับการทดลองมาทดสอบ เริ่มจากการฆ่าเชื้อที่ผิวใบโดยการแช่ในสารละ 1% โซเดียมไฮโปคลอไลท์ นาน 3 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 5 รอบ จากนั้น นำใบมะเขือเทศที่ผ่านการฆ่าแล้วไปจุ่มในน้ำสปอร์แขวนลอยของเชื้อ *B. cinerea* แล้วนำไปวางในจานเพาะที่ปราศจากเชื้อโดยรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ที่ซับน้ำกลั่นปราศจากเชื้อจนเปียก นำสิ่งทดลองทั้งหมดไปจัดวางในตู้เพาะเลี้ยงโดยตั้งค่าสภาวะแวดล้อมเช่นเดียวกับ

สภาวะในการเตรียมต้นกล้ามะเขือเทศ สังเกตภาวะติดเชื้อรา *B. cinerea* บนใบมะเขือเทศเมื่อบ่มครบ 7 วัน ทำการบันทึกอัตราการติดเชื้อและความรุนแรงของการติดเชื้อ ประเมินความแตกต่างระหว่างตำรับทดลอง ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ P<0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab เวอร์ชัน 15 (Minitab Inc. สหราชอาณาจักร)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบ Detached leaf assay ตามภาพที่ 1 และ 2 จะเห็นว่าใบมะเขือเทศตำรับที่ 2 ซึ่งเก็บจากต้นกล้าที่มีการรดด้วยน้ำเลี้ยงเซลล์ (ปราศจากเชื้อ) และตำรับที่ 2 ซึ่งเก็บจากต้นกล้าที่มีการเพาะเชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 มีการอัตราติดเชื้อและความรุนแรงของการติดเชื้อรา *B. cinerea* ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P< 0.05) เมื่อเทียบกับใบมะเขือเทศในตำรับควบคุมซึ่งเก็บจากต้นกล้าที่ไม่มีการเพาะเชื้อ BCB3-19 (Figure 1 และ Figure 2) ซึ่งแสดงว่า ต้นมะเขือเทศมีภาวะต้านทานเพิ่มขึ้นจาการเติมน้ำเลี้ยงเซลล์ และน้ำเซลล์แขวนลอยของเชื้อ BCB3-19 และหมายความว่าภาวะต้านทานที่เพิ่มขึ้นนั้นเป็นผลมาจากการเหนี่ยวนำโดยสารเคมีอย่างไดอย่างหนึ่งที่เชื้อ BCB3-19 สร้างขึ้นและขับออกนอกเซลล์ ทั้งระหว่างการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว และระหว่างที่เชื้อ BCB3-19 เจริญร่วมกับพืช นอกจากนั้น จาก Figure 2 จะเห็นว่าการเพาะเซลล์แขวนลอยลงในวัสดุปลูกโดยตรง (ตำรับทดลองที่ 2) ให้มีผลให้พืชต้านทานต่อโรคสูงกว่าการรดด้วยน้ำเลี้ยงเซลล์ ซึ่งบ่งชี้ว่า การชักนำภาวะต้านทานดังกล่าวน่าจะเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อ BCB3-19 กับต้นมะเขือเทศที่ดำเนินอย่างต่อเนื่อง แทนที่จะเป็นภาวะต้นทานที่ถาวรจากการชักนำเพียงครั้งเดียว หมายความการที่จะดำรงภาวะต้านทานดังกล่าวไว้ ต้นมะเขือเทศจำป็นต้องได้รับสิ่งชักนำจากเชื้อ BCB3-19 อย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้การเติมเซลล์แขวนลอยของเชื้อ BCB3-19 โดยตรงทำให้ต้นมะเขือเทศมีภาวะต้านทานต่อเชื้อ *B. cinerea* สูงกว่า การด้วยน้ำเลี้ยงเซลล์

สรุปผล

การให้เชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 โดยทางราก แล้วทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีความต้านทานต่อการติดเชื้อ *B. cinerea* โรค เป็นลักษณะของการชักนำภาวะต้านแบบ ISR จึงสรุปว่าเชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 มีความสามารถชักนำภาวะต้านทานทานของพืชต่อการติดโรคที่เกิดจากเชื้อราได้ และนอกจากนั้น ผลจากการวิจัยนี้บ่งชี้ว่าเชื้อ *B. subtilis* BCB3-19 มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในการบริหารจัดการโรคราสีเทาในมะเขือเทศที่เกิดจากการติดเชื้อรา *B. cinerea* ได้ โดยอาศัยกลไกการชักนำภาวะต้านแบบ ISR

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ในความเอื้อเฟื้อด้านสถานที่ เครื่องมือ และเครื่องอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล และศานิต สวัสดิกาญจน์, 2553, *Bacillus subtilis* BCB3-19: การผลิตกรด indole-3-acetic และการกระตุ้นการการเจริญของมะเขือเทศ,ว.วิทย์.กษ., 41(2) (พิเศษ): 581-584.

Choudhary, D. and Johri, B.N., 2009, Interactions of *Bacillus* spp. And plants – With Special Reference to Induced Systemic Resistance (ISR), Microbiol. Res., 164: 493-513.

LaMondia, J.A. and Douglas, S.M., 1997, Sensitivity of *Botrytis cinerea* from Connecticut Greenhouses to Benzimidazole and Dicarboximide Fungicides, Plant. Dis., 81: 729-732.

Petsikos-Panayotarou, N., Markellou, E. and Kalamarakis, A.E., 2003, *In vitro* and *in vivo* Activity of Cyprodinil and Pyrimethanil on *Botrytis cinerea* Isolates Resistant to other Botryticides and Selection for Resistance to Pyrimethanil in a Greenhouse Population in Greece, Eur. J. Plant Pathol., 109: 173–182.

Ryu, C.–M., Farag, M.A., Hu, C.–H., Reddy, M.S., Kloepper, J.W. and Pare, P.W., 2004, Bacterial Volatiles Induce Systemic Resistance in Arabidopsis, Plant Physiol, March 2004, 134: 1017–1026.

Siripornvisal, S., 2010, Biocontrol Efficacy of *Bacillus subtilis* BCB3-19 Against Tomato Gray Mold, KMITL Sci. Tech. J., 10(2): 37-44.

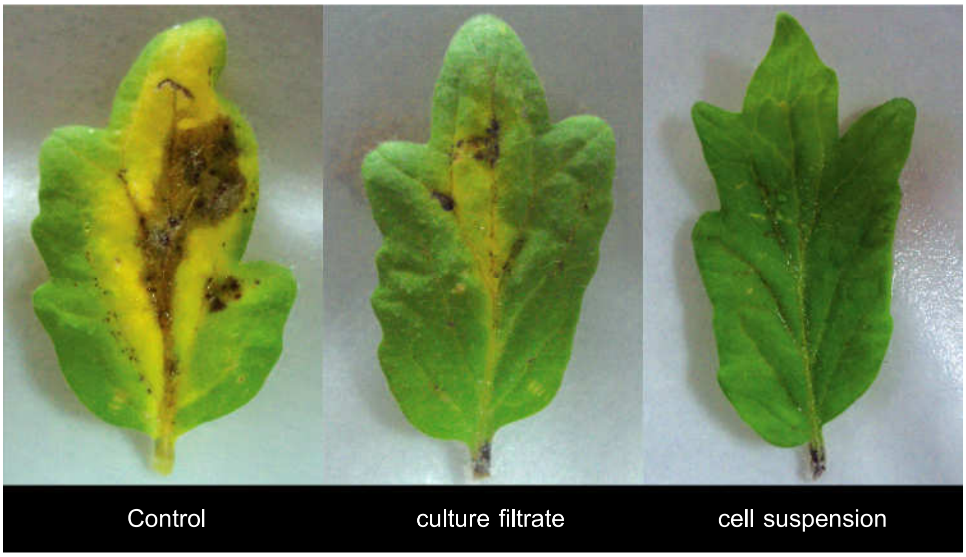


Figure 1 Photograph demonstrates the symptom of necrosis on detached tomato leaves of different treatment

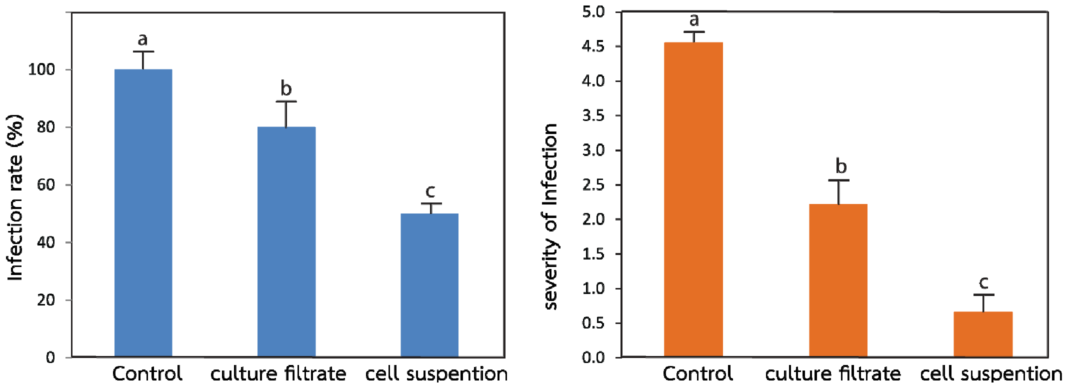


Figure 2 Effect of the different treatments on rate and severity of *B. cinerea* infection observed on detached tomato leaves. Bars are one standard deviation of the meanand different letters indicate significant differences among treatments.

ผลของอินทรีย์สารและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อพัฒนาการของโปรโตคอร์ม กล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์

Effect of Organic Additives and Growth Regulators on Development of *Dendrobium pompadour* Protocorm

พจมาลย์ สุรนิลพงศ์[1] และ วันวิสาข์ ชัยหาญ[1]
Suraninpong, P.[1] and Chaihan, W.[1]

Abstract

Dendrobium pompadour is an importance cut orchid in Thailand. Various techniques are used to propagate this orchid. However, tissue culture is usually utilized to obtain large numbers of seeding in a short period of time as well as to conserve the original phenotypes of the orchid. In this study, *D. pompadour* protocorms at 4 months-old, 3-5 mm, were cultured on VW medium supplemented with 150 ml/l coconut water with or without 50 g/l each of potato and banana homogenate and 2 g/l activated charcoal for 9 weeks. The result showed that medium supplemented with 50 g/l each of potato and banana homogenate and 2 g/l activated charcoal promoted growth of protocorm in terms of plant height, fresh weight and dry weight better than the others compositions. However, the differences were non significant ($p \leq 0.5$). Moreover, protocorms of 10-15 mm were cultured on same medium supplemented with or without 0.5 mg/l NAA incombination with BA or TDZ of various concentrations for 9 weeks. It was found that the medium without growth regulators enhanced growth in term of plant height ($p \leq 0.5$). The medium supplemented with 0.5 mg/l each of NAA and BA promoted an increasing of number of plant/protocorm with significant difference ($p \leq 0.5$). This study concluded that organic additives and plant growth regulators had effects on growth of *D. pompadour*.

Keywords: *Dendrobium pompadour*, organic additives, growth regulators

บทคัดย่อ

กล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์เป็นไม้ตัดดอกที่มีความสำคัญของประเทศไทย การขยายพันธุ์ทำได้หลายวิธีแต่การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถเพิ่มปริมาณต้นได้จำนวนมากโดยใช้ระยะเวลาอันสั้น และยังคงรักษาลักษณะของสายพันธุ์เดิมไว้อย่างครบถ้วย การศึกษาครั้งนี้ใช้โปรโตคอร์มกล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์ อายุ 4 เดือน ขนาด 3-5 มิลลิเมตร วางเลี้ยงบนอาหารสูตร VW เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร มีหรือไม่มีมันฝรั่งบดและกล้วยหอมบดอย่างละ 50 กรัมต่อลิตร และผงถ่าน 2 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร มันฝรั่งบดและกล้วยหอมบดอย่างละ 50 กรัมต่อลิตร และผงถ่าน 2 กรัมต่อลิตร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มทั้งในด้านความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งได้ดีกว่าอาหารที่มีองค์ประกอบอื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) นอกจากนี้โปรโตคอร์มขนาด 10-15 มิลลิเมตร เมื่อวางเลี้ยงบนอาหารสูตรเดิมที่เติมหรือไม่เติม NAA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA หรือ TDZ ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า อาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตส่งเสริมความสูงของยอด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) และอาหารที่เติม NAA ร่วมกับ BA ความเข้มข้นเท่ากันอย่างละ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการเพิ่มจำนวนต้นต่อโปรโตคอร์ม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) การศึกษาครั้งนี้สรุปว่าอินทรีย์สารและสารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์

คำสำคัญ: กล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์ อินทรีย์สาร สารควบคุมการเจริญเติบโต

[1] สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช, 80161
[1] School of Agricultural Technology, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, 80161, Thailand

คำนำ

กล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์ เป็นกล้วยไม้ตัดดอกที่มีความสำคัญในอันดับต้นๆ ของประเทศไทย สามารถออกดอกได้เมื่อต้นยังโตไม่เต็มที่ ดอกมีความสวยงาม มีสีม่วงสดใส ออกดอกที่ละหลายๆ ช่อ ก้านช่อยาว เหมาะที่จะนำไปจัดแจกัน อีกทั้งยังเป็นกล้วยไม้ที่ปลูกและดูแลรักษาง่าย และทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (บรรณ, 2547) ดังนั้นกล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์จึงเป็นกล้วยไม้ที่นิยมเลี้ยงโดยทั่วไป แต่เนื่องจากการเพิ่มปริมาณกล้วยไม้โดยวิธีธรรมชาติทำได้ค่อนข้างยาก ไข่อ่อนของกล้วยไม้ไม่มีอาหารสะสมพอที่จะส่งเสริมการเป็นต้นในสภาพธรรมชาติ จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการเพิ่มปริมาณกล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์ ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อเพื่อเป็นพื้นฐานของการเพิ่มปริมาณกล้วยไม้ชนิดอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำโปรโตคอร์มกล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้ออายุ 4 เดือน ขนาด 3-5 มิลลิเมตร (Figure 1A) มาวางเลี้ยงบนอาหารสูตร Vacin และ Went (1949) เติมน้ำตาล 20 กรัมต่อลิตร วุ้น 7 กรัมต่อลิตร และเติมหรือไม่เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร มันฝรั่งบด 50 กรัมต่อลิตร กล้วยหอมบด 50 กรัมต่อลิตร และผงถ่าน 2 กรัมต่อลิตร และนำต้นกล้าอายุเท่ากัน ที่มีความสูงประมาณ 10 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1C) มาเลี้ยงบนอาหารสูตรเดิมเติมหรือไม่เติม NAA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA เข้มข้น 0.5 หรือ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ TDZ เข้มข้น 0.1 หรือ 1.0 มิลลิกรัมต่อ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ทำ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้โปรโตคอร์มจำนวน 40 โปรโตคอร์ม บันทึกน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวยอด และจำนวนต้นต่อโปรโตคอร์ม ทุกๆ 3 สัปดาห์ เป็นเวลา 9 สัปดาห์ ทำการย้ายชิ้นส่วนบนอาหารใหม่สูตรเดิมทุกๆ 3 สัปดาห์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังวางเลี้ยงโปรโตคอร์มในอาหารที่เติมอินทรีย์ชนิดและความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า อาหารที่เติมองค์ประกอบครบถ้วนคือ น้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร มันฝรั่งบด และ กล้วยหอมบดอย่างละ 50 กรัมต่อลิตร และผงถ่าน 2 กรัมต่อลิตร ส่งเสริมความยาวยอด น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งได้ดีที่สุด เท่ากับ 7.65 มิลลิเมตร 0.72 กรัม และ 0.04 กรัม ตามลำดับ (Table 1) ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) ในระยะแรกของการเลี้ยงโปรโตคอร์มมีขนาดเล็กและกลม หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ โปรโตคอร์มมีขนาดใหญ่ขึ้น มียอดเล็กๆ สีเขียวอ่อน จากนั้นในสัปดาห์ที่ 6 และ 9 โปรโตคอร์มมีขนาดใหญ่ขึ้น ยอดเริ่มเจริญและมีสีเขียวเข้มขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับ (Figure 1B) สอดกับการศึกษาของวิลาวรรณ (2533) ที่พบว่าอาหารสูตร VW ที่เติมองค์ประกอบครบทุกอย่างข้างต้นส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ 3 สกุล คือ *Dendrobium* ‘Ekapol Panda’ *Ascocenda* ‘Vaewravee’ และ กล้วยไม้ช้าง ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่เพาะเลี้ยงมีอินทรีย์สารที่ให้ประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์ม น้ำมะพร้าวมีสารควบคุมการเจริญเติบโตและสารอาหารบางอย่างที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์และการพัฒนาของเซลล์ (Van และคณะ, 1941) กล้วยหอมมีสารที่เป็นประโยชน์หลายชนิด เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามินเอ วิตามินซี และแร่ธาตุต่างๆ หลายชนิด เช่น แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น (Arditti และ Ernst, 1993) มันฝรั่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และสารในกลุ่มโพลีเอมีน ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการสลายตัวของคลอโรฟิลด์ และส่งเสริมการแบ่งเซลล์แบบไมโตซิส (Kaursawhney และคณะ, 1982) ส่วนผงถ่านมีความสามารถในการดูดซับสารต่างๆ ทั้งก๊าซ ของเหลว และสารที่ละลายน้ำได้ไว้ที่พื้นที่ผิวของรูพรุน และรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างของอาหาร (Arditti และ Ernst, 1993) สอดคล้องกับ Enst (1967) ที่พบว่า การเติมผงถ่านลงในอาหารเพาะเลี้ยงส่งเสริมการเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกล้วยไม้ฟาแลนนอสซิส

ส่วนต้นกล้าอายุเท่ากัน ที่มีความสูงประมาณ 10 มิลลิเมตร วางเลี้ยงบนอาหารที่มีองค์ประกอบต่างๆ ข้างต้นครบถ้วนและไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ส่งเสริมการยืดยาวของยอดมากที่สุด (3.71 เซนติเมตร) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) ในขณะเดียวกันอาหารที่เติม NAA ร่วมกับ BA ความเข้มข้นเท่ากันอย่างละ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการเพิ่มจำนวนต้นต่อโปรโตคอร์มมากที่สุด (3.6 ต้นต่อโปรโตคอร์ม) (Figure 1D) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจาก NAA และ BA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่จัดอยู่ในกลุ่มออกซินและไซโต-ไคนินตามลำดับ ออกซินความเข้มข้นต่ำส่งเสริมการยืดยาวของราก ความเข้มข้นสูงยับยั้งการยืดยาวของราก

โดยออกซินจะไปกระตุ้นให้พืชสร้างเอทธิลีน แล้วไปมีผลยับยั้งการยืดตัวของกิ่ง ราก และลำต้น ในขณะที่ไซโตไคนินส่งเสริมการแบ่งเซลล์ และการเจริญเติบโตโดยเพิ่มกระบวนการไซโตไคนีซีส และการขยายขนาดของเซลล์ (นภดล, 2537)

สรุปผล

อาหารสูตร VW เติมน้ำตาล 20 กรัมต่อลิตร วุ้น 7 กรัมต่อลิตร เติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร มันฝรั่งบด 50 กรัมต่อลิตร กล้วยหอมบด 50 กรัมต่อลิตร และผงถ่าน 2 กรัมต่อลิตร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มที่มีขนาด 3-5 มิลลิเมตรได้ดีที่สุด ในขณะที่อาหารสูตรนี้ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต และเติม NAA ร่วมกับ BA ความเข้มข้นเท่ากันอย่างละ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการยืดยาวของยอด และจำนวนต้นต่อโปรโตคอร์มของกล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์ได้ดีที่สุด ตามลำดับ

คำขอบคุณ

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

เอกสารอ้างอิง

นพดล จรัสสัมฤทธิ์, 2537, ฮอร์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ, 128 หน้า.

บรรณ บูรณะชนบท, 2547, กล้วยไม้สกุลหวาย, ฐานเกษตรกรรม, กรุงเพทพฯ, 94 หน้า.

วิลาวรรณ ศิริพูนวิวัฒน์, 2533, ผลของสารพาโคลบิวทาโซลต่อการเจริญเติบโตของลูกกล้วยไม้ในวุ้นอาหารถ่ายขวด, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 25 น.

Arditti, J. and Ernst, R., 1993, Micropropagation of Orchids, John Wiley and Sons, Inc. New York, 682 p.

Ernst, R. 1967, Effect of Carbohydrate Selection on the Growth Rate of Freshly Germinated *Phalanopsis* and *Dendrobium* Seed, Ann. Orchid Soc. Bull., 36: 1068-1073.

Kaursawhney, R., Shih, L. and Galston, A.W., 1982, Relation of Polyamine Biosynthesis to the Inhibition of Sprouting in Potato Tubers, Physiol. Plant., 65: 411-415.

Vacin, E. and Went, F.W., 1949, Some pH Changes in Nutrient Solution, Bot. Gaz., 110: 605-613.

Van, O.J., Conklin, M.E. and Blakeslee, A.F., 1941, Factors in Coconut Milk Essential for Growth of Development of very Young *Datura* Embryo, Science, 94: 350-351.

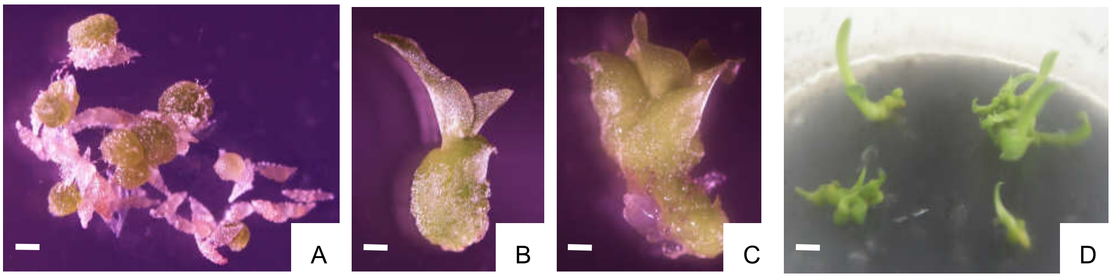


Figure 1 *D. pompadour* protocorm (A, bar = 3 mm and B, bar = 1 mm) after culturing on VW medium supplemented with 150 ml/l coconut water, 50 g/l each of potato and banana homogenate and 2 g/l activated charcoal (C, bar= 1 mm) and medium supplemented with 0.5 mg/l NAA and 0.5 mg/l BA (D, bar = 5 mm).

Table 1 Plant height, fresh weight and dry weight of *D. pompadour* protocorm after culturing on VW medium supplemented with various organic additives for 9 weeks.

Organic additives	Plant height (mm)	Fresh weight (mg)	Dry weight (mg)
150 ml/l coconut water	6.10±1.40	0.23±0.07	0.016±0.004
150 ml/l coconut water and 50 g/l potato homogenate	5.64±1.83	0.12±0.06	0.034±0.014
150 ml/l coconut water and 50 g/l banana homogenate	6.93±1.62	0.16±0.08	0.032±0.019
150 ml/l coconut water, 50 g/l potato homogenate and 50 g/l banana homogenate	5.63±1.86	0.11±0.03	0.016±0.003
150 ml/l coconut water, 50 g/l potato homogenate, 50 g/l banana homogenate and 2 g/l activated charcoal	7.65±0.24	0.72±0.12	0.040±0.007
F-Test	ns	ns	ns
C.V. (%)	25.43	33.21	26.41

^{ns}non significantly different at 5 % probability level by Duncan's multiple range test.

Table 2 Plant heights and number of seedling per protocorm of *D. pompadour* after culturing on VW medium supplemented with various concentrations and growth regulators for 9 weeks.

Growth regulators[1]	Plant height (mm)	No of seedling/protocorm
No growth regulator	37.10±4.64 a	2.50±1.50 c
0.5 mg/l NAA and 0.5 mg/l BA	34.10±7.85 b	3.60±1.34 a
0.5 mg/l NAA and 1.0 mg/l BA	28.90±3.63 c	2.50±1.28 c
0.5 mg/l NAA and 0.1 mg/l TDZ	28.80±4.21 c	3.00±0.95 b
0.5 mg/l NAA and 1.0 mg/l TDZ	36.10±9.77 a	2.70±0.76 c
F-Test	*	*
C.V. (%)	20.45	23.45

* Means followed by the same letter within a column were not significantly different at 5 % probability level by Duncan's multiple range test.

[1] All of the media were supplemented with 150 ml/l coconut water, 50 g/l potato homogenate, 50 g/l banana homogenate, 2 g/l activated charcoal, 20 g/l sugar and 8 g/l agar.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 305-308 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 305-308 (2554)

การเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกหวานและมะเขือเทศที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในโรงเรือนระบบปิด

Growth and Productivity of Sweet Pepper and Tomato by Soilless Culture in Evaporation Cooling System Greenhouse

ยุทธนา บรรจง[1] ณัฏฐ์สิริ ลักษณะอารีย์[1] มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์[1] เทพา ผุดผ่อง[1] และ เกษม หฤทัยธนาสันติ์[1]

Banchong, Y.[1], Laksanaaree, N.[1], Haruthaithanasan, M.[1], Pudphong, T.[1] and Haruthaithanasan, K.[1]

Abstract

Sweet pepper and tomato were trialed by soilless culture in the evaporation cooling system greenhouse. The 2x2 factorial in RCBD was used for this trial, the first factor is planting system (Deep Water Culture: DWC and Substrate Culture: SC), the second factor is solution formulas (B1 and LCF). There were 4 replicates in each set of planting system trialed for 15 weeks. Temperature, relative humidity and light concentration were controlled at 27-29ºC, 90 – 92 % and 11,000 – 42,000 LUX, respectively. EC and pH were kept at 2.5 – 2.8 mS/cm and 5.5 – 6, respectively. Sweet pepper in SC showed the higher height than those in DWC significantly ($p \leq 0.05$). The average height of sweet pepper in SC was 124.16 cm, however there was no significant difference in diameter of sweet pepper in both factors. On the other hand, sweet pepper in DWC had higher yield than those in SC, and sweet pepper in B1 formula provided higher yield than those in LCF formula, significantly ($p \leq 0.05$). The sweet pepper in DWC using B1 formula provided the highest yield about 1,074.87 g/plant. Tomato in DWC showed higher growth rate than those in SC but there was no any influence on both solution formulas. The average height and diameter of tomato in DWC of both solutions were 285.17 cm and 1.35 cm, respectively. For tomato yield in this trial, there was no difference in both trial factors.

Keywords: sweet pepper, tomato, growth, productivity

บทคัดย่อ

ทำการทดลองปลูกพริกหวานและมะเขือเทศแบบไม่ใช้ดิน ในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ โดยจัดการทดลองแบบ 2x2 Factorial in RCBD ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ระบบการปลูก 2 ระบบ ได้แก่ Deep Water Culture (DWC) แบบเติมอากาศ และ Substrate Culture (SC) ปัจจัยที่ 2 คือ สูตรของสารละลายธาตุอาหาร สูตร B1 และสูตร LCF ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ชุดปลูก เป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 27-29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90-92 %RH และความเข้มแสง 11,000 – 42,000 LUX รักษาระดับของค่า EC ที่ 2.5-2.8 mS/cm ค่า pH ที่ 5.5-6 พบว่า พริกหวานที่ปลูกแบบ SC มีความสูงมากกว่าที่ปลูกในระบบ DWC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) โดยมีความสูงเฉลี่ย 124.16 เซนติเมตร ในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นไม่พบความแตกต่างของปัจจัยที่ทำการศึกษา สำหรับผลผลิตต่อต้นพบว่า พริกหวานที่ปลูกในระบบ DWC ให้ผลผลิตสูงกว่าที่ปลูกแบบ SC และการปลูกโดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร B1 ให้ผลผลิตสูงกว่าสูตร LCF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพริกหวานที่ปลูกในระบบ DWC และใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร B1 ให้ผลผลิตสูงที่สุด 1,074.87 กรัมต่อต้น การทดลองในมะเขือเทศพบว่า มะเขือเทศที่ปลูกในระบบ DWC มีการเจริญเติบโตสูงกว่าที่ปลูกแบบ SC แต่ไม่มีอิทธิพลจากสูตรสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ โดยมะเขือเทศที่ปลูกในระบบ DWC มีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นเฉลี่ย 285.17 เซนติเมตร และ 1.35 เซนติเมตรตามลำดับ ในด้านผลผลิตของมะเขือเทศพบว่า ไม่มีความแตกต่างของปัจจัยที่ทำการศึกษา

คำสำคัญ: พริกหวาน มะเขือเทศ การเจริญเติบโต ผลผลิต

[1] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ม.เกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute (KAPI), Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Road, Lat Yao, Jatujak, Bangkok 10900

คำนำ

เทคนิคการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เทคนิคการปลูกพืชในสารละลาย (Solution culture หรือ Water culture) และเทคนิคการปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate culture) ซึ่งการปลูกในสารละลายมีหลักการว่ารากพืชต้องแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช แต่ส่วนต่อระหว่างรากหรือโคน จะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืชและยกไว้เหนือระดับน้ำ การปลูกแบบที่ใช้น้ำลึก (Deep Water Culture) มีระดับน้ำสูงประมาณ 8 ถึง 20 เซนติเมตร และการให้อากาศโดยปั๊มลมจะทำให้สารละลายธาตุอาหารพืชหมุนเวียนอยู่ในภาชนะปลูกโดยการเคลื่อนไหวของฟองอากาศ (non-circulating system) นอกจากเป็นการช่วยเพิ่มก๊าซออกซิเจนลงในสารละลายธาตุอาหารพืชแล้วยังเป็นการช่วยรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายอาหารพืชให้เหมาะสมต่อพืชที่ปลูกอีกด้วย เทคนิคการปลูกในวัสดุปลูก (Substrate culture) เป็นการใช้วัสดุปลูกต่างๆ ที่เป็นของแข็งและไม่เป็นพิษต่อพืชสำหรับให้รากยึดและค้ำจุนต้นพืช เช่น กรวด หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว การให้สารละลายธาตุอาหารพืชมีหลายวิธี เช่น ดูดซึม แช่และระบาย (soak and drain หรือ ebb and flow) และระบบน้ำหยด (drip irrigation) เป็นต้น (ราเชนทร์ และคณะ, 2548)

พริกหวาน (*Capsicum annuum* L.) และมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) เป็นพืชผักที่นิยมนำมาใช้ในอาหารทำให้มีสีสันน่ารับประทานยิ่งขึ้น สามารถรับประทานได้ทั้งเป็นผักสดในสลัดและใช้ประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด พริกหวานมีคุณค่าทางอาหารทั้งวิตามินเอ บี ซี และสารแคปไซซิน ซึ่งช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระ พริกหวานเป็นพืชผักที่เจริญได้ดีในเขตอบอุ่นและเขตหนาว อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 21-28 องศาเซลเซียส (Bakker และ Uffelen, 1988) ทำให้แหล่งผลิตส่วนใหญ่ในประเทศอยู่ทางภาคเหนือและให้ผลผลิตดีในช่วงฤดูหนาว ในฤดูฝนและฤดูร้อนมักประสบปัญหาเกี่ยวกับการระบาดของโรคและแมลง (โครงการหลวง, 2531) และอุณหภูมิสูงมีผลทำให้ดอกร่วงและการติดผลน้อยลง (จานุลักษณ์, 2535) มะเขือเทศเป็นแหล่งของวิตามินเอ ซี อี และสารไลโคพีนซึ่งเชื่อว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันโรคมะเร็งได้ แต่เนื่องจากเป็นผักที่ต้องการช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส ทำให้นิยมปลูกในช่วงฤดูหนาวเช่นกัน มีการดูแลรักษาค่อนข้างยาก มีปัญหาเรื่องโรคพืชอยู่มาก ทำให้มีความเสี่ยงต่อความเสียหายค่อนข้างสูงหากปลูกเป็นแปลงขนาดใหญ่ (สุรพล และคณะ, 2539) จะเห็นได้ว่าการปลูกพริกหวานและมะเขือเทศให้ได้ผลผลิตดี จะต้องมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม และการควบคุมโรคและแมลง ซึ่งการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและใช้โรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้น่าจะเป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณธาตุอาหาร และควบคุมปัญหาเกี่ยวกับโรคและแมลงได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระบบปลูกและสูตรของสารละลายธาตุอาหาร ชนิดพืชที่ปลูกคือ พริกหวานพันธุ์ปิซาโร และมะเขือเทศพันธุ์สีดา โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in RCBD ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ระบบการปลูก 2 ระบบ ได้แก่ Deep water culture (DWC) แบบเติมอากาศ และ Substrate culture (SC) และปัจจัยที่ 2 คือ สูตรของสารละลายอาหาร 2 สูตร ได้แก่ สูตร B1 และสูตร LCF (สูตรที่ผู้ประกอบการใช้จริง) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ชุดปลูก วัสดุปลูกที่ใช้สำหรับการปลูกแบบ SC คือ มะพร้าวสับและพีทมอส อัตราส่วน 1:1 บันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศในโรงเรือน ความเข้มแสง โรคและแมลงตลอดการทดลอง บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต โดยวัดความสูง ขนาดลำต้นที่โคนต้นทุก 3-4 วัน บันทึกการเปลี่ยนแปลงค่า EC, pH และระดับของสารละลายธาตุอาหาร และรักษาระดับของค่า EC ที่ 2.5-2.8 mS/cm ค่า pH ที่ 5.5-6 โดยการเติมสารละลายธาตุอาหารและเปลี่ยนทุก 14 วัน บันทึกข้อมูลด้านผลผลิต จำนวนดอกและผล เก็บผลผลิตเมื่อพืชมีอายุประมาณ 60-80 วัน ชั่งน้ำหนักผลสดและบันทึกต้นทุนการผลิตในทุกขั้นตอน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของพริกหวานที่ปลูกในระบบปลูก 2 ระบบและใช้สารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันพบว่า เมื่อเก็บข้อมูลจนครบ 15 สัปดาห์ พริกหวานที่ปลูกแบบ SC มีความสูงมากกว่าที่ปลูกในระบบ DWC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพริกหวานที่ปลูกแบบ SC มีความสูงเฉลี่ย 124.16 เซนติเมตร พริกหวานที่ปลูกในระบบ

DWC มีความสูงเฉลี่ย 102.50 เซนติเมตร แต่ไม่พบความแตกต่างจากการใช้สารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (P>0.05) ในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นพบว่า ไม่พบความแตกต่างของปัจจัยที่ทำการศึกษา ในด้านผลผลิตของพริกหวานพบว่า พริกหวานที่ปลูกในระบบ DWC ให้ผลผลิตสูงกว่าที่ปลูกแบบ SC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยพริกหวานที่ปลูกในระบบ DWC ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1074.87 กรัมต่อต้น ในขณะที่พริกหวานที่ปลูกแบบ SC ให้ผลผลิตเฉลี่ย 805.73 กรัมต่อต้น และการใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร B1 ให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร LCF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยการใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร B1 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1104.30 กรัมต่อต้น ส่วนการใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร LCF ให้ผลผลิตเฉลี่ย 776.30 กรัมต่อต้น แสดงให้เห็นว่าระบบปลูกแบบ DWC และใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร B1 มีความเหมาะสมกับการปลูกพริกหวานในโรงเรือนระบบปิด ประกอบกับการพิจารณาที่ต้นทุนการผลิตของทั้ง 2 ระบบปลูก (ระบบ DWC มีต้นทุน 220 บาทต่อต้น ระบบ SC มีต้นทุน 238 บาทต่อต้น) ซึ่งใกล้เคียงกัน ถึงแม้ระบบ DWC จะแช่สารละลายธาตุอาหารตลอดเวลา แต่อัตราการสิ้นเปลืองสารละลายธาตุอาหารกลับน้อยกว่าระบบ SC ที่ต้องเติมทุกวัน ทำให้ระบบ DWC มีความเหมาะสมมากกว่าดังกล่าว

การเจริญเติบโตของมะเขือเทศเมื่อเก็บข้อมูลจนมีอายุ 15 สัปดาห์พบว่า มะเขือเทศที่ปลูกในระบบ DWC มีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางต้นมากกว่ามะเขือเทศที่ปลูกแบบ SC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางต้นเฉลี่ย 285.17 เซนติเมตร และ 1.35 เซนติเมตร ตามลำดับ การปลูกแบบ SC มีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางต้นเฉลี่ย 216.50 เซนติเมตร และ 0.96 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างจากการใช้สารละลายธาตุอาหารต่างกัน (P>0.05) ในด้านผลผลิตพบว่า มะเขือเทศที่ปลูกในระบบ DWC และ SC ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน (P>0.05) และการปลูกโดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร B1 และ LCF ก็ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน (P>0.05) เช่นกัน แสดงให้เห็นว่าในการทดลองครั้งนี้ระบบปลูกและสูตรของสารละสายธาตุอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตของมะเขือเทศ

อย่างไรก็ตามถึงแม้ระบบ DWC จะมีความเหมาะสมมากกว่าจากการศึกษาครั้งนี้ แต่ก็มีขั้นตอนที่ยุ่งยากในการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารในแต่ละครั้ง ซึ่งต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานอย่างน้อย 2 คน และจะยุ่งยากมากขึ้นเมื่อปลูกเป็นแปลงขนาดใหญ่ ทำให้ปัจจุบันผู้ประกอบการหรือเกษตรกรเลือกใช้การปลูกแบบ SC (Raviv และ Lieth, 2008)

แต่หากพัฒนาระบบ DWC ให้เปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารให้ง่ายขึ้นก็น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการปลูกพริกหวานและมะเขือเทศแบบไม่ใช้ดินต่อไป

สรุปผล

จากการศึกษาการปลูกพริกหวานและมะเขือเทศแบบไม่ใช้ดินใน 2 ระบบปลูกและใช้สารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันในโรงเรือนที่มีระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำสรุปได้ว่า การเจริญเติบโตของพริกหวานไม่แตกต่างกัน พริกหวานที่ปลูกในระบบ DWC และใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร B1 ให้ผลผลิตดีกว่าพริกหวานที่ปลูกแบบ SC และใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร LCF โดยพริกหวานที่ปลูกในระบบ DWC และใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร B1 ให้ผลผลิตสูงที่สุด 1,074.87 กรัมต่อต้น มะเขือเทศที่ปลูกในระบบ DWC มีการเจริญเติบโตสูงกว่าที่ปลูกแบบ SC แต่ไม่มีอิทธิพลจากสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ โดยมะเขือเทศที่ปลูกในระบบ DWC มีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นเฉลี่ย 285.17 เซนติเมตร และ 1.35 เซนติเมตรตามลำดับ ในด้านผลผลิตของมะเขือเทศพบว่า ไม่มีความแตกต่างของปัจจัยที่ทำการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

โครงการหลวง, 2531, คู่มือส่งเสริมการปลูกผักและไม้ดอกบนที่สูงในประเทศไทย, ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

จานุลักษณ์ ขนบดี, 2535, การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์ สยาม สินสวัสดิ์ ศิริธรรม สิงโต และประธาน โพธิ์สวัสดิ์, 2548, เทคโนโลยีการปลูกพืชไร้ดิน (Soilless Culture), สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.), กรุงเทพฯ

สุรพล จารุพงศ์, 2542, การปลูกพืชผสมผสานบนที่สูง, ฝ่ายส่งเสริมการเกษตรที่สูง กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ

Bakker,J.C. and Uffelen, J..A.M., 1988, The Effect of Diurnal Temperature Regimes on Glasshouse Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.), J. Hort. Sci., 64(3): 313-320.

Raviv, M. and Lieth, J.H., 2008, Soilless Culture : Theory and Practice. Elsevier, London, UK.

Table 1 Height (cm) of Sweet pepper by soilless culture in 2 solution formulas

Factors	Deep Water Culture	Substrate Culture	Average
B1 formula	114.67[1/]	125.67	120.16[2/]
LCF formula	90.33	122.67	106.55
Average	102.50[3/b]	124.16[a]	113.33

Table 2 Diameter (cm) of Sweet pepper by soilless culture in 2 solution formulas

Factors	Deep Water Culture	Substrate Culture	Average
B1 formula	1.23[1/]	1.10	1.17[2/]
LCF formula	1.16	1.33	1.25
Average	1.20[3/]	1.22	1.21

Table 3 Yield per plant (g) of Sweet pepper by soilless culture in 2 solution formulas

Factors	Deep Water Culture	Substrate Culture	Average
B1 formula	1,268.0[1/]	940.60	1104.30[2/a]
LCF formula	881.74	670.85	776.30[b]
Average	1074.87[3/a]	805.73[b]	940.30

Table 4 Height (cm) of Tomato by soilless culture in 2 solution formulas

Factors	Deep Water Culture	Substrate Culture	Average
B1 formula	289.0[1/]	224.0	256.5[2/]
LCF formula	281.33	209.0	245.17
Average	285.17[3/a]	216.50[b]	250.83

Table 5 Diameter (cm) of Tomato by soilless culture in 2 solution formulas

Factors	Deep Water Culture	Substrate Culture	Average
B1 formula	1.30[1/]	1.11	1.21[2/]
LCF formula	1.41	0.81	1.11
Average	1.35[3/a]	0.96[b]	1.16

Table 6 Yield per plant (g) of Tomato by soilless culture in 2 solution formulas

Factors	Deep Water Culture	Substrate Culture	Average
B1 formula	1180.93[1/]	1050.46	1115.69[2/]
LCF formula	814.31	1084.43	946.37
Average	997.62[3/]	1067.44	1032.53

Note : [1/]Means of 4 replications, [2/]Means followed by the same letters in the column are not significantly different at the 5% level by LSD, [3/]Means followed by the same letters in the row are not significantly different at the 5% level by LSD.

การสกัดไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายผมนางด้วยน้ำกลั่น กรดไฮโดรคลอริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์

Biopolymer Extraction from *Gracilaria* spp. with Distilled Water, Hydrochloric and Sodium hydroxide

อัครเดช นครเสด็จ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Nakornsadet, A.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

This study was aimed to compare the biopolymer extraction from *Gracilaria* spp. with distilled water, 0.05N hydrochloric acid (HCl) and 0.75N sodium hydroxide (NaOH) at 95±5ºC for 3 hrs and biopolymer was precipitated with 95% ethanol. The results showed that extraction by 0.05N HCl for 3 hrs gave the highest yield (34.83%) and biopolymer gave the most optimum swelling power (1.12 g/g) and viscosity (16.70 cP) higher than that extracted with distilled water and NaOH at 95±5 °C for 3 hrs. Although the biopolymer extraction with distilled water gave the percentage yield (29.74%) and swelling power (1.11 g/g) of the biopolymer higher than the extraction with NaOH but the viscosity of biopolymers is lower than the biopolymer extracted with NaOH.

Keywords: biopolymer, *Gracilaria* spp., swelling power, viscosity

บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการสกัดไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายผมนางด้วยน้ำกลั่น กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.75 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และตกตะกอนไบโอพอลิเมอร์ด้วยแอลกอฮอล์ พบว่าการสกัดไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายผมนางด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล ได้ปริมาณร้อยละไบโอพอลิเมอร์หยาบ (crude biopolymer) สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 34.83 และไบโอพอลิเมอร์ที่ได้มีค่ากำลังการพองตัวและค่าความหนืดของสารละลายไบโอพอลิเมอร์มีค่าเท่ากับ 1.12 กรัมต่อกรัม และ 16.70 cP ตามลำดับ สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.75 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ถึงแม้ว่าการสกัดไบโอพอลิเมอร์ด้วยน้ำกลั่นได้ปริมาณร้อยละไบโอพอลิเมอร์หยาบเท่ากับร้อยละ 29.74 และมีค่ากำลังการพองตัวของไบโอพอลิเมอร์เท่ากับ 1.11 กรัมต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ค่าความหนืดของไบโอพอลิเมอร์จากการสกัดด้วยน้ำกลั่นต่ำกว่าไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากการสกัดด้วยโซเดียม ไฮดรอกไซด์

คำสำคัญ: ไบโอพอลิเมอร์ สาหร่ายผมนาง กำลังการพองตัว ความหนืด

บทนำ

สาหร่ายทะเลสีแดงมีไบโอพอลิเมอร์ที่สำคัญเรียกว่า ไฟโคคอลลอยด์ (phycocolloid) ผลิตขึ้นในผนังเซลล์ ส่วนใหญ่เป็นซัลเฟตกาแลกแตน (sulfated galactans) ประกอบด้วยพอลิเมอร์สายตรงของ 1→3-β-galactopyranosyl (pattern A) และ 1→4-α-galactopyranosyl (pattern B) (Younis และคณะ, 2000; Pereira และคณะ, 2009) สาหร่ายสกุล *Gracilaria* เป็นสาหร่ายสีแดงที่มีไบโอพอลิเมอร์อยู่ประมาณร้อยละ 20-50 แต่อย่างไรก็ตามไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากสาหร่ายสกุล *Gracilaria* มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากในโครงสร้างของไบโอพอลิเมอร์มีหมู่แทนที่ที่มีผลต่อคุณภาพของไบโอพอลิเมอร์ เช่น หมู่ methyl ether, sulfate ester, pyruvate acetal แทนที่หมู่ไฮดรอกซี (OH) ที่ตำแหน่ง C3 และ C6 ของ pattern B (Rebello และคณะ, 1997; Takano และคณะ, 1998) นอกจากนี้ปริมาณและคุณภาพของไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด (species) แหล่งที่มา ฤดูกาล ช่วงวงจรชีวิต ส่วนต่างๆ เช่น ก้าน (stipe) ใบ (leaves) และต้น (stalk) ของสาหร่าย และวิธีการสกัด เป็นต้น (Marinho-Soriano, 2001) ไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากสาหร่ายทะเลสีแดงสกุล *Gracilaria* เรียกว่าไบโอพอลิเมอร์ และวิธีการสกัดไบโอพอลิเมอร์โดยทั่วๆไปเป็นการนำสาหร่ายมาล้างทำความสะอาด และสกัดโดยการต้มด้วยน้ำ อาจมีการแช่ แอลกอฮอล์ หรือกรดอ่อน เช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก เพื่อกำจัดสี โปรตีน ไขมัน หรือแร่ธาตุต่างๆ ออกจากสาหร่ายก่อนการสกัดไบโอพอลิเมอร์ จากนั้นแยกไบโอพอลิเมอร์หรือทำให้บริสุทธิ์

[1] **คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กทม. 10150**

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Tienthalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150

ด้วยกระบวนการ freeze-thaw และทำแห้งไบโอพอลิเมอร์ด้วยการอบ (McHugh, 1987) มีรายงานพัฒนาวิธีการสกัดเพื่อปรับปรุงคุณภาพของไบโอพอลิเมอร์ที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเล เช่นการ pretreatment สาหร่ายด้วยด่าง หรือกรดก่อนการสกัดไบโอพอลิเมอร์เพื่อช่วยลดปริมาณหมู่ซัลเฟต และทำให้คุณภาพด้านความแข็งแรงเจลไบโอพอลิเมอร์ดีขึ้น (Freile-Pelegrín และ Murano, 2005) การสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันไอเพื่อเพิ่มปริมาณร้อยละผมผลิตไบโอพอลิเมอร์ (Roleda และคณะ, 1997) เป็นต้น ประเทศไทยมีสาหร่ายทะเลสีแดงสกุล *Gracilaria* หลายชนิด โดยเฉพาะสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* spp.) ซึ่งมีมากทางชายฝั่งทะเลภาคใต้ของประเทศไทย และยังมีการเพาะเลี้ยงกันมาก แต่มีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยมาก เช่น นำมาเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ หรือนำมาบริโภคสด เท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลผลิต สมบัติทางกายภาพบางประการของไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายผมนางด้วยการตกตะกอนแยกไบโอพอลิเมอร์ด้วยแอลกอฮอล์ ซึ่งยังไม่มีการรายงานการใช้วิธีนี้ในการผลิตไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายชนิดนี้ และผลจากการวิจัยสามารถใช้สำหรับการพัฒนาคุณภาพของไบโอพอลิเมอร์ และนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมตัวอย่างสาหร่าย *Gracilaria* spp. ที่ได้จากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี นำมาล้างทำความสะอาดและแยกสิ่งปนเปื้อนออก อบแห้งด้วยตู้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นำมาบดจนได้ขนาด 60 เมช จากนั้นนำสาหร่าย 10 กรัม มาสกัดด้วยน้ำกลั่น กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.75 นอร์มัล ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วกรองขณะที่สารละลายร้อน ผ่านผ้ากรองไนลอนขนาดรูพรุน 50 ไมโครเมตร เพื่อแยกกากสาหร่ายออก จากนั้นทำให้เป็นกลางเติม 95% เอทานอล เพื่อตกตะกอนไบโอพอลิเมอร์ กรองแยกตะกอนออก และล้างตะกอนซ้ำด้วย 95% เอทานอล อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง แล้วบดละเอียดขนาด 80 เมช (ดัดแปลงตามวิธีของ Marinho-Soriano, 2001 และ Brummer, 2003) จากนั้นนำไบโอพอลิเมอร์ที่ได้มาวิเคราะห์ ปริมาณร้อยละไบโอพอลิเมอร์หยาบ (% yield) ค่ากำลังการพองตัวของไบโอพอลิเมอร์ โดยนำไบโอพอลิเมอร์มา 0.15 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที แยกเอาชั้นตะกอนออกมาชั่งน้ำหนัก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนได้ค่าน้ำหนักคงที่แล้วคำนวณค่ากำลังการพองตัว (Leach และคณะ, 1959) และค่าความหนืดของสารละลายไบโอพอลิเมอร์ โดยเตรียมสารละลายไบโอพอลิเมอร์ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก วัดความหนืดของสารละลายไบโอพอลิเมอร์ด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer (เข็มเบอร์ 1 ที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที บันทึกค่าความหนืด (cP) ที่ได้จากเครื่อง Brookfield Viscometer วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SAS, 1990 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการสกัดไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายผมนางด้วยน้ำกลั่น กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.75 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และตกตะกอนแยก ไบโอพอลิเมอร์ด้วยแอลกอฮอล์ พบว่าการสกัดไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายผมนางด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล ได้ปริมาณร้อยละผลผลิตไบโอพอลิเมอร์สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 34.83 รองลงมาเป็นการสกัดด้วยน้ำกลั่น และโซเดียม ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.75 นอร์มัล ได้ไบโอพอลิเมอร์เท่ากับร้อยละ 29.74 และ 27.30 ตามลำดับ (Figure 1) เนื่องจากการใช้กรดไฮโดรคลอริกสามารถทำลายผนังเซลล์ หรือเยื่อหุ้มเซลล์ของสาหร่ายได้ดี (Qiu และ Weiming, 2006) ทำให้ได้ปริมาณไบโอพอลิเมอร์ออกมาจากเซลล์สาหร่ายได้ดีกว่าการสกัดด้วยด้วยน้ำกลั่น และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.75 นอร์มัล และปริมาณร้อยละไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Roleda และคณะ (1997) ซึ่งพบว่าปริมาณผลผลิตของไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายทะเลสีแดง (*Gelidiella acerosa*) ที่พบในประเทศไทยที่สกัดด้วยกรดอะซิติกได้ปริมาณร้อยละ 29.84 แต่อย่างไรก็ตามปริมาณร้อยละผลผลิตการสกัดไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายทะเลสีแดงต่างชนิด ฤดูกาล แหล่งที่มาของสาหร่ายที่ต่างกัน หรือวิธีการสกัดต่างกันส่งผลให้ปริมาณไบโอพอลิเมอร์ที่ได้แตกต่างกัน (Marinho-Soriano, 2001)

เมื่อศึกษาค่ากำลังการพองตัว และค่าความหนืดของไบโอพอลิเมอร์ พบว่าไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล มีค่ากำลังการพองตัว 1.12 กรัมต่อกรัม ไม่แตกต่างจากการสกัดไบโอพอลิเมอร์ด้วยน้ำกลั่น ไบโอพอลิเมอร์มีค่ากำลังการพองตัว 1.11 กรัมต่อกรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.75 นอร์มัล มีค่ากำลังการพองตัว 1.10 กรัมต่อกรัม (Figure 2) เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกอาจสลายพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างของสายไบโอพอลิเมอร์เกิดการคลายตัวของโครงสร้างไบโอพอลิเมอร์ ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าไปแทรกอยู่ภายในโครงสร้างของไบโอพอลิเมอร์เมอร์ได้มากขึ้น และเกิดการพองตัวได้ดีกว่าไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Leach และคณะ, 1959) ส่งผลให้ค่าความหนืดของสารละลายไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 16.70 cP รองลงมาไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งไม่แตกต่างจากการสกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าความหนืดเท่ากับ 8.47 และ 9.00 cP ตามลำดับ (Figure 3) เนื่องจากไบโอพอลิเมอร์ที่ได้จากการสกัดด้วยกรดมีค่ากำลังการพองตัวในสารละลายสูงกว่า ทำให้มีแรงต้านการไหลสูง ส่งผลต่อความหนืดของสารละลายไบโอพอลิเมอร์มีค่าความหนืดของสารละลายไบโอพอลิเมอร์สูงด้วย (Leach และคณะ, 1959)

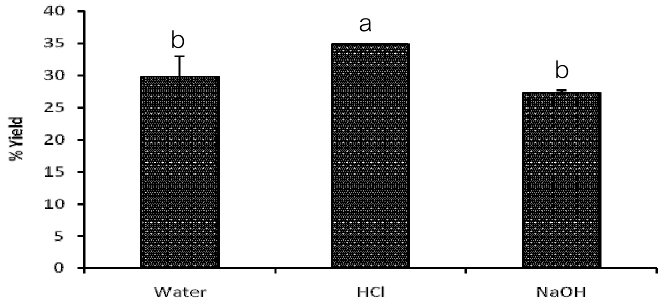


Figure 1 Percentage of yield of biopolymer extracted from *Gracilaria* spp. at 95±5°C for 3 hrs

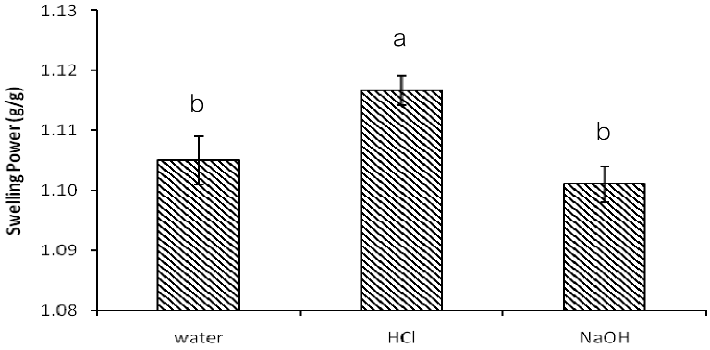


Figure 2 Swelling power of biopolymer solution extracted from *Gracilaria* spp. at 95±5°C for 3 hrs

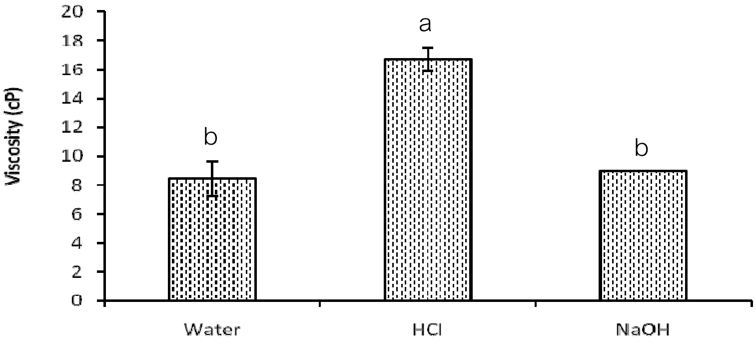


Figure 3 Viscosity of biopolymer solution extracted from *Gracilaria* spp. at 95±5°C for 3 hrs

สรุปผล

การสกัดไบโอพอลิเมอร์จากสาหร่ายผมนางด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล นาน 3 ชั่วโมง ได้ปริมาณร้อยละผลผลิต ค่ากำลังการพองตัว และค่าความหนืดของไบโอพอลิเมอร์ดีที่สุด รองลงมาคือการสกัดด้วยน้ำกลั่น และการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.75 นอร์มัล นาน 3 ชั่วโมง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก ระหว่าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กับสถาบันการศึกษาที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Freile-Pelegrín, Y. and Murano, E., 2005, Agars from Three Species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatán' Peninsula, Bioresource Technology, 96: 295–302.

Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J., 1959, Structure of the Starch Granule. I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches, Cereal Chemistry, 36: 534-539.

Marinho-Soriano, E., 2001, Agar Polysaccharides from *Gracilaria* species (Rhodophyta, Gracilariaceae), Journal of Biotechnology, 89: 81–84.

McHugh,D.J., 1987, Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds, FAC. Rome, 643 p.

Pereira, L., Amado, A.M., Critchley, A.T., Velde, F. and Ribeiro-Claro, P.J.A., 2009, Identification of Selected Seaweed Polysaccharides (phycocolloids) by Vibrational Spectroscopy (FTIR-ATR and FT Raman), Food Hydrocolloids, 1–7.

Qiu, M. and Weiming, Z., 2006, Fenugreek Neutral Polysaccharide Acid Hydrolysis Process Optimization Study, Journal of Food Science, 27(5): 134-137.

Rebello, J., Ohno, M., Ukeda, H., Kusunose, H. and Sawamura, M., 1997, 3,6 Anhydrogalactose, Sulfate and Methoxyl Contents of Commercial Agarophytes from Different Geographical Origins, Journal of Applied Phycology, 9: 367–370.

Roleda, M.Y., Montaño, N.E., Ganzon-Fortes, E.T. and Villanueva, R.D., 1997, Acetic Acid Pretreatment in Agar Extraction of Philippine *Gelidiella acerosa* (Forsskaal) Feldmann *et* Hamel (Rhodophyta, Gelidiales), Botanica Marina, 40: 63-69.

Takano, R., Hayashi, K. and Hara, S., 1998, Highly Methylated Agars with a High Gel-melting Point from the Red Seaweed, *Gracilaria Eucheumoides*, Phytochemistry, 40(2): 487-490.

Younis, Y.M.H., Tecleab, S., Gheza, T. and Rahama, I.H., 2000, Determination of the Biomass and Phycocolloid Contents of Some Marine Algae from Eritrea, Journal of KAU Mars Sciences, 11: 19-25.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 313-316 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 313-316 (2554)

คุณภาพทางกายภาพและสารหอมระเหยของน้ำมันหอมระเหย *Listea petiolata*

Physical Properties and Volatile Compound of *Listea petiolata*

นลินี พูลพิพัฒน์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ อาภาพรรณ ชัฏไพศาล[1]

Pulpipat, N.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O. and Chatpaisarn, A.[1]

Abstract

The chemical compositions of essential oil from *Listea petiolata* Hook.f. extracted by supercritical fluid carbon dioxide at various pressure (200, 300, 400 bar) and temperature at 35, 45, 55^{o}C were conducted. Essential Oil has light to dark green yellow color. Refractive index was ranged at 1.332 to 1.366, L* a* and b* between 62.60 to 70.45, -4.98 to -0.92, 3.42 to 28.75. It was found 21 volatile compounds, analyzed and identified by Gas Chromatography Mass spectrometry. However, the best extraction pressure and temperature was at 200 bars and 45^{o}C. The best condition gave the highest yielded of essential oil and volatile compounds included alpha-pinene, beta-pinene, beta-myrcene, alpha- phellandrene, 2-nonanone, alpha-farnesene which their % relative peak area were 0.95, 1.73, 0.58, 0.17, 63.60, 2.59, 15.59 and 5.02, respectively. Odor descriptions of the volatile compounds from *Listea petiolata* oil were fresh green, fruit and sweet.

Keywords: supercritical carbon dioxide extraction, thummang, *Listea petiolata,* essential oil

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย *Listea petiolata* Hook.f. ที่สกัดด้วยเครื่องซุปเปอร์คริติคอลฟลูอิด โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย แปรความดันที่ 200, 300, 400 บาร์ อุณหภูมิ 35, 45, 55 องศาเซลเซียส น้ำมันหอมระเหยจากการสกัดมีสีเขียวเหลืองอ่อนจนถึงเข้ม มีค่าดัชนีการหักเหของแสงอยู่ระหว่าง 1.332-1.366 มีค่า L* a* และ b* อยู่ในช่วง 62.60-70.45, (-4.98)-(-0.92) และ 3.42-28.75 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิทรี พบว่ามีสารหอมระเหย 21 ชนิด ซึ่งการสกัดที่ความดัน 200 บาร์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบจำนวนชนิดสารหอมระเหยสูงที่สุด ได้แก่ alpha-pinene, beta-pinene, beta-myrcene, alpha- phellandrene, 2-nonanone, alpha-farnesene โดยมีค่า % relative peak area เท่ากับ 0.95, 0.16, 0.22, 1.10, 1.73 และ 6.03 ตามลำดับ และมีลักษณะกลิ่นเป็น fresh green, fruit และ sweet

คำสำคัญ: ซุปเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์ ทำมัง *Listea petiolata* น้ำมันหอมระเหย

คำนำ

ทำมัง *Listea petiolata* Hook.f. หรือไม้แมงดา อยู่ในสกุล Litsea วงศ์ Lauraceae อยู่ในวงศ์เดียวกับ การบูรและอบเชย เป็นต้นไม้ยืนต้นที่มีลำต้นขนาดกลางถึงใหญ่ พบมากทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ใบและกิ่งของต้นไม้ชนิดนี้มีกลิ่นคล้ายกลิ่นแมลงดานา จึงนิยมนำใบอ่อนมาเป็นผักสดเครื่องเคียงกับอาหารชนิดอื่น หรือนำใบสดมาย่างไฟเติมลงในน้ำพริกแทนกลิ่นแมลงดานา นอกจากนี้ส่วนของเปลือกมีสรรพคุณทางยาใช้ขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ จุกเสียด และบำรุงประสาท (ปิยะ, 2538) มีรายงานการวิจัยสกัดน้ำมันหอมระเหยใบและกิ่งทำมังด้วยตัวทำละลายเฮกเซน เอทานอล และการกลั่นด้วยไอน้ำ วิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิทรี พบว่าใบมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากิ่ง มีสารสำคัญ 8 ชนิด คือ 4-cyclohexyl-2-butanol, 11-dodecen-2-one, 5-hepten-2-one, 6-methyl-2-tridecanone, 1-ethyl-2-methylcyclohexane, 7-octane-2-one, undecanone, และ 2-nonanone (สาโรจน์, 2537) และการสกัดใบและกิ่ง ทั้งแบบสดและแห้งด้วยวิธีการต้มกลั่น (hydrodistillation) กลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction) และสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด (เอทานอล ปิโตรเลียมอีเทอร์ และไดเอทิลอีเทอร์) มีสารสำคัญ 5 ชนิด ได้แก่ undec-10-en-2-one, 2-undecanone, tridec-12-en-2-one, undecanal และ 2-

[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

tridecanone (ณภัทร, 2551) แต่การสกัดด้วยวิธีต้มกลั่น และวิธีกลั่นพร้อมสกัด อาจทำให้สารสำคัญบางชนิดเกิดการเสียสภาพ จากการได้รับความร้อน (Grosso, 2009) ส่วนการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายสารสกัดที่ได้มีสีเข้ม เกิด wax ระหว่างกระบวนการสกัด รวมทั้งได้สารสกัดที่มีรสขม เนื่องจากตัวทำละลายสามารถสกัดรงควัตถุ ฟีนอลิก และแทนนินที่มีในใบและกิ่งทำมังออกมาด้วย ปัจจุบันมีวิธีการสกัดสารโดยใช้เทคนิคซุปเปอร์คริติคอลฟลูอิด เป็นการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ความดัน และอุณหภูมิเหนือจุดวิกฤต ทำให้ตัวทำละลายมีความหนาแน่นคล้ายของเหลว ความหนืดต่ำ จึงมีความสามารถในการละลาย และซึมผ่านสารต่างๆ ได้ดี จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยผักชีด้วยวิธีต้มกลั่นเปรียบเทียบกับวิธีซุปเปอร์คริติคอลฟลูอิด โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย พบว่าการสกัดด้วยวิธีซุปเปอร์คริติคอลฟลูอิด ให้ปริมาณสารสำคัญ เช่น linalool 79.0% camphor 3.4% limonene 2.0% สูงกว่าการสกัดด้วยวิธีต้มกลั่น 65.0, 3.0 และ 1.0% ตามลำดับ (Grosso, 2009) นอกจากนี้มีการนำมาใช้สกัดน้ำมันหอมระเหย สารฟีนอลิก คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และสารให้กลิ่น จากโรสแมรี่ คาโมมาย มาเจอร์แรม และกระวานเทศ เป็นต้น (Ramirez และคณะ, 2004, Hamburger และคณะ, 2004 และ Vagi และคณะ, 2002) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์สกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบทำมังโดยวิธีซุปเปอร์คริติคอลฟลูอิด และวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมระเหยด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์

อุปกรณ์และวิธีการ

นำทำมัง *Listea petiolata* Hook.f. จากจังหวัดพัทลุง ใช้ส่วนใบ ล้างน้ำให้สะอาด อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสให้ความชื้นลดลงร้อยละ 10 นำมาบดลดขนาด จากนั้นนำตัวอย่างทำมังบดปริมาณ 20 กรัม สกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง ซุปเปอร์คริติคอลฟลูอิด โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย แปรความดันที่ 200, 300, 400 บาร์ อุณหภูมิ 35, 45, 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บน้ำมันหอมระเหยใบทำมังในขวดสีชาขนาด 20 มิลลิลิตร ในเอทานอล 10 มิลลิลิตร นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ 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) ค่าการหมุนจำเพาะของสาร (optical rotation) (ATAGO รุ่น POLAX-2L) และวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมระเหย ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) (Agilent GC 7890A, MSD 5975C, USA) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ไอระเหยของสารด้วย solid-phase micro extraction (SPME) ไฟเบอร์ Stable Flex^{TM} 65 μm PDMS/DVB (Supelco, USA) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นชะสารระเหยออกที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นฉีดตัวอย่างแบบ 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 นาทีใช้ helium เป็นแก๊สตัวพา mass range ตั้งแต่ 40-450 m/z แปลผลเทียบกับ Wiley Library และ NIST มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันมากกว่าร้อยละ 80 และเทียบกับสารมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkane) วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาน้ำมันหอมระเหยทำมังที่สกัดด้วยวิธี SFE แปรความดัน 200, 300, 400 บาร์ อุณหภูมิ 35, 45, 55 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที วัดค่า refractive index ได้ 1.332-1.366 (Table 1) ซึ่งน้ำมันหอมระเหยทำมังมีค่าความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกันแม้ว่าจะเพิ่มความดันและอุณหภูมิในการสกัด เมื่อนำมาวัดค่า L* มีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 62.60-70.45 ค่า a* อยู่ระหว่าง (-4.98)-(-0.92) และค่า b* อยู่ระหว่าง 3.42-28.75 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทุกสภาวะการสกัดมีค่า L*, a*, b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) (Table 1) สีของน้ำมันหอมระเหยมีสีเขียวเหลืองอ่อน แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและความดัน น้ำมันหอมระเหยมีสีเขียวเหลืองเข้มขึ้น อาจเนื่องจากที่สภาวะดังกล่าวสามารถสกัดสารฟีนอลิก (Ramirez และคณะ, 2004) alpha-tocopherol ที่มีสีเหลือง และ กลุ่มแทนนินที่มีสีเหลืองจนถึงน้ำตาล สอดคล้องกับรายงานของ ณภัทร (2551) พบว่าในใบและกิ่งทำมังมีสารแทนนิน 11.36 - 36.2 มิลลิกรัม catechin ต่อ กรัม extract และรายงานของ ปิยศิริ (2551) พบว่าใบทำมังมีสารฟีนอลิกมากกว่าขิงสองเท่า และมี alpha-tocopherol 5,479.85 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปียก จากผลการวัดค่าการหมุนจำเพาะของสารอยู่ในช่วง -0.30 ถึง 0.10 ดัง (Table 1) ที่อุณหภูมิ 35

องศาเซลเซียส ความดัน 400 บาร์ และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความดัน 200, 300, 400 บาร์ มีค่าการบิดเบนแสงเป็นลบเนื่องจากสภาวะดังกล่าวสามารถสกัดสาร alpha-pinene, beta-myrcene, alpha- phellandrene, caryophyllene ซึ่งมีค่าการบิดเบนแสงเป็นลบ ผลจากการวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิทรี พบสารสำคัญ 2-nonanone, 2-nonanol, 2-undecanone สอดคล้องกับงานวิจัยที่สกัดน้ำมันหอมระเหยทำมังด้วยตัวทำละลายและการต้มกลั่น (สาโรจน์, 2537 และ ณภัทร, 2551) แต่พบจำนวนสารหอมระเหยมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายและการต้มกลั่น การสกัดที่ความดัน 200 บาร์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบจำนวนชนิดของสารหอมระเหยสูงที่สุด 21 ชนิด สารที่มี % relative peak area สูง ได้แก่ alpha-pinene, beta-pinene, beta-myrcene, alpha-phellandrene, 2-nonanone, alpha-farnesene (0.95, 0.16, 0.22, 1.10, 1.73 และ 6.03 ตามลำดับ) (Table 2 และ Figure 1) เนื่องจากเมื่อมีการใช้ความดันสูงทำให้คาร์บอนไดออกไซด์มีความหนาแน่นมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงความหนาแน่นจะลดลง การละลายลดลง และทำให้ตัวอย่างถูกทำลายจากความร้อนสารที่ได้จึงมีปริมาณลดลง (Pourmortazavi และคณะ, 2007) โดยน้ำมันหอมระเหยทำมังมีลักษณะกลิ่นแบบ fresh green, fruit และ sweet เป็นลักษณะสำคัญของกลิ่นแมลงดานา (สาโรจน์, 2537)

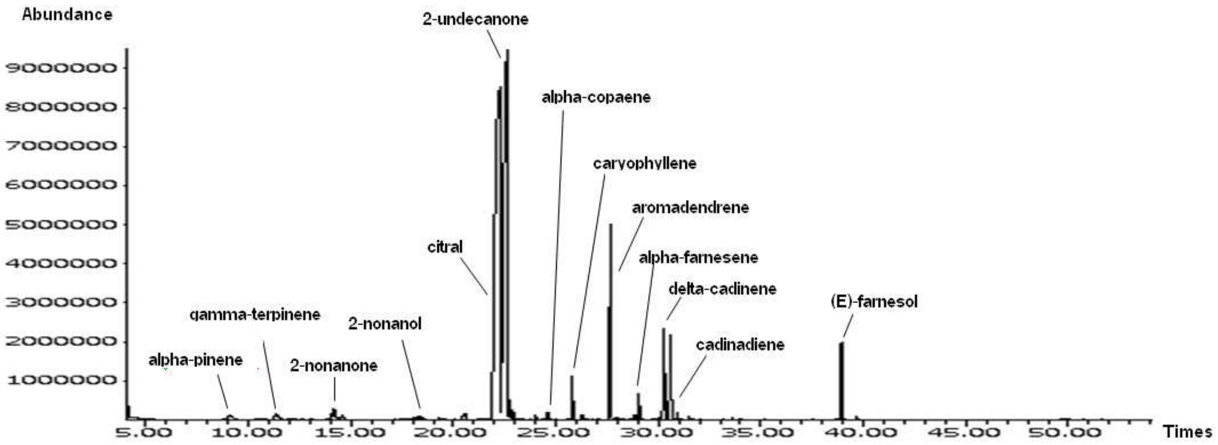


Figure 1 Chromatogram of volatile compounds from *Listea petiolata* extracted by SFE at 200 bar 45 ^{o}C.

สรุปผล

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากทำมังด้วยเครื่องซุปเปอร์คริติคอลฟลูอิด โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย แปรความดัน และอุณหภูมิ พบว่าการสกัดที่ 200 บาร์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีจำนวนชนิดของสารหอมระเหยสูงสุด พบสารที่มี % relative peak area สูง ได้แก่ alpha-pinene, beta-pinene, beta-myrcene, alpha-phellandrene, 2-nonanone, alpha-farnesene

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ณภัทร พิมพ์ผะกา, 2551, การศึกษาวิธีการสกัดสารปรุงแต่งกลิ่นรสแมลงดานาจากต้นทำมัง (*Litsea petiolata*), วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 101 หน้า

ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2538, ต้นไม้กลิ่นแมงดา ในวิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน 8, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ หน้า 100-101.

สาโรจน์ ปัญญามงคล, 2537, การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบและกิ่งต้นทำมัง *Litsea petiolata* Hook.f เพื่อเป็นสารแต่งกลิ่นรสอาหาร, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาคเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Grosso, C., Coelho, J.A., Urieta, J.S. and Palavra, A.M.F., 2010, Herbicidal Activity of Volatiles from Coriander, Winter Savory, Cotton Lavender, and Thyme Isolated by Hydrodistillation and Supercritical Fluid Extraction, Journal Agricultural and Food Chemistry, 58: 11007-11013.

Pourmortazavi, S.M. and Hajimirsadeghi, 2007, Supercritical Fluid Extraction in Plant Essential and Volatile Oil Analysis, Journal of Chromatography, 1163; 2-24.

Hamburger, M., Baumann, D. and Adler, S., 2004, Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Selected Medicinal Plants Effects of High Pressure and Added Ethanol on Yield of Extracted Substances, Journal Phytochemical Analysis, 15: 46.

Ramirez, P., Senorans, F.J. and Ibanez, E., 2004, Separation of Rosemary Antioxidant Compounds by Supercritical Fluid Chromatography on Coated Packed Capillary Columns, Journal Chromatography A, 1057: 241.

Table 1 Physical properties of essential oil from *Litsea petiolata* extracted by SFE.

Pressure (Bar)	Temperature (°C)	Refractive index	Optical rotation	Color		
				L*	a*	b*
200	35	1.362	0.08	67.96[d]	-1.77[c]	7.41[e]
	45	1.364	-0.16	69.71[ab]	-0.98[a]	3.51[g]
	55	1.360	0.02	70.30[a]	-0.95[a]	3.38[g]
300	35	1.361	0.08	69.64[b]	-1.27[d]	11.32[d]
	45	1.330	-0.24	69.55[b]	-1.27[b]	5.18[f]
	55	1.363	0.10	68.73[c]	-3.26[e]	15.08[c]
400	35	1.364	-0.22	67.78[d]	-3.70[f]	16.06[c]
	45	1.361	-0.30	67.63[d]	-4.71[g]	20.86[b]
	55	1.364	0.10	63.24[e]	-4.67[g]	23.60[a]
	F-test	ns	ns	**	**	**

Remark: ** Signification at $p \leq 0.01$; ns = Non Significant

a, b, c,… in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.01$) according to DMRT.

Table 2 Volatile compounds of essential oil from *Litsea petiolata* extracted by SFE.

Compounds	RI*	% Relative peak area									Odor description
		200 Bar			300 Bar			400 Bar			
		35°C	45°C	55°C	35°C	45°C	55°C	35°C	45°C	55°C	
alpha-pinene	937	-	0.95	0.26	0.41	0.48	0.23	0.33	0.04	0.02	pine
beta-pinene	982	-	0.16	-	0.11	0.1	0.06	0.09	0.05	-	turpentine
beta-myrcene	992	-	0.22	-	-	0.14	0.09	0.14	0.12	-	spice
alpha-phellandrene	1010	0.13	1.10	0.45	0.78	0.5	0.33	0.63	-	-	spice
beta-cymene	1027	-	0.23	-	0.32	0.10	0.14	0.25	0.25	0.11	citrus
beta-ocimene	1046	-	0.11	0.07	0.06	0.11	-	0.05	0.96	0.05	sweet
gamma-terpinene	1059	-	0.10	-	0.14	0.09	0.04	0.08	0.51	0.10	turpentine
2-nonanone	1091	0.92	1.73	1.06	1.27	1.35	0.46	-	0.11	0.39	green
2-nonanol	1102	0.32	0.58	0.41	0.27	0.63	0.22	0.26	0.05	0.21	cucumber
alpha-terpineol	1119	0.70	0.37	-	-	-	-	-	-	0.08	mint
citral	1267	-	0.17	0.24	0.16	0.25	0.20	0.16	0.15	0.19	lemon
2-undecanone	1300	72.93	63.6	72.79	57.02	67.10	51.88	51.25	0.32	0.11	fresh green
alpha-cubebene	1353	0.92	0.69	0.48	1.45	0.69	1.16	1.14	0.13	0.13	herb
alpha-copaene	1379	-	2.59	2.53	-	3.26	5.17	4.82	-	0.27	spice
caryophyllene	1430	13.15	15.59	16.73	37.30	19.62	35.55	30.7	0.29	0.05	spice
aromadendrene	1440	-	0.12	0.13	-	-	-	0.24	-	-	wood
valencene	1477	-	0.23	-	-	-	-	-	-	-	green
alpha-farnesene	1505	0.87	6.03	-	-	-	0.37	0.45	-	-	sweet
delta-cadinene	1520	-	0.32	0.39	0.63	0.36	0.6	0.56	96.74	38.86	thyme
cadinadiene	1534	-	0.09	-	-	-	0.14	-	0.28	35.45	fruit
(E)-farnesol	1709	10.07	5.02	4.45	0.08	5.24	3.35	8.86	0.28	23.97	sweet

* Retention time calculated

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 317-320 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 317-320 (2554)

การปรับปรุงธัญพืชหมักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

Improvement of Fermented Cereals for Enhancing the Antioxidant Activities

วรัมพร วงศ์สุดิน[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Vongsudin, W.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The antioxidant activities of fermented maize and soybean germ were evaluated by DPPH free radical scavenging assay (DPPH$^{\bullet}$) and ABTS decolorization scavenging effect assay (ABTS^{+}). It was found that the fermented germinated maize with *Lactobacillus plantarum* for 48 hrs consisted of the greatest phenolic contents at 63.43 mg/100 g and fermented germinated soybean with *L.plantarum* for 24 hrs has the hightest phenolic contents at 83.09 mg/100 g. Their greatest phenolics of fermented germinated cereals with *L. plantarum* resulted in the highest antioxidant activities at 79.18 and 77.66%, respectively. Moreover, antioxidant activities of fermented germinated maize and soybean with *L. plantarum* were greater than those *Lactobacillus brevis, Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae.*

Keywords: maize, soybean, germination, fermentation, antioxidant activity

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณสารฟีนอลิคและประสิทธิภาพของธัญพืชงอกและหมักในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging assay (DPPH$^{\bullet}$) และวิธี และ ABTS decolorization scavenging effect assay (ABTS^{+}) พบว่า ข้าวโพดงอกที่ผ่านกระบวนการงอกและหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่ 48 ชั่วโมง และถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอกและหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 24 ชั่วโมง มีปริมาณฟีนอลิคสูงสุด เท่ากับ 63.43 mg/100g และ 83.09 mg/100g และที่สภาวะการหมักดังกล่าว ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวโพดและถั่วเหลืองงอกและหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* มีประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 79.18 และ 77.66% ตามลำดับ สูงกว่าข้าวโพดและถั่วเหลืองงอกและหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus brevis, Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae*

คำสำคัญ: ข้าวโพด ถั่วเหลือง กระบวนการงอก กระบวนการหมัก สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ธัญพืชเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ประชากรในหลายประเทศนิยมบริโภคธัญพืชเป็นอาหารหลัก เนื่องจากธัญพืชประกอบด้วยสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน และสารพฤกษเคมี (phytochemical compositions) ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิ ได้แก่ วิตามิน สารฟีนอลิก (phenolics) รวมทั้งสาร antioxidants ต่างๆ เช่น สาร gamma-butyric acid (GABA) และ γ-oryzanol ในข้าว ferulic acid ในข้าวโพด phytosterol และ isoflavone ในถั่วเหลือง เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง และเบาหวาน เป็นต้น (Ohta และคณะ, 2000; Wu และคณะ, 2009) แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและสาร antioxidants ในธัญพืชมีปริมาณน้อยเมื่อคิดเทียบปริมาณ 100 กรัมของเมล็ด มีรายงานการวิจัยว่ากระบวนการหมัก สามารถเพิ่ม สารประกอบฟีนอลิค และสาร antioxidants ในธัญพืชได้ (Ngyuen และคณะ, 2008; Lin และคณะ, 2011) โดยการหมักถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *Bacillus subtilis* สามารถเพิ่มปริมาณไขมัน โปรตีน ได้ดีกว่าการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น (Frank และคณะ, 2009) การหมักงาดำด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีน เยื่อใย แร่ธาตุ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และสารประกอบฟีนอลิค และลดปริมาณไขมัน รวมถึงกรดไฟติกได้ (Chang และคณะ, 2002) การหมักข้าวด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* สามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิคสูงกว่าเชื้อราชนิดอื่น (Yen และคณะ, 2003) แต่ยังไม่มีรายงานการวิจัยถึงการศึกษาระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมต่อการหมักข้าวโพดและถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอก เพื่อเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวโพดและถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอกและหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย

[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

Lactobacillus plantarum และ *Lactobacillus brevis* และ เชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae* ที่สภาวะการหมักต่างๆ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในธัญพืชหมักที่ปลูกในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าธัญพืชจากต่างประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 และถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 มาผ่านกระบวนการงอกโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง การเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* และ *Lactobacillus brevis* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth (NB) บ่มที่ 37°C เป็นเวลา 1 วัน ใช้ลูปจุ่มลงใน NB ที่มีเชื้อ และ streak เชื้อลงบน nutrient agar (NA) บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส จนได้เป็นโคโลนีเดี่ยว ใช้ลูปแตะโคโลนีเดี่ยวลงใน NB บ่มที่ 37°C วัดปริมาณเชื้อเริ่มต้น เทียบกับ 0.5 McFarland Standard เพื่อใช้ในกระบวนการหมัก ส่วนการเลี้ยงเชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae* เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose broth (PDB) บ่มที่ 30°C เป็นเวลา 7 วัน ใช้ลูปจุ่มลงใน PDB ที่มีเชื้อ และ streak เชื้อลงบน potato dextrose agar (PDA) บ่มที่ 30°C จนได้เป็นโคโลนีเดี่ยว แตะโคโลนีเดี่ยวลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB เขย่าเป็นเวลา 7 วัน ดูดมา 0.1 มิลลิลิตร สุ่มวัดปริมาณเชื้อเริ่มต้นด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ เพื่อหาปริมาณเชื้อเริ่มต้น และเจือจางให้ได้ปริมาณเชื้อที่ต้องการ

นำข้าวโพดและถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอกมาหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* และ *L. brevis* อัตราส่วน 10 ml ของ NB ต่อ น้ำหนักข้าวโพดและถั่วเหลือง 200 กรัม หมักที่ 37°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยเก็บธัญพืชหมักทุก 12 ชั่วโมง และหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *R. oryzae* ที่ 30°C เป็นเวลา 120 ชั่วโมง โดยเก็บธัญพืชหมักทุก 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาอบที่ 65 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง บดให้ละเอียด วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (total phenolics compounds) และ วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เปรียบเทียบกับข้าวโพดและถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกระบวนการงอกแต่นำมาหมัก

วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal และคณะ (2005) นำตัวอย่าง 3 กรัมสกัดด้วย 80% เมทานอล 30 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 950 ไมโครลิตร เติม 10% Folin-Ciocalteu phenol reagent และ 7.5% Na_2CO_3 ผสมให้เข้ากัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดเทียบจากกราฟมาตรฐานของ gallic acid ที่ช่วงความเข้มข้น 50-400 mg/l

วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตัวอย่าง ด้วยวิธี DPPH free radical scavenging assay ($DPPH^{\bullet}$) ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal และคณะ (2005) โดยเติมตัวอย่างความเข้มข้น 100 μg/l ปริมาตร 1 ml กับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 mM ปริมาตร 3 ml ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และวิธี ABTS decolorization scavenging effect assay ($ABTS^{+}$) ดัดแปลงตามวิธีของ Yang และคณะ (2009) โดยเติมตัวอย่าง 40 μl กับสารละลาย ABTS 4 ml ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

วางแผนการทดลองแบบ factorial ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังผ่านกระบวนการงอกและหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* และ *L. brevis* และเชื้อรา *A. oryzae* และ *R. oryzae* วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค และวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS พบว่า ข้าวโพดงอกและหมักด้วยเชื้อ *L.plantarum* ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง และถั่วเหลืองงอกและหมักด้วยเชื้อ *L.plantarum* ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด มีค่าเท่ากับ 63.43 และ 83.09 mg/100g ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิค อาจเนื่องจากข้าวโพดและถั่วเหลืองมีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิค ผ่าน phenylpropanoid pathway และเชื้อ *L. plantarum* ใช้เอนไซม์ β-glucosidase ที่สร้างขึ้นทำหน้าที่เป็นสารคะตะไลซ์ที่ดีในการสร้างสารประกอบฟีนอลิค (Randhir และคณะ, 2005) แต่เชื้อ *A.oryzae* และ *R.oryzae* ใช้เอนไซม์ glucoamylase ที่สร้างขึ้นในการเป็นสารคะตะไลซ์ ซึ่งอาจมีความจำเพาะต่อกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิค ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในข้าวโพดและถั่วเหลืองงอกและหมักด้วยเชื้อ *L.*

plantarum จึงมีปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับเชื้อสายพันธุ์อื่น (Juan และคณะ, 2010) และเมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของข้าวโพดและถั่วเหลืองงอกและหมัก พบว่า สารสกัดข้าวโพดงอกและหมักที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง (Table 1) และถั่วเหลืองงอกและหมักด้วยที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง (Table 2) ด้วยเชื้อ *L.plantarum* มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เนื่องจากเอนไซม์กลูโคซิเดสที่เชื้อสร้างขึ้น ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสร้างสารที่มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟินอลิคเพิ่มขึ้น โดยข้าวโพดและถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอกและนำมาหมักมีปริมาณสารประกอบฟินอลิคและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวโพดและถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกระบวนการงอกแต่นำมาหมัก โดยให้ผลสอดคล้องกันทั้งวิธี DPPH$^{\bullet}$ และวิธี ABTS^{+} (Moktan และคณะ, 2008)

สรุปผล

สารสกัดข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการงอกและหมักที่ 48 ชั่วโมง และถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอกและหมักที่ 24 ชั่วโมง ด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* มีปริมาณฟินอลิคและมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อเทียบกับการหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus brevis, Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae*

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัทสยามเนเชอรัล โปรดักส์ จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัยทุน สกว.-อุตสาหกรรม และและคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Table 1 Total phenolic contents, DPPH$^{\bullet}$ and ABTS^{+} scavenging effect (%) of fermented germinated maize.

Conditions	Microorganisms	Time	Total phenolic contents	DPPH$^{\bullet}$	ABTS^{+}
Non-germinated Maize			37.03^{b}±3.598	48.02^{b}±3.822	49.33^{b}±3.238
Germinated Maize			52.58^{a}±6.144	64.28^{a}±8.58	57.53^{a}±3.609
F-test			**	**	**
LSD			0.714	0.706	0.549
	L. plantarum		51.49^{a}±10.724	63.40^{a}±12.956	55.24^{a}±6.234
	L. brevis		44.52^{b}±7.945	58.39^{b}±10.19	55.03^{a}±5.05
	A. oryzae		42.3^{c}±8.464	51.06^{c}±6.274	51.33^{c}±4.497
	R. oryzae		40.9^{d}±6.384	51.77^{c}±6.469	52.11^{d}±4.735
	F-test		**	**	**
	LSD		1.010	0.998	0.777
		24 hrs	42.65^{b}±8.739	52.54^{c}±9.011	51.09^{c}±5.507
		48 hrs	45.96^{a}±9.808	57.44^{b}±11.328	85.12^{a}±6.065
		72 hrs	45.81^{a}±9.315	58.48^{a}±10.518	54.06^{b}±3.493
		F-test	**	**	**
		LSD	0.875	0.865	0.673
Non-germinated Maize	*L. plantarum*	24 hrs	41.47^{fg}±0.711	48.23^{lmn}±5.649	45.73^{ij}±4.185
		48 hrs	42.74^{fg}±2.847	53.65^{ij}±0.639	53.8^{cde}±0.983
		72 hrs	40.3^{g}±2.519	53.27^{ij}±0.461	52.89^{e}±0.869
	L. brevis	24 hrs	34.08^{ij}±1.422	45.8^{nop}±0.531	47.99^{g}±1.067
		48 hrs	40.68^{fg}±1.233	51.48^{jk}±0.348	53.26^{de}±0.8061
		72 hrs	36.94^{h}±1.454	49.16^{klm}±1.305	52.34^{ef}±0.221
	A. oryzae	24 hrs	32.28^{j}±0.973	43.59^{pq}±0.401	45.73^{ij}±0.369
		48 hrs	33.91^{j}±0.498	45.22^{opq}±0.904	47.49^{ghi}±0.806
		72 hrs	36.46^{hi}±0.268	47.3^{mno}±2.435	46.76^{g}±0.387
	R. oryzae	24 hrs	33.77^{j}±0.748	43.02^{q}±1.456	45.83^{hij}±0.387
		48 hrs	34.36^{ij}±0.769	45.51^{op}±0.452	47.68^{gh}±0.305
		72 hrs	37.31^{h}±0.59	50.06^{kl}±0.584	50.66^{f}±0.507
Germinated Maize	*L. plantarum*	24 hrs	57.6^{b}±1.976	67.29^{c}±0.321	59.04^{b}±0.815
		48 hrs	63.43^{a}±3.09	79.18^{a}±1.593	64.57^{a}±0.671
		72 hrs	63.42^{a}±3.498	78.75^{a}±0.332	55.69^{c}±1.474
	L. brevis	24 hrs	50.1^{d}±1.434	64.46^{d}±0.559	57.94^{b}±0.585
		48 hrs	54.43^{c}±1.418	70.26^{b}±0.904	63.53^{a}±0.806
		72 hrs	50.9^{d}±0.458	69.16^{bc}±1.132	55.14^{cd}±1.813
	A. oryzae	24 hrs	48.83^{d}±0.186	54.19^{hi}±0.802	52.71^{e}±0.671
		48 hrs	51.13^{d}±0.143	56.35^{gh}±046	55.59^{c}±0.806
		72 hrs	51.21^{d}±0.458	59.71^{ef}±1.406	57.69^{b}±0.293
	R. oryzae	24 hrs	43.1^{f}±0.704	53.75^{ij}±0.352	54.08^{cde}±0.66
		48 hrs	46.95^{e}±0.329	57.83^{fg}±0.688	55.05^{cd}±0.586
		72 hrs	49.92^{d}±0.735	60.45^{e}±0.666	59.35^{b}±0.447
F-test			**	**	**
C.V. (%)			3.365	2.652	2.169
LSD			2.475	2.445	1.903

Remark: ** Signification at $p \leq 0.001$

a, b, c,… in the same column with different letters are not significantly different (**$p\leq0.05$**) according to DMRT.

เอกสารอ้างอิง

Chang. L.W., Yen, W.J., Huangb, S.C. and DerDuh, P., 2002, Antioxidant Activity of Sesame Coat, Food Chemistry, 78: 347–354.

Frank, T., Habernegg, R., Yuan, F.J., Shu, Q.Y. and Engel, K.H., 2009, Assessment of the Contents of Phytic Acid and Divalent Cations in Low Phytic Acid (lpa) Mutants of Rice and Soybean, Food Composition and Analysis, 22: 278–284.

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.

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.

Lin, P.Y. and Lai, H.M., 2011, Bioactive Compounds in Rice During Grain Development, Food Chemistry, 127: 86–93.

Moktan, B., Saha, J. and Sarkar, P.K., 2008, Antioxidant Activities of Soybean as Affected by Bacillus-fermentation to Kinema, Food Research International, 41: 586–593.

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.

Ohta, T., Nakatsugi, S., Watanabe, K., Kawamori, T., Ishikawa, F. and Morotomi, M., 2000, Inhibitory Effects of Bifidobacterium-fermented Soy Milk on 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b] Pyridine-induced Rat Mammary Carcinogenesis, with a Partial Contribution of its Component Isoflavones, Carcinogenesis, 21: 937–941.

Randhir, R. and Shetty, K., 2005, Developmental Stimulation of Total Phenolics and Related Antioxidant Activity in Light- and dark-germinated Corn by Natural Elicitors, Process Biochemistry, 40: 1721–1732.

Wu, J.J., Lina, J.C., Wanga, C.H., Jongb, T.T., Yang, H.L., Hsud, S.L. and Chang, C., 2009, Extraction of Antioxidative Compounds from Wine Lees Using Supercritical Fluids and Associated Anti-tyrosinase Activity, Journal of Supercritical Fluids, 50: 33–41.

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.

Yen, G.C., Chang, Y.C. and Su, S.W., 2003, Antioxidant Activity and Active Compounds Of Rice Koji Fermented with *Aspergillus candidus*, Food Chemistry, 83: 49–54.

Table 2 Total phenolic contents, DPPH$^{\bullet}$ and ABTS^{+} scavenging effect (%) of fermented germinated soybean

Conditions	Microorganisms	Time	Total Phenolic Contents	DPPH$^{\bullet}$	ABTS^{+}
Non-germinated Soybean			53.99^{b}±5.464	58.49^{b}±5.017	55.93^{b}±4.119
Germinated Soybean			73.11^{a}±6.182	70.77^{a}±6.318	62.57^{a}±5.344
F-test			**	**	**
LSD			0.809	0.372	0.353
	L. plantarum		67.06^{a}±14.877	65.49^{b}±11.692	63.78^{a}±7.264
	L. brevis		67.74^{a}±9.605	70.94^{a}±6.388	60.33^{b}±4.23
	A. oryzae		59.55^{b}±8.653	61.44^{c}±4.303	55.29^{d}±3.956
	R. oryzae		59.85^{b}±8.708	60.64^{d}±5.205	57.64^{c}±3.497
	F-test		**	**	**
	LSD		1.144	0.525	0.499
		24 hrs	63.23^{b}±12.092	64.47^{b}±9.39	58.46^{c}±7.026
		48 hrs	62.54^{b}±11.832	64.15^{b}±8.478	59.42^{b}±5.227
		72 hrs	64.89^{a}±10.022	65.26^{a}±7.504	59.865^{a}±5.106
		F-test	**	**	**
		LSD	0.991	0.455	0.432
Non-germinated Soybean	*L. plantarum*	24 hrs	63.03^{hg}±1.391	59.14^{jk}±0.584	64.42^{de}±0.732
		48 hrs	44.73^{o} ±0.692	52.31^{m}±0.658	60.27^{g}±0.883
		72 hrs	54.18^{jk} ±3.9	51.83^{m}±1.81	50.32^{p}±2.24
	L. brevis	24 hrs	54.73^{j}±0.707	66.54^{e}±0.376	53.69^{mno}±0.663
		48 hrs	61.97^{h} ±1.394	64.93^{f}±0.266	58.61^{hi}±1.13
		72 hrs	59.42^{i} ±0.695	63.42^{gh}±0.362	57.6^{ij}±0.724
	A. oryzae	24 hrs	49.21^{mn} ±0.255	54.5^{l}±0.182	50.27^{p}±0.305
		48 hrs	51.11^{lmn} ±0.28	58.44^{k}±1.391	53.1^{o}±0.61
		72 hrs	53.72^{jkl} ±1.045	60.28^{j}±0.742	56.27^{jk}±0.592
	R. oryzae	24 hrs	48.35^{n} ±0.582	52.87^{m}±0.627	53.34^{no}±0.305
		48 hrs	51.71^{klm} ±0.611	55.42^{l}±0.989	54.86^{lm}±0.305
		72 hrs	55.73^{j} ±1.256	62.15^{hi}±1.221	58.37^{hi}±0.447
Germinated Soybean	*L. plantarum*	24 hrs	83.09^{a} ±5.794	77.66^{b}±0.592	71.84^{a}±0.882
		48 hrs	77.57^{bc} ±2.577	76.1^{c}±0.923	68.57^{b}±1.329
		72 hrs	79.76^{b} ±3.104	75.92^{cd}±1.206	67.01^{c}±1.079
	L. brevis	24 hrs	77.52^{bc} ±0.742	79.48^{a}±0.348	63.48^{ef}±0.585
		48 hrs	77.16^{bc} ±1.429	76.58^{bc}±0.438	65.56^{d}±0.631
		72 hrs	75.64^{c}±0.712	74.67^{d}±0.438	63.05^{f}±0.585
	A. oryzae	24 hrs	65.78^{fg}±0.74	63.9^{fg}±0.78	54.61^{mn}±0.528
		48 hrs	67.63^{ef}±0.371	65.06^{f}±0.365	54.71^{lm}±0.514
		72 hrs	69.87^{de}±0.58	66.43^{e}±0.46	62.76^{f}±0.514
	R. oryzae	24 hrs	64.11^{gh}±0.391	61.68^{i}±1.158	56.03^{kl}±0.592
		48 hrs	68.44^{def}±0.392	64.35^{fg}±0.522	59.69^{h}±0.737
		72 hrs	70.77^{d}±1.417	67.36^{e}±0.989	63.54^{ef}±0.293
F-test			**	**	**
C.V. (%)			2.683	1.212	1.256
LSD			3.003	1.361	1.355

Remark: ** Signification at $p \leq 0.001$

a, b, c,… in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระของถั่วแดงงอกหลังผ่านกระบวนการหมัก

Change of Nutritional Value and Antioxidant Activity of Fermented Germinated Red Kidney Bean

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 change of nutritional value and antioxidant activity of fermented germinated kidney bean, although germination process brought about an increase in the content of protein, crude fiber vitamin phenolic and antioxidant capacity, its process decreased fat and carbohydrate content. The germinated kidney bean was then fermented processed with the 10^6 cfu/ml of two microbials were need at 10% v/w microbial from bacterial. It was found that protein, fiber, vitamin B1, GABA and phenolic compound were greater than the control or non-fermented germinated kidney bean. *Bifidobacterium longum* at 37°c and fungus *Aspergillus oryzae* at 30°c, after fermentation from germinated kidney bean found the content of protein, crude fiber vitamin phenolic and antioxidant capacity but decrease in the content of fat and carbohydrate.

Keywords: kidney bean, nutrition, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระของถั่วแดงหลังผ่านกระบวนการงอกและหมัก โดยพบว่าสารอาหารและความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าถั่วแดงหลวงหลังผ่านกระบวนการงอกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณโปรตีน เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ ปริมาณของวิตามินบี 1 สาร GABA และฟีนอลิค เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วแดงที่ยังไม่ผ่านกระบวนการงอกประมาณ จากนั้นนำถั่วแดงงอกไปหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bifidobacterium longum* บ่มที่อุณหภูมิ 37°c และเชื้อรา *Aspergillus oryzae* บ่มอุณหภูมิ 30°c โดยใช้ความเข้มข้นของเชื้อ เท่ากับ 10^6 cfu/ml 10% v/w พบว่าสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระเช่น ปริมาณของโปรตีน เยื่อใย วิตามินบี 1 สาร GABA และปริมาณฟีนอลิคเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 2-5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วแดงงอกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการงอกและกระบวนการหมัก

คำสำคัญ: ถั่วแดง คุณค่าทางสารอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ

Introduction

Kidney bean is important components of the daily diet, providing carbohydrates, protein, dietary fibre (DF) and many vitamins. Whole grains of kidney beans are also rich in vitamins, especially B vitamins, and good sources of minerals, particularly trace minerals. Whole grains are also sources of many phytochemicals, including phenolic compounds, antioxidants, and GABA (Miller *et al.*, 2000). The bioactive components of whole grains are being intensively studied for their effects on health. These compounds vary widely in their chemical structure and function and therefore, many possible mechanisms have been postulated but the major drawback if cereal is their low nutrition and antioxidant content. Therefore, optimization of phytochemical substances in cereals will be considered. There are three techniques which are plant breeding, pre-harvest technology and postharvest technology such as germination and fermentation processes. Germination is achieved by soaking the whole kernel of kidney bean 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. Fermentation is the

[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

action of microorganisms, and used to produce alcoholic beverages such as wine, beer. Fermentation is also used for making bread, and for preservation techniques to create lactic acid in sour foods.

Fermentation is one of the oldest and most economical methods of producing and preserving food (Billings, 1998; Chavan and Kadam, 1989). In addition, fermentation provides a natural way to reduce the volume of the material to be transported, to destroy undesirable components, to enhance the nutritive value and appearance of the food, to reduce the energy required for cooking and to make a safer product (Simango, 1997). Therefore this study aim to Change of Nutritional value and antioxidant activity of fermented germinated red kidney bean

Materials and Methods

Plant material: Cereal 'Luang' kidney bean (***Phaseolus vulgaris***) were harvested in 2010. Seeds were stored in a cool room at 4°c prior to processing.

Microorganism: *Aapergillus oryzae* and *Bifidobacterium longum* were supplied by Thailand Institute of Scientific and Technology Research (TISTR).

Germination method: This method will be followed Kerdchoechuen *et al.* (2009). 'Luang' kidney bean, 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. Five microbial strains will be observed. These are *R. oryzae* and *Bifidobacterium longum*. Fermentation procedure will be varied: 1) ratio of microbial and cereals at 10% v/w fermentation time 0 and 12 hr temperature at 30°C for mold and 37°C for bacteria.

Proximate method: Proximate analysis Moisture, crude protein, fat, crude fiber and ash contents were determined by the standard procedures of the AOAC (1990). Carbohydrates were calculated by difference, and energy content by multiplying the protein, fat and carbohydrates by factors of 4, 9 and 4, respectively.

The total of phenolic compound: TPC of extracts is determined using the Folin–Ciocalteu reagent Extract 1 ml is mixed 5 ml of 10% Folin–Ciocalteu reagent. After that, 4 ml of 7.5% (w/v) sodium carbonate is added. The mixture is incubated for 2 hrs in 20°C water bath and left at room temperature for 30 min after that the mixture is measured at 760 nm by a spectrophotometrically. The concentration of total phenolic contents is expressed as milligrams of gallic acid equivalents (GAE) per gram of rice sample Vitamin B1 analyses.

Vitamin B1: Kidney bean flour (0.5 g) is extracted with 50 ml of distilled water and filtered through filter paper. A 1.5 ml of the filtrate is adjusted to 50 ml with distilled water. One milliliter of the extract is mixed with 1.5 ml of NH_4Cl-NH_3H_2O buffer and 1 ml of 1% Triton X-100 and adjusted to 10 ml with distilled water. Then two to three drops of 0.05% phenol red is added and shaked for 10 minute. The mixture is measured colorimetrically with a spectrophotometer at the wavelength 427 nm (120).

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

Results and Discussion

The major nutrient composition (protein, fat, fiber, ash and carbohydrate) of kidney bean, germinated kidney bean and fermented germinated kidney bean, are presented in Table 1. It was kidney bean had protein, fat, crude fiber, ash and carbohydrate content lowest compared with germinated kidney bean and fermented germinated kidney bean about 21.68, 1.74, 1.34, 4.96 and 71.62 respectively. After germination process kidney bean found to contain higher than of protein content about 28.26% 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 1.52, 1.02, 4.88 and 65.34 respectively. And last chemical composition of kidney bean Fermented germinated kidney bean by 2 microbial strains resulted in a greater amount of protein than kidney bean control and germinated kidney bean. Crude fiber fat, ash and carbohydrate of germinated kidney bean by fermentation had lower than control kidney bean because there are the microorganisms used in the mechanism of growth.

Table 2 shown the amount of vitamin B1 of was highest when germination and fermented with microbial 2 strains ratio of 10% w/v and fermented with *aspergillus oryzea* at 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 (Bartolome and Gomez-Cordoves, 1999) same as GABA and total phenolic content. GABA content in germinated kidney bean was higher than the control kidney bean and when incubated with 2 microbial strains, the amount of GABA increased 1-2 fold compared with the control kidney bean. Total phenolic in germinated kidney bean by fermentation higher than control, except in fermented germinated kidney bean with 10% *Bifidobacterium longum* did not differ from germinated and control kidney beans

Summary

Kidney bean was germination process brought about an increase in the content of protein, crude fiber vitamin phenolic and antioxidant capacity, its process decreased fat and carbohydrate content. The germinated kidney bean was found that protein, fiber, vitamin B1, GABA and phenolic compound were greater than the control or non-fermented germinated kidney bean, after fermentation from germinated kidney bean found the content of protein, crude fiber vitamin phenolic and antioxidant capacity but decrease in the content of fat and carbohydrate.

Acknowledgment

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Edution Commission

Literature 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, Afr. J. Biotechnol., 7: 2310.

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. 2. *In vitro* antioxidant activity and contents of Phenolic and Tocol Antioxidants. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(12): 4894–4898

Hamad, A.M. and Fields, M.L., 1979, Evaluation of the Protein Quality and Available Lysine of Germinated and Fermented Cereals, Journal of Food Science, 44: 446–459.

Katina, K., Laitila, A., Juvonen, R., Liukkonen, K-H., Kariluoto, S., Piironen, V., Lindbergh, R., Armand, P. and Poutanen, K., 2007, Bran Fermentation as a Means to Enhance Technological Properties and Bioactivity of Rye, Food Microbiology, 24: 175–186.

Miller, H.E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A. and Kanter, M., 2000, Whole-grain Products and Antioxidants, Cereal Food World, 45: 59–63.

Table 1 Chemical composition (% dry basis) of kidney bean.

Cereal	yield				
	protein	fat	crude fiber	ash	carbohydrate
kidney bean (raw material)	21.68	1.74	1.34	4.96	71.62
germinated kidney bean	28.26	1.52	1.02	4.88	65.34
fermented germinated kidney bean (*Bifidobacterium longum*)	29.62	1.43	0.91	4.68	64.27
fermented germinated kidney bean (*Aapergillus oryzae*)	29.79	1.42	0.97	4.73	65.13

Table 2 Total phenolic content of vitamin B1, GABA and antioxidant properties of kidney bean

cereal	mg/100g		
	GABA	vitamin B1	Total Phenolic
kidney bean (raw material)	1.59	4.96	14.64
germinated kidney bean	9.56	14.88	27.95
fermented germinated kidney bean (*Bifidobacterium longum*)	15.05	18.44	41.38
fermented germinated kidney bean (*Aapergillus oryzae*)	16.00	18.41	39.54

อิทธิพลของวิธีการสกัดต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของพอลิแซคคาไรด์ จาก *Ulva intestinalis*

Effect of Extraction Methods on Physicochemical Characteristics of Polysaccharide from *Ulva intestinalis*

นภัสสร เพียสุระ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

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

Abstract

This research was studied the effect of the extraction methods on chemical properties of the polysaccharide from *Ulva intestinalis* by water at 40°C, 60°C and 80°C for 1, 3 and 5 h and alkali (NaOH) at concentration 0.001 N (pH11) and 0.1 N (pH14) for 2 and 4 h, extraction time 80°C. For water extraction, when extraction time and temperature increased the amount of polysaccharide extracted was increased. Water extraction at 80°C for 5 hours gave the highest yield was 12.49 % and alkali extraction at 0.001 N (pH11) for 2 hours gave the highest yield was 9.99. Total sugar gave the highest amount at 80°C for 1h was 48.85 (g/100g) and alkali extraction was 50.19 (g/100g) at 0.001N (pH11) for 4 hours. Sulphate content extracted by water at 80°C for 5 h gave the highest amount was 3.33% and alkali extraction at 0.1N for 4 h was 4.47. However, water extraction gave the higher yield than alkali extraction but total sugar and sulphate content by alkali extraction was higher amount than water extraction. In addition color of polysaccharide were extracted with water had a brighter green more than extracted alkali when the pH of the extraction were increase color of the polysaccharide was growing darker.

Keywords: polysaccharide, *Ulva intestinalis*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของวิธีการสกัดต่อคุณสมบัติทางกายภาพเคมีของพอลิแซคคาไรด์จาก *Ulva intestinalis* ด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 40°C, 60°C และ 80°C เวลาในการสกัด 1, 3 และ 5 ชั่วโมง และด่าง (NaOH) ที่ความเข้มข้น 0.001 นอร์มัล (pH11) และความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (pH14) เวลาในการสกัด 2 และ 4 ชั่วโมง อุณหภูมิการสกัด 80°C พบว่า การสกัดด้วยน้ำเมื่อเวลาและอุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้มีค่าสูงขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิสกัด 80°C นาน 5 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 12.49 ส่วนการสกัดด้วยด่าง พบว่าที่ความเข้มข้น 0.001 นอร์มัล (pH11) นาน 2 ชั่วโมง มีปริมาณพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 9.99 ปริมาณน้ำตาลมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิในการสกัดด้วยน้ำเท่ากับ 80°C เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง เท่ากับ 48.85 (g/100g) และการสกัดด้วยด่างที่ความเข้มข้น 0.001นอร์มัล (pH11) นาน 4 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 50.19 (g/100g) ปริมาณซัลเฟตที่สกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C นาน 5 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 3.33 และการสกัดด้วยด่างที่ความเข้มข้น 0.1N นาน 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.47 โดยการสกัดด้วยน้ำให้ปริมาณพอลิแซคคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยด่าง แต่ปริมาณน้ำตาลและปริมาณซัลเฟตจากการสกัดด้วยด่างมีค่าสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ สีของพอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำมีสีเขียวสว่างกว่าพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดด้วยด่าง โดยพบว่าเมื่อ pH ของการสกัดเพิ่มขึ้น พอลิแซคคาไรด์ที่ได้มีสีคล้ำมากขึ้น

คำสำคัญ: พอลิแซคคาไรด์ สาหร่ายไส้ไก่

คำนำ

Ulva intestinalis จัดเป็นสาหร่ายสีเขียวที่สามารถพบได้ในน้ำเค็มจนถึงน้ำกร่อย และไม่ค่อยมีการนำมาใช้ประโยชน์ (Mabeau และ Fleurence, 1993) Ray และ Lahaye (1995) รายงานว่า สาหร่ายชนิดนี้มีพอลิแซคคาไรด์เป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 38-54 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ พอลิแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ และส่วนที่ละลายน้ำไม่ได้ จากการศึกษาของ Lahaye และ Rubic (2007) พบว่าพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายสีเขียวที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกันมีคุณสมบัติทางกายภาพเคมี เช่น %yield และ สี ต่างกัน เป็นต้น และยังมี

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี 83 หมู่ 8 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10105

[1] Biochemical Technology School of Bioresources and Technology 83 Moo 8 Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ความสามารถในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจ เช่น เป็นสารต้านการอักเสบ และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Ivanova และคณะ, 1994) ซึ่งวิธีการสกัดพอลิแซคคาไรด์โดยทั่วไปใช้น้ำ ที่อุณหภูมิประมาณ 80-90°C ปริมาณพอลิแซคคาไรด์ที่ได้ประมาณร้อยละ 8-29 ของน้ำหนักแห้ง (Lahaye, 2007) การใช้สารละลายกรดในการสกัด โดยกรดไปตัดหมู่ฟังก์ชันที่ต่อกับพอลิแซคคาไรด์ ทำให้ได้องค์ประกอบที่ต่างกัน (Aspinall, 1977) ส่วนการสกัดด้วยด่างใช้สกัดพอลิแซคคาไรด์ที่ไม่สามารถย่อยด้วยกรดได้ (Whistler และ BeMiller, 1993) โดยพอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน มีคุณสมบัติทางกายภาพเคมีที่ต่างกันด้วย (Aspinall, 1977) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาอิทธิพลของวิธีการสกัดต่อคุณสมบัติทางกายภาพเคมีของพอลิแซคคาไรด์จาก *Ulva intestinalis*

อุปกรณ์และวิธีการ

Ulva intestinalis บดละเอียดขนาด 80 เมช จากจังหวัดปัตตานี นำมาสกัด 2 วิธีการ คือสกัดด้วยน้ำ และด่าง โดยการสกัดด้วยน้ำ แปรอุณหภูมิการสกัดที่ 40°C, 60°C และ 80°C และแปรเวลาการสกัด 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ส่วนการสกัดด้วยด่าง (NaOH) แปรความเข้มข้นด่างที่ 0.001 นอร์มัล (pH11) และ 0.1 นอร์มัล (pH14) แปรเวลาการสกัด 2 และ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิการสกัด 80°C การสกัดทั้ง 2 วิธี ใช้ปริมาณสาหร่าย 10 กรัม โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายและตัวทำละลายเท่ากับ 1:20 ๖(%w/W) หลังจากนั้นกรองผ่านไนล่อนขนาด 80 เมช แยกตะกอนและส่วนใส โดยนำส่วนใสมาตกตะกอนด้วยเอธานอล 95% ปริมาตร 3 เท่าของสารสกัด ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน หลังจากนั้นระเหยเอธานอลออก นำตะกอนพอลิแซคคาไรด์ ที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บดละเอียด เก็บใส่ขวดสีชา นำพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้ มาวิเคราะห์ % yield ของพอลิแซคคาไรด์หยาบ (crude polysaccharide) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ด้วยวิธี phenol-sulfuric acid (Dubois และคณะ,1956) ปริมาณซัลเฟต (AOAC, 2000) และวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter การสกัดพอลิแซคคาไรด์ด้วยน้ำ วางแผนการทดลองแบบ 3X3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ส่วนการสกัดด้วยด่าง วางแผนการทดลองแบบ 2X2 Factorial in CRD ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนและความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS program (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Ulva intestinalis การสกัดด้วยน้ำเมื่อเวลาและอุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น % yield ของพอลิแซคคาไรด์หยาบที่สกัดได้มีค่าสูงขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 80°C นาน 5 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 12.49 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ ร้อยละ 4.98 ที่อุณหภูมิ 40°C นาน 1 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการสกัดนานขึ้น โดย %yield ของพอลิแซคคาไรด์หยาบมีค่ามากที่สุด เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเท่ากับ 80°C (Table 1) เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสาร (mass transfer) มากขึ้น โดยทำให้ผนังเซลล์แตกออกจากกันมากขึ้น ส่งผลให้ได้ปริมาณพอลิแซคคาไรด์ที่ได้สูงขึ้น (Qiao และคณะ, 2009) ปริมาณน้ำตาลมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิในการสกัดด้วยน้ำเท่ากับ 80°C เวลาในการสกัด 1ชั่วโมง เท่ากับ 48.85 (g/100g) ส่วนปริมาณซัลเฟต ที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C นาน 5 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.33 และมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.77 ที่อุณหภูมิการสกัด 40°C นาน 1 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนการสกัดด้วยด่าง พบว่าที่ความเข้มข้น 0.001 นอร์มัล (pH11) นาน 2 ชั่วโมง ได้ %yield ของพอลิแซคคาไรด์หยาบที่สกัดได้สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 9.99 และการสกัดด้วยด่างที่ความเข้มข้น 0.001นอร์มัล (pH11) นาน 4 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 50.19 (g/100g) และปริมาณซัลเฟตที่ได้จากการสกัดด้วยด่างที่ความเข้มข้น 0.1N นาน 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.47 และมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.3 ที่ความเข้มข้นของด่างในการสกัด 0.001N นาน 4 ชั่วโมง (Table 2) โดยการสกัดด้วยน้ำให้ปริมาณพอลิแซคคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยด่าง และปริมาณน้ำตาลจากการสกัดด้วยด่างมีค่าสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตของพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากการสกัดด้วยน้ำและด่างพบว่า การสกัดด้วยด่างให้พอลิแซคคาไรด์ที่มีปริมาณซัลเฟตสูงกว่า เนื่องจากด่างสามารถตัดพันธะของหมู่ซัลเฟตที่ต่ออยู่กับหมู่ไฮดรอกซีและ หมู่คาร์บอกซิลิกของ sulphated ได้ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำ ทำให้ sulphated polysaccharide ที่สกัดด้วยด่างมีปริมาณซัลเฟตมากกว่าการสกัดด้วยน้ำ (Whistler และ BeMiller, 1993) และเมื่อความเข้มข้นของด่างสูงขึ้นประสิทธิภาพการตัดพันธะสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนสีของพอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำมีสีเขียวสว่างกว่าพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดจากด่าง โดยพบว่าเมื่อ pH ของการสกัดเพิ่มขึ้นสีของพอลิแซคคาไรด์คล้ำมากขึ้น (Table 3 และ 4)

สรุปผล

การสกัดพอลิแซคคาไรด์ด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C นาน 5 ชั่วโมง มี %yield ของพอลิแซคคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยด่างที่ความเข้มข้น 0.001N นาน 2 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 12.49 และ ร้อยละ 9.99 ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำตาล และปริมาณซัลเฟตจากกการสกัดด้วยด่างมีค่าสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ โดยปริมาณน้ำตาลมีค่าสูงสุดเท่ากับ 48.85g/100g ที่อุณหภูมิ 80°C เวลาในการสกัด 1ชั่วโมง และสกัดด้วยด่าง ที่ความเข้มข้น 0.001N นาน 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 50.19 g/100g ปริมาณซัลเฟต สูงสุดที่ได้จากการสกัดด้วยด่างที่ความเข้มข้น 0.1N นาน 4 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 4.47 และสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C นาน 5 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.33

เอกสารอ้างอิง

A0AC, 2000, Association of official analytical chemists 14^{th}, Association of official analytical chemists Washington D.C.

.Aspinall, D. and Dagless, E.L., 1977, Introduction to Microprocessor. Book illustrated 162 pages.

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

Ivanova, V., Rouseva, M., Bobin-Dubin-Dubigeon, C. and Quemener, B., 1998, Functional Properties of No-Digestible Carbohydrates, France, Nantes: INRA., pp. 32-45.

Lahaye, M. and Robic, A., 2007, Structure and Functional Properties of Ulvan, a Polysaccharide from Green Seaweeds, Journal of Biomacromolecules, 8: 1765-1774.

Mabeau, S. and Fleurence, J., 1993, Seaweed in Food Products: Biochemical and Nutritional Aspects, Trends in Food Science and Technology, 4: 103-107.

Qiao, Y., Minematsu, N. and Hirose, K., 2009, On Invariant Structural Representation for Speech Recognition: Theoretical Validation and Experimental Improvement, In INTERSPEECH-2009, 3055-3058.

Ray, B. and Lahaye, M., 1995, Cell-wall Polysaccharide from the Marine Green Algae *Ulva rigida* (Ulvaless, Chlorophyta)-2 Chemical structure of ulvan, Carbohydrate Research, 274: 313-318.

Whistler, R.L. and BeMiller, J.N., 1993, Industrial Gums; Polysaccharides and their Derivatives, 3rd Academic Press, London.

Table 1 %Yield of crude polysaccharide,Total sugar and sulphate content by water extraction at 40°C, 60°C and 80°C for 1,3 and 5 hours

Temperature	Time	%Yield	Total sugar (g/100g)	Sulphate content
40°C	1	$4.94±0.27^{e}$	$17.01±2.24^{d}$	$0.76±0.07^{e}$
	3	$5.76±0.79^{e}$	$17.67±2.28^{d}$	$0.76±0.03^{e}$
	5	$7.33±0.95^{d}$	$25.57±1.64^{c}$	$0.91±0.02^{ed}$
60°C	1	$7.58±0.74^{cd}$	$26.87±1.77^{c}$	$0.83±0.02^{e}$
	3	$8.55±0.21^{cd}$	$28.42±0.36^{c}$	$0.81±0.02^{e}$
	5	$8.69±0.88^{c}$	$27.14±1.53^{c}$	$1.05±0.02^{d}$
80°C	1	$11.29±0.43^{ab}$	$48.85±2.51^{a}$	$1.77±0.06^{c}$
	3	$11.0±0.21^{b}$	$43.32±1.99^{b}$	$2.66±0.03^{b}$
	5	$12.49±1.26^{a}$	$44.26±3.15^{a}$	$3.33±0.33^{a}$
F-test		*	**	**
C.V%		8.45	6.72	8.18
L.S.D		1.25	3.57	0.02

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

Table 2 %Yield of crude polysaccharide,Total sugar and sulphate content by alkali extraction at 0.001N (pH 11) and 0.1N (pH 14) for 2 and4 hours, extraction temperature 80°C.

Temperature	Time	%Yield	Total sugar (g/100g)	Sulphate content
0.1N	2	$7.41±0.52^{b}$	$39.77±0.34^{c}$	$4.46±0.43^{a}$
	4	$7.04±0.27^{b}$	$39.94±0.64^{c}$	$4.47±0.21^{a}$
0.001N	2	$9.99±0.75^{a}$	$47.96±1.16^{b}$	$3.53±0.35^{b}$
	4	$7.51±0.43^{b}$	$50.19±0.24^{a}$	$3.3±0.17^{b}$
F-test		**	**	**
C.V%		6.58	1.56	1.32
L.S.D		0.99	1.31	1.29

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

Table 3 Color of crude polysaccharide by water extraction at 40°C, 60°C and 80°C for 1,3 and 5 hours

Temperature	Time	L^*	a^*	b^*
40°C	1	$62.48±0.32^{e}$	$0.22±0.01^{d}$	$7.3±0.15^{a}$
	3	$63.31±0.12^{d}$	$0.22±0.01^{d}$	$7.63±0.15^{a}$
	5	$65.65±0.37^{c}$	$0.46±0.02^{a}$	$5.13±0.15^{b}$
60°C	1	$66.29±0.14^{b}$	$0.38±0.02^{b}$	$4.56±0.42^{b}$
	3	$67.41±0.42^{a}$	$0.47±0.02^{a}$	$4.95±1.75^{b}$
	5	$63.43±0.35^{d}$	$0.27±0.02^{c}$	$6.79±0.56^{a}$
80°C	1	$58.41±0.45^{g}$	$0.39±0.01^{b}$	$7.42±0.32^{a}$
	3	$600.06±0.15^{f}$	$0.46±0.01^{a}$	$7.29±0.19^{a}$
	5	$58.54±0.35^{g}$	$0.38±0.07^{b}$	$7.51±0.07^{a}$
F-test		**	**	**
C.V%		0.51	7.75	9.9
L.S.D		0.55	0.05	1.11

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

Table 4 Color of crude polysaccharide by alkali extraction at 0.001N (pH 11) and 0.1N (pH 14) for 2 and 4 hours, extraction temperature 80°C

Concentration	Time	L^*	a^*	b^*
0.1N	2	$65.52±0.41^{a}$	$0.65±0.04^{b}$	$7.48±0.15^{c}$
	4	$62.34±0.14^{b}$	$1.20±0.04^{a}$	$12.0±0.04^{b}$
0.001N	2	$61.63±0.37^{b}$	$1.23±0.07^{a}$	$14.54±0.35^{d}$
	4	$65.65±0.16^{a}$	$1.27±0.02^{a}$	$10.58±0.42^{a}$
F-test		**	**	**
C.V%		0.46	4.39	2.44
L.S.D		0.39	0.06	0.37

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

ความสามารถในการต้านจุลินทรีย์และต้านสารอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรไทยสกัดแยกส่วนในวงศ์ Combretaceae และ Caesalpiniaceae

Antimicrobial and Antioxidant Activity of Thai Medicinal Plants in Families Combretaceae and Caesalpiniaceae

รัชนี ไสยประจง[1] **และ ธีรวุฒิ หวังอำนวยพร**[1]

Saiprajong, R.[1] and Wang-amnauyporn, T.[1]

Abstract

The aim of this research is to study of antimicrobial and antioxidant activity from 2 families of Thai medicinal plants in Combretaceae and Caesalpiniaceae family. The Combretaceae and Caeslpiniaceae family were studied by fractional extraction with n-hexane, dichloromethane, ethyl acetate and methanol respectively. The antimicrobial activity found that crude hexane, crude dichloromethane and crude ethyl acetate had not or rather low antimicrobial activity. For the methanol extract had potentiality antimicrobial activity. The Combretaceae family can inhibit specific gram positive bacteria while the Caesalpiniaceae inhibit all microorganisms but exhibited very high activity in gram positive bacteria. In minimum inhibition concentrations for *S.aureus* found that *Caealpinia sappan* L. has lowest MICs (6.3 mg/ml). For *B. cereus Senna garrettiana* Craib. has lowest MICs (3.1 mg/ml). The EC_{50} of antioxidant activity test showed *Terminalia chebula* Retz. was lowest (0.2 μg/ml)

Keywords: Thai medicinal plant, antimicrobial activity, antioxidant activity, EC_{50}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของสารสกัดสมุนไพรไทยแยกส่วนในวงศ์Combretaceae และ Caesalpiniaceae ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และต้านสารอนุมูลอิสระ โดยนำสมุนไพร 10 ชนิดมาสกัดแยกส่วนด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด โดยเริ่มจาก เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอธิล อะซิเตท และเมธานอลตามลำดับ จากนั้นนำสารสกัดแยกส่วนที่ได้แต่ละส่วนไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 6 ชนิด ได้แก่ *Bacillus cereus* TISTR687, *Escherichia coli* TISTR780, *Salmonella* Typhimurium TISTR292, *Pseudomonas aeruginosa* TISTR781, *Staphylococcus aureus* TISTR118, และ *Candida albicans* TISTR5779 พบว่า สารสกัดเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอธิล อะซิเตท จากสมุนไพรทั้ง 2 วงศ์ ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 6 ชนิด ส่วนสารสกัดเมธานอล พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 6 ชนิดได้ดี โดยพบว่าสารสกัดแยกส่วนจากสมุนไพรในวงศ์ Combretaceae มีฤทธิ์ยับยั้งได้เฉพาะแบคทีเรียแกรมบวก ส่วนสารสกัดจากวงศ์ Caesalpiniaceae มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทุกประเภทแต่จะมีประสิทธิภาพสูงมากในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก จึงได้นำสารสกัดแยกส่วนเมธานอลจากสมุนไพรทั้ง 2 วงศ์ มาศึกษาต่อโดยนำมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้(Minimum concentration inhibitory; MIC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ฝางให้ค่า MICs สำหรับเชื้อ *Staph. aureus* เท่ากับ 6.3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วนแสมสารให้ค่า MICs สำหรับเชื้อ *B. cereus* เท่ากับ 3.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร การหาค่า EC_{50} ของความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ พบว่า สมอไทยให้ค่าต่ำสุดคือ 0.2 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

คำสำคัญ: พืชสมุนไพรไทย การต้านจุลินทรีย์ การต้านสารอนุมูลอิสระ EC_{50}

บทนำ

เนื่องมาจากผู้บริโภคในปัจจุบันนิยมใช้สารสกัดจากธรรมชาติในการบริโภคในรูปแบบต่างๆ มากขึ้นๆ เช่น ยารักษาโรค สารกันเสียในอาหารหรือเครื่องดื่ม เครื่องสำอาง สิ่งของเครื่องที่ใช้กับร่างกายหรืออื่นๆ มาแทนที่สารเคมีที่มี

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce Vibhavadee Rangsit Road Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

อันตรายต่อผู้บริโภค และมีราคาสูง มีการศึกษาวิจัยนำสารสกัดจากธรรมชาติเช่น จากพืช ผักสมุนไพรไทย มาใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เนื่องจากมีความปลอดภัยสูงเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ ลดการใช้สารเคมี และเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนามูลค่าเพิ่มของพืชสมุนไพรไทยให้สูงและยั่งยืนยิ่งขึ้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารสกัดแยกส่วนของพืชสมุนไพรในวงศ์ Combretaceae และ Caesalpiniaceae โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์สำคัญที่ปนเปื้อน และก่อให้เกิดโรคในอาหาร และมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระในอาหารควบคู่กัน

อุปกรณ์และวิธีการ

สมุนไพรที่ใช้ในการทดลองได้แก่สมุนไพรในวงศ์ Combretaceae ได้แก่ สมอดีงู สมอไทย เล็บมือนาง แฟบ และสะแกนา และ วงศ์ Caesalpiniaceae ได้แก่ ฝาง คูน แสมสาร ขี้เหล็กบ้าน และ ขี้เหล็กเลือด เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้แบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Staphylococcus aureus* TISTR 118 และ *Bacillus cereus* TISTR 687 แบคทีเรียแกรมลบได้แก่ *Escherichia coli* TISTR 780 *Salmonella* Typhimurium TISTR 292 และ *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781 ยีสต์ ได้แก่ *Candida albicans* TISTR 5779

นำสมุนไพรทั้ง 10 ตัวอย่าง มาสกัดแยกส่วนโดยใช้เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอธิลอะซิเตท และ เมทานอล ตามลำดับ สารสกัดที่ได้ในแต่ละขั้นตอนนำไปประเหยด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ที่อุณหภูมิ 40 C ความเร็ว 100 รอบต่อนาที จนกระทั่งไม่มีสารระเหยออกมาอีก เก็บขวดสีชา นำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพเบื้องต้นในการยับยั้งจุลินทรีย์และการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย(Minimum inhibition concentrations (MICs))

(ดัดแปลงจาก Murray และคณะ, 1999; NCCLS, 2001)

นำแผ่นกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.0 มิลลิเมตร ที่มีสารสกัดสมุนไพรที่เตรียมไว้แล้วมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ แข็ง Mueller Hinton agar(MHA, Difco, USA) ที่กระจายเชื้อทั่วทั้งจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับ *C. albicans* บ่มไว้ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สำหรับ negative control คือแผ่นกระดาษชุบ 95% เอธานอล และ positive control คือ แผ่นกระดาษกรองที่มียาปฏิชีวนะ tetracycline และ chloramphenicol (BBL, USA) หลังจากบ่ม ทำการวัดผลโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณที่เชื้อไม่เจริญ (inhibition zone) เป็นมิลลิเมตร

นำสารสกัดสมุนไพรแยกส่วนมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีความไวต่อสารสกัดสมุนไพรแยกส่วน โดยเตรียมสารสกัดสมุนไพรแยกส่วนที่ได้คัดเลือกมาแล้วให้มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียตามวิธีดัดแปลงจาก NCCLS, 2001

การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดในสมุนไพรที่สกัดจากตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกัน

ดัดแปลงจาก Masuda และคณะ (1999) และ Maisuttisakul และคณะ (2007)

การศึกษาความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity นำสารสกัดแยกส่วนที่ได้คัดเลือกไว้มาละลายในตัวทำละลายเมทานอล ให้มีความเข้มข้นของสารสกัดเริ่มต้นเป็น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการเจือจางเป็นลำดับส่วน หลังจากเติมสารละลาย DPPH 10 mM ในเมทานอล บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า EC_{50} ของสารสกัดสมุนไพร

ผลการทดลอง

การสกัดแยกส่วนสารออกฤทธิ์ในสมุนไพร

จากการนำสมุนไพรในวงศ์ Combretaceae ได้แก่ สมอดีงู สมอไทย เล็บมือนาง สะแกนา และ แฟบ และสมุนไพรในวงศ์ Caesalpiniaceae ได้แก่ ฝาง คูน แสมสาร ขี้เหล็กบ้าน และขี้เหล็กเลือดมาทำการศึกษาการสกัดแยกส่วน

ตามลำดับ พบว่า เมทานอลจะให้ปริมาณสารสกัดปริมาณมากที่สุด โดยให้ปริมาณสารสกัดในวงศ์ Combretaceae ร้อยละ 12.0-88.2 และในวงศ์ Caesalpiniaceae ร้อยละ 29.2-57.4

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ พบว่าสารสกัดแยกส่วนจากเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอธิลอะซิเตท ของสมุนไพรทั้งสองวงศ์ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้เลยในขณะที่สารสกัดแยกส่วนจากเมทานอลจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด พบว่าสารสกัดเมทานอลจากสมอดีงูและสมอไทยสามารถยับยั้ง *Staph. aureus* ได้ดีที่สุดโดยให้บริเวณบริเวณยับยั้งอยู่ในช่วง 20-23 มิลลิเมตร และมากกว่า 23 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนสารสกัดแยกส่วนเมทานอลจากสะแกนา และสมอดีงูจะมีฤทธิ์ยับยั้ง *B. cereus* ได้ดีที่สุดโดยมีบริเวณยับยั้งอยู่ในช่วง 16-19 มิลลิเมตร และ 20-23 มิลลิเมตร ตามลำดับ

สำหรับสมุนไพรในวงศ์ Caesalpiniaceae ได้แก่ ฝาง คูน แสมสาร ขี้เหล็กบ้าน และขี้เหล็กเลือด พบว่าสารสกัดแยกส่วนจากเมทานอลจากสมุนไพรทั้ง 5 ชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดทั้งแบคทีเรียแกรมบวก แกรมลบ และรา โดยพบว่าสารสกัดจากฝางมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก *B. cereus* และ *Staph. aureus* ได้ดีที่สุดโดยให้บริเวณยับยั้งมากกว่า 23 มิลลิเมตร เท่ากัน สำหรับแบคทีเรียแกรมลบและรา พบว่าสารสกัดจากแสมสาร ขี้เหล็กบ้านและขี้เหล็กเลือด มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. typhimurium* ได้ดีที่สุดโดยให้บริเวณยับยั้งเท่ากับ 12-15 มิลลิเมตร

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum inhibition concentrations (MICs))

สารสกัดสมุนไพรแยกส่วนเอธิลอะซิเตท พบว่า สมอดีงูมีค่า MICs ต่อเชื้อ *E. coli B. cereus Staph. aureus* และ *C. albicans* ที่ระดับความเข้มข้น 2 4 32 และ 64 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากฝางพบว่าค่า MICs ที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *B. cereus* และ *Staph. aureus* คือ 32 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เท่ากัน ส่วนขี้เหล็กเลือดมีค่า MICs ที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *B. cereus Staph. aureus* และ *C. albicans* คือ 16 8 และ 8 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับสารสกัดสมุนไพรแยกส่วนจากเมทานอล พบว่าสมุนไพรทั้ง 10 ชนิดมีค่า MICs สำหรับเชื้อ *B. cereus* อยู่ในช่วง 3.1-500.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยสารสกัดจากสมอไทยจะให้ค่า MICs สูงสุดเท่ากับ 500.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ สารสกัดจากแสมสารมีค่า MICs ต่ำสุดคือ 3.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วนเชื้อ *Stap. aureus* พบว่าสารสกัดสมุนไพรเมทานอลทั้ง 10 ชนิดมีค่า MICs อยู่ในช่วง 6.3 – 50.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยสารสกัดจากคูณจะให้ค่า MICs สูงสุดคือ 50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และสารสกัดจากฝางมีค่า MICs ต่ำสุด คือ 6.3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

การทดสอบความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของสารสกัดในสมุนไพรที่สกัดจากตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกัน

จากการศึกษาหาค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของสารสกัดในสมุนไพรที่สกัดจากตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกันพบว่า สารสกัดสมุนไพรแยกส่วนเอธิล อะซิเตททุกตัวที่ความเข้มข้นต่างกัน จะมีค่าร้อยละ DPPH radical scavenging activity สูงกว่าร้อยละ 85 ซึ่งจะพบว่าสมอดีงูจะให้ค่าสูงที่สุดทุกระดับความเข้มข้น โดยที่ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จะให้ร้อยละ DPPH radical scavenging activity เท่ากับ 96.3 เมื่อนำมาหาค่า EC_{50} พบว่า ฝาง ขี้เหล็กเลือด และสมอดีงู จะให้ค่า EC_{50} เท่ากับ 1.5 0.9 และ 0.4 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนสารสกัดสมุนไพรแยกส่วนเมธานอลทุกชนิดที่ความเข้มข้นต่างกันจะให้ค่าร้อยละ DPPH radical scavenging activity สูงกว่าร้อยละ 90 โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สมอไทยจะให้ค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 96 และมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.15 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ส่วน ขี้เหล็กบ้านจะให้ค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 86.3 และมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.83 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Table 2) ซึ่งจะเห็นว่าสารสกัดจากเอธิลอะซิเตทและเมธานอลมีประสิทธิภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระได้ดี

สรุปผล

จากการนำสมุนไพรไทยในวงศ์ Combretaceae และ วงศ์ Caesalpiniaceae มาสกัดแยกออกเป็นส่วนๆ ตามลำดับความมีขั้วของตัวทำละลายจากน้อยไปมาก โดยเริ่มจาก เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอธิล อะซิเตต และ เมธานอล และนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์พบว่าสารสกัดในชั้นของเฮกเซน เอธิล อะซิเตท และ ไดคลอโรมีเทน ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนสารสกัดเมธานอลนั้นพบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้แทบ

ทุกชนิดแต่จะมีฤทธิ์จำเพาะที่สูงมากในเฉพาะกับเชื้อจุลินทรีย์แกรมบวก จากการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MICs) ในสารสกัดจากเอธิล อะซิเตท พบว่าสมอดีงูมีค่า MICs ต่ำที่สุด สำหรับเชื้อ *B. cereus* และ ขี้เหล็กเลือดมีค่า MICs ต่ำที่สุด สำหรับเชื้อ *Stap. aureus* สำหรับสารสกัดจากเมธานอล พบว่า แสมสาร มีค่า MICs ต่ำที่สุด สำหรับเชื้อ *B. cereus* และฝางมีค่า MICs ต่ำที่สุดสำหรับเชื้อ *Stap. aureus* จากการศึกษาความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระพบว่า ค่า EC_{50} ในสารสกัดเอธิล อะซิเตท นั้น สมอดีงูมีค่าต่ำที่สุด (0.4 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร) ส่วนในสารสกัดเมธานอลนั้นพบว่า สมอไทย มีค่า EC_{50} ต่ำที่สุด (0.2 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

เอกสารอ้างอิง

Maisuthisakula, P., Suttajitb, M. and Pongsawatmanit, R., 2007, Assessment of Phenolic Content and Free Radical-scavenging Capacity of Some Thai Indigenous Plants, Food Chemistry, 100(4): 1409-1418.

Masuda, T., Yonemeri, S. and Nakata, M., 1999, Evaluation and Antioxidant Activity of Environmental Plants: Activity of the Leaf Extracts from Seashore Plants, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(4): 1749-1754.

Murray, R.P., Baron, J.E., Pfaller, A.M., Tenover, C.F. and Yolken, H.R., 1999, Manual of Clinical Microbiology, 7th ed., Washington, DC: American Society for Microbiology.

NCCLS, 2001, Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing: Eleventh Informational Supplement, Wayne, PA: NCCLS.

Table 1 EC_{50} of ethyl acetate extract

สารสกัดสมุนไพรเอธิล อะซิเตท	EC_{50} (μg/ml)
ฝาง	1.5
ขี้เหล็กเลือด	0.9
สมอดีงู	0.4

Table 2 EC_{50} of methanol extract

สารสกัดสมุนไพรแยกส่วนเมธานอล	EC_{50} (μg/ml)
ขี้เหล็กบ้าน	1.8
ฝาง	0.7
ขี้เหล็กเลือด	1.2
คูน	1.3
แสมสาร	0.4
สมอไทย	0.2
สมอดีงู	1.5

การประเมินสมบัติทางกายภาพ-เคมีของสารสกัดจาก *Persicaria odorata*

Evaluation of Physicochemical Properties of Plant Extracts from *Persicaria odorata*

พราโมโน สาสงโก้[1,2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] และ อรพิน เกิดชูชื่น[2]

Sasongko, P.[1,2], Laohankunjit, N.[2] and Kerdchoechuen, O[2].

Abstract

Although the taste of *Persicaria odorata* is described as being pungent and spicy, the odor of this plant is similar to coriander with hints of a lemon scent, the volatile and chemical composition of the plant extract from Vietnamese coriander has never been identified. In this study, *Persicaria odorata* was extracted by three solvents, petroleum ether, acetone and ethanol. The percentage of yield extract from each solvent was 0.90, 6.33 and 4.49%, respectively. Volatile composition from each extracts was determined by GC-MS analysis. Caryophyllene was found as one of the main compounds in all solvent extraction. Moreover, the other compounds such as dodecanal, beta-pinene and ocimene were also detected. Range of refractive index of the plant extracts was between 1.358 and 1.361.

Keywords: *Persicaria odorata*, gas chromatography-mass spectrometry, refractive index, solvent extraction

บทคัดย่อ

ผักแพวเป็นผักที่กลิ่นฉุน รสชาติเผ็ดร้อน และมีกลิ่นคล้ายกับผักชีผสมกับกลิ่นของมะนาวเล็กน้อย แต่ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับสารหอมระเหยและองค์ประกอบทางเคมีของผักแพว งานวิจัยนี้จึงสกัดผักแพวด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเธอร์ อะซิโตน และเอธานอล ซึ่งพบว่าร้อยละปริมาณสารสกัด เท่ากับ 0.90, 6.33 และ 4.49 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบสารหอมระเหยของสารสกัดทุกภาวะด้วย gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) พบว่า สารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด มีสาร caryophyllene เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังพบ dodecanal, beta-pinene และ ocimene เป็นองค์ประกอบ โดยมีค่า refractive index ของสารสกัดอยู่ในช่วง 1.358-1.361

คำสำคัญ: *Persicaria odorata*, gas chromatography-mass spectrometry, refractive index การสกัดด้วยตัวทำละลาย

Introduction

Polygonum odoratum Lour. has been reclassified as *Persicaria odorata.* This plant is a perennial herb 30-35 cm height with pointed leaves 6-15 cm with a distinctive dark purple marking in the center of the leaves (Starkenmann *et al*., 2006). *Persicaria odorata* or *Polyganum odoratum* is native plant of southeastern Asia and is better known as Vietnamese coriander. Vietnamese coriander doesn't have a generally recognized as safe (GRAS) status, but it is often added to flavor soups, duck eggs, poultry, fish and other meat dishes. It is commonly used in the local cuisine of Vietnam, Malaysia and Singapore. This herb can be used as a substitute for mint or regular cilantro (*Coriandrum sativum*). The taste of *Persicaria odorata* is described as being pungent and spicy, the odor of this plant is similar to coriander with hints of a lemon scent. Volatile compound from essential oil of *Persicaria odorata* contains aldehyde such as decanal (28%) and dodecanol (44%), as well as the decanol (11%). Sesquiterpenes such as alpha-humulene and alpha-caryophyllene comprised about 15% of its oil (Anonymous, 2010). Although volatile compound from essential oil of *Persicaria odorata* has been determined, the plant which extracted by different condition and extraction methods gave different organoleptic profile. The differences in the composition of volatile compound obtained by solvent extraction as opposed to distillation and this may also influence on chemical and volatile properties (Hashemi *et al*., 2008).

[1] Faculty of Agriculture Technology, University of Brawijaya, Malang 65141, Indonesia

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 83 Moo 8 Tha-kam, Bangkhuntien, Bangkok 10150

The objective of this study was to determine the physicochemical composition of the *Persicaria odorata* plant extract which obtained from solvents extraction method with different types of solvent.

Materials and Methods

Plant materials. Leaves of Vietnamese coriander (*Persicaria odorata*) were purchased from a local vegetable and fruit market of the Thungkru District, Bangkok, Thailand. The leaves were washed to remove soil, peeled, chopped and dried by oven dryer at 40°C for 24 h to reduce the water content.

Solvent extraction. Extracts were prepared by blending preserved dried plant material (approximately 20 g) in 99% ethanol, acetone and petroleum ether (1:2 w/v ratios). After 24 h, the mixtures were filtered through Whatman filter paper (No.1) using a Buchner funnels. The solvents were removed with a rotary vacuum evaporator. The evaporation process produced a concrete extract. The concrete was washed with ethanol to remove the wax and then the solution was cooled down to -5° to -10° C to precipitate out the wax. The precipitated wax was removed by passing the solution through a vacuum filtration. The filtrate was evaporated in a rotary evaporator to get an absolute. The extracts were stored in dark vials at 4°C and physicochemical properties were analyzed.

Yield of extraction. The calculation of the extraction yield was the weight percentage of the crude extract to the raw material (20g). The percent extraction yield was calculated as follows:

$$\%\ \text{Extraction yield} = \left[\frac{\text{Weight of the plant extract or essential oil}}{\text{Weight of the initial sample}}\right] \times 100\%$$

Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis. An aliquot of 1 µl oils (dissolved in ethanol) was adjusted to 100 ppm after that it was directly injected into GC-MS Agilent 7890A which was carried out in GC-MS system, fitted with a 30 m 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: 3 psi, oven temperature: 70°C then rate at 10°C/min to 140°C, and then rate at 5°C/min to 240°C. A GC-MS analysis result was compared with Wiley275 and NIST library by selecting a % quality match greater than 85%. RI value was calculated with DB-5ms stationary phase using a series of *n-alkanes* standards (C_{10} - C_{20}).

Physical properties analysis. Physical properties such as color and refractive index were observed. Color of absolute plant extract was determined using Hunterlab mini scanEZ Color Reader. Refractive index of the oil was determined using Hand-held Refractometer.

Results and Discussion

The absolute plant extract recovered from 20 g dry leaves of *Persicaria odorata* which extracted by petroleum ether, acetone and ethanol showed a yield of 0.09%, 6.63% and 4.49%, respectively (Table 1). This yield is higher than essential oil of *Persicaria odorata* which was 0.012% (Starkenmann *et al*., 2006). Color of the plant extract extracted by acetone and ethanol was dark green which the L* value are 47.59 and 44.34; a* value are -6.62 and -7.47; b* value are 62.51 and 62.76; c* value are 62.86 and 63.20; hue angle are 96.05 and 96.79, respectively. However, plant extracts which using a petroleum ether as a solvent showed a clear light yellow color which the L*, a*, b*, c* and hue angle value are 64.33; -5.14; 54.86; 55.10 and 95.35, respectively. The differences in the extracted yields and color appearance from the tested plant materials in the present analysis might be ascribed to the different availability of extractable components, resulting from the various chemical compositions of plants (Sultana *et al*., 2010). Different types of solvent also have a

different capability to extract the various chemical compositions from each plant extract. Dark green color was the chlorophyll. These suggest that acetone and ethanol can extract the chlorophyll from plant. Acetone and ethanol has a good efficiency to extract chlorophyll from plant (Thompson *et al*., 1999). Furthermore, the yellow color of extract that obtained from petroleum ether extraction was from the color of carotene. Tswett (2011) mentioned that carotene can be completely extracted by pure petroleum ether and gave the yellow color extracts.

The differences in color appearance were also affected on the refractive index. Refractive index of materials varies with the frequency of radiated light. This results showed a slightly different refractive index for each color. Refractive index of plant extract by various solvent was obtained at 33^{o}C and 2000 ppm concentration, plant extract from acetone and ethanol which has a same color showed the same value, that is 1.361. However, petroleum ether extraction produces plant extract with refractive index value at 1.358. All of the plant extract has a similar refractive index value, this value means that the plant extract has a high clarity, this caused by wax washing process which can produced a pure plant extract and free from wax.

There are 17 volatile compounds was extracted by all of three solvents (Table 2). However, each of them exhibited different kind of compounds. Although acetone extraction gave the highest percentage of yield extract, ethanol was the most effective solvent because it can extracted more volatile compound compared with the other type of solvent. Ethanol extract has 13 volatile compounds, followed by acetone (12 volatile compounds) and the last are petroleum ether (7 volatile compounds). The main volatile compound extracted by ethanol was ocimene (26.44%) and the main volatile compound for acetone and petroleum ether extraction was dodecanal which have % relative peak area at 27.14% and 53.12%, respectively. However, there are several types of volatile compounds that can be extracted by petroleum ether, acetone and ethanol solvent, such as decanal, dodecanal, beta-caryophyllene, neophytadiene and ethyl hexadecanoate.

Summary

Different types of solvent in solvent extraction methods exhibited different type of volatile compounds. These differences can be defined not just from chemical composition but also by yield of extraction, refractive index and color measurement. However, ethanol was the most effective solvents, it can extract the most types of volatile compounds. Plant extracts of *Persicaria odorata* has a dodecanal, beta-caryophyllene, neophytadiene and ethyl hexadecanoate as a major compounds.

Acknowledgment

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

Anonymous, 2010, *Persicaria odorata* [online], available: http://en.wikipedia.org/wiki/Vietnamese_coriander [2011, 11th February].

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.

Starkenmann, C., Luca, L., Niclass, Y., Praz, E. and Roguet, D., 2006, Comparison of Volatile Constituents of *Persicaria odorata* (Lour.) Soja´k (*Polygonum odoratum* Lour.) and *Persicaria hydropiper* L. Spach (*Polygonum hydropiper* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 3067-3071.

Sultana, B., Anwar, F. and Ashraf, M., 2009, Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts, Journal of Molecules, 14: 2167-2180.

Thompson, R.C., Tobin, M.L., Hawkins, S.J. and Norton, T.A., 1999, Problems in Extraction and Spectrophotometric Determination of Chlorophyll from Ephilithic Microbial Biofilms: Towards A Standard Method, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 79: 551-558.

Tswett, M., 2011, Physical Chemical Studies on Chlorophyll Adsorptions [online], available: http://web.lemoyne.edu/~giunta/tswett.html [2011, 27th June].

Table 1 Physical properties of Vietnamese coriander plant extract using solvent extraction

Sample	Yield of extraction (%)	L* value	a* value	b* value	Chroma value	Hue angle	Color appearance	Refractive index
Petroleum Ether	0.90	64.33	-5.14	54.86	55.10	95.35	Clear light yellow and green	1.358
Acetone	6.33	47.59	-6.62	62.51	62.86	96.05	Clear dark green and yellow	1.361
Ethanol	4.49	44.34	-7.47	62.76	63.20	96.79	Clear dark green and yellow	1.361

Table 2 Percentage of the volatile composition from plant extract of *Persicaria odorata*.

No.	Compound	RI Value[a]	% of volatile composition		
			Petroleum ether	Acetone	Ethanol
1	beta-pinene	981	-	8.06	13.10
2	beta-cis-ocimene	1025	-	17.90	1.61
3	ocimene	1048	-	-	26.44
4	decanal	1209	18.43	7.73	4.42
5	methyl hydrocinnamate	1278	-	-	2.57
6	ethyl dihydrocinnamate	1352	-	1.77	2.71
7	alpha-copaene	1388	-	-	6.00
8	dodecanal	1410	53.12	27.14	7.21
9	beta-caryophyllene	1435	5.42	6.26	7.07
10	cyclododecane	1472	6.13	-	-
11	1,1-diethoxydecane	1472	-	8.10	-
12	germacrene D.	1495	-	2.40	-
13	3,5-di-tert-butylphenol	1505	-	5.78-	9.16
14	dehydro-cyclolongifolene oxide	1657	8.21	-	-
15	eupatoriochromene	1657	-	5.52	8.00
16	neophytadiene	1834	2.88	4.71	6.08
17	ethyl hexadecanoate	1989	5.80	4.62	5.61

[a] RI calculated based on *n-alkane* standard (C_{10} - C_{20})

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดสารประกอบฟีนอลิคจากองุ่นพันธุ์ Muscat Hamburg

Influence of Temperature and Time of Phenolic Compounds Extracted from Muscat Hamburg Grape

ธีระพงษ์ ขันทเจริญ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Khunthajaroen, Th.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This research was aimed to evaluate phenolic compounds from seed and peel of 'Muscat Hamburg' grape by three solvents; water, ethanol and petroleum ether at various temperatures and time. It was found that water extraction at 50°C for 24 hrs gave the highest yield at 50%. Total phenolics measured by Folin Ciocaltaue revealed that seed extract provided a greater content than peel extract. The highest content of total phenolic was at 113.65 mg GAE/g DW found from ethanolic seed extract for 24 hrs. The water extract of seed and peel at 40°C for 1 hr gave a greater total phenolics but petroleum extract gave the lowest total phenolic contents. The seed and peel extract was tested the antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). The highest antioxidant activity was at 49.11 mM TE/g DW from seed extract by ethanol for 24 hrs which was positive correlation to total phenolic contents.

Keywords: phenolic compound, Muscat Hamburg, antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดสารฟีนอลิคจากเมล็ดและเปลือกองุ่นพันธุ์ Muscat Hamburg โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ พบว่า การสกัดเปลือกด้วยน้ำอุณหภูมิ 50°C นาน 24 ชั่วโมง ได้ %yield สูงสุดคือ 50% เมื่อนำสารสกัดมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดด้วยวิธี Folin Ciocaltaue พบว่า สารสกัดจากเมล็ดมีปริมาณฟีนอลิคมากกว่าเปลือกและเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลนาน 24 ชั่วโมงมีปริมาณฟีนอลิคสูงสุดคือ 113.65 mg GAE/g DW และยังพบว่าการสกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 40°C นาน 1ชั่วโมง ได้สารฟีนอลิคทั้งในเปลือกและเมล็ดปริมาณสูงเช่นเดียวกัน แต่การสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ได้ปริมาณฟีนอลิคต่ำ เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) พบว่า เมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลนาน 24 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 49.11 mM TE/g DW โดยประสิทธิภาพแปรตามปริมาณฟีนอลิค

คำสำคัญ: สารประกอบฟีนอลิค Muscat Hamburg สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

สารประกอบฟีนอลิคเป็นสาร Secondary metabolite ที่พืชสร้างขึ้น สารในกลุ่มนี้พบว่ามีประโยชน์ต่อร่างกายคือมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคได้เช่น เนื้องอก มะเร็ง ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ เป็นต้น (Kim และคณะ, 2009) สารประกอบฟีนอลิคพบปริมาณสูงในเปลือกและเมล็ดองุ่นหลายสายพันธุ์ ซึ่งองุ่นปลูกมากในแถบยุโปและอเมริกา นิยมนำผลองุ่นมาบริโภคทั้งรับประทานสดและนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ไวน์ น้ำคั้น และเป็นส่วนผสมในอาหารเสริม ส่วนในประเทศไทยมีการปลูกองุ่นในหลายพื้นที่และสามารถปลูกได้หลายพันธุ์ องุ่นพันธุ์ Muscat Hamburg เป็นพันธุ์ที่ปลูกในอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี เป็นองุ่นแดงที่มีรสชาติและมีกลิ่นเฉพาะตัวจึงนิยมรับประทานผลสดและผลิตเป็นไวน์ ในกระบวนการผลิตไวน์ส่วนเปลือกและเมล็ดเป็นสิ่งที่เหลือทิ้งจากการผลิตและจะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในเปลือกและเมล็ดขององุ่นพันธุ์ Muscat Hamburg โดยศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณสาร ประกอบกับศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วย เพื่อเป็นข้อมูลในการส่งเสริมให้มีการนำเปลือกและเมล็ดขององุ่นพันธุ์ Muscat Hamburg ที่เหลือทิ้งจากการผลิตไวน์ไปใช้ประโยช์ในเชิงพาณิชย์มากขึ้น ตลอดจนทำให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้นด้วย

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

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

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

นำผลองุ่นมาล้างน้ำแล้วแยกเปลือกและเมล็ด นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40°C จนตัวอย่างมีความชื้นประมาณ 8 – 10% แล้วนำตัวอย่างแห้งมาบดให้ได้ขนาด 80 mesh จากนั้นชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 1 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลายได้แก่ น้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยแปรเวลาคือ 1, 12 และ 24 ชั่วโมง ส่วนน้ำแปรอุณหภูมิคือ 30, 40 และ 50°C แล้วนำสารที่สกัดได้ไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator แล้วคำนวนหา %yield จากสูตร

$$\%Yield = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังระเหยตัวทำละลาย}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคโดยวิธี Folin–Ciocalteu ตามวิธีของ Singleton และคณะ (1965) ใช้สารละลายตัวอย่าง 50 µL เติมน้ำกลั่น 0.95 mL แล้วเติม 10% folin-ciocalteu phenol reagent ปริมาตร 5 mL ผสมกับ 7.5% sodium carbonate ปริมาตร 4 mL จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวนปริมาณของสารประกอบฟีนอลิคเทียบกับกาฟมาตรฐานของ gallic acid

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์โดยใช้ 2 วิธีคือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) โดยวิธี DPPH ใช้สารตัวอย่าง 50 µL กับสารละลาย DPPH (0.1 mM) 4 mL ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ส่วนวิธี ABTS ใช้สารตัวอย่าง 50 µL กับสารละลาย ABTS 4 mL ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ การคำนวนประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พบว่าสารสกัดจากเปลือกองุ่นพันธุ์ Muscat Hamburg ที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลได้ %yield สูงกว่าเมล็ด โดยเวลาที่ใช้ในการสกัดนานขึ้นทำให้ได้ %yield สูงขึ้น ซึ่งเปลือกที่สกัดด้วยน้ำได้ %yield สูงสุดคืออยู่ในช่วง 47- 50% รองลงมาคือเปลือกที่สกัดด้วยเอทานอลอยู่ในช่วง 39-41% (Table 1) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด พบว่าสารสกัดจากเมล็ดมีปริมาณฟีนอลิคสูงกว่าเปลือก โดยเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้สารสกัดที่มีปริมาณฟีนอลิคสูงสุดโดยมีปริมาณเท่ากับ 113.65 mg GAE/g DW ซึ่งสารสกัดจากเมล็ดที่สกัดเป็นระยะเวลาน้อยกว่า 24 ชั่วโมง (12 และ 1 ชั่วโมง) มีปริมาณฟีนอลิคลดลงตามลำดับ สำหรับสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงได้ปริมาณ ฟีนอลิคสูงโดยมีปริมาณเท่ากับ 71.32 GAE/g DW ซึ่งสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 40°C มีปริมาณฟีนอลิคสูงกว่าสารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 และ 50°C ในระยะเวลาการสกัดที่เท่ากัน สารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำทุกอุณหภูมิมีปริมาณฟีนอลิคลดลงตามลำดับเมื่อสกัดเป็นระยะเวลามากกว่า 12 และ 24 ชั่วโมง ส่วนสารสกัดเปลือกที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลได้ผลในทำนองเดียวกับเมล็ด ส่วนการสกัดเมล็ดและเปลือกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ได้สารสกัดที่มีปริมาณฟีนอลิคต่ำที่สุดในทุกสภาวะโดยมีปริมาณเท่ากับ 0.01 mg GAE/g DW (Table 1) เนื่องจากโครงสร้างของฟีนอลิคเป็น benzene ring มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่จึงมีคุณสมบัติมีขั้ว ทำให้สารมารถละลายได้ดีในน้ำและเอทานอล ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูง ส่วนปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำมากจึงมีความสามารถในการละลายสารประกอบฟีนอลิคได้ไม่ดี (Vatai และคณะ, 2009) เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าสารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลนาน 24 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 49.11 และ 35.53 mM TE/g DW ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 12 และ 1 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระลดลงตามลำดับ ส่วนสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อสกัดเป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดเมล็ดแปรผันตามปริมาณฟีนอลิค ส่วนสารสกัดเปลือกมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ ABTS (Table 1) เนื่องจาก

ในเมล็ดและเปลือกองุ่นมีสารฟีนอลิคหลายชนิด เช่น resveratrol, catechin, epicatechin, rutin และ quercetin โดยในโครงสร้างเป็น benzene ring ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอน ดังนั้นสารสกัดจากเมล็ดและเปลือกจึงมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (โอภา, 2550; Iacopini และคณะ, 2008)

สรุปผล

เปลือกองุ่นพันธุ์ Muscat Hamburg ที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 50°C ได้ yield สูงที่สุด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมีปริมาณสูงสุดในสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 24 ชั่วโมงมีประสิทธิถาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสะสูงที่สุดโดยประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแปรผันตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. – อุตสาหกรรม (MAG Window I) และโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา บุณยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, 2550, สารต้านอนุมูลอิสระ, พี.เอส.พริ้นท์, กรุงเทพฯ

Kim, T.J., Silva, J.L., Weng, W.L., Chen, W.W., Corbitt, M., Jung, Y.S. and Chen, Y.S., 2009, Inactivation of *Enterobacter sakazakii* by Water-soluble Muscadine Seed Extracts, International Journal of Food Microbiology, 129: 295–299.

Iacopini, P., Baldi, M., Storchi, P. and Sebastiani, L., 2008, Catechin, Epicatechin, Quercetin, Rutin and Resveratrol in Red Grape:Content, In Vitro Antioxidant Activity and interactions, Journal of Food Composition and Analysis, 21: 589– 598.

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

Vatai, T., Skerget, M. and Knez, Z., 2009, Extraction of Phenolic Compounds from Elder Berry and Different Grape Marc Varieties Using Organic Solvents and/or Supercritical Carbon Dioxide, Journal of Food Engineering, 90: 246–254

Table 1 %yield, total phenolic and antioxidant capacity content in seed and peel of Muscat Hamburg grape extracted with water, ethanol and petroleum ether for 1, 12 and 24 hrs

part	solvent	time(hrs)	%yield	phenolic (mg GAE/g DW)	DPPH (mM TE/g DW)	ABTS (mM TE/g DW)
seed	water	1	27.40	65.48[d]	32.50[c]	27.23[d]
		12	28.90	64.79[de]	29.69[d]	25.71[e]
		24	29.20	62.24[e]	28.96[e]	24.43[f]
	ethanol	1	21.80	101.25[c]	46.99[b]	33.24[c]
		12	24.30	107.96[b]	48.89[a]	35.05[b]
		24	24.30	113.65[a]	49.11[a]	35.53[a]
	petroleum ether	1	20.90	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*
		12	21.30	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*
		24	21.30	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*
peel	water	1	47.40	21.38[f]	3.29[f]	1.71[g]
		12	47.90	20.22[fg]	3.28[f]	1.69[g]
		24	47.90	19.46[fg]	3.29[f]	1.65[g]
	ethanol	1	39.40	13.88[i]	3.25[f]	1.63[g]
		12	40.70	16.05[hi]	3.43[f]	1.82[g]
		24	40.80	18.01[gh]	3.46[f]	1.89[g]
	petroleum ether	1	2.60	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*
		12	2.80	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*
		24	2.90	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*
		F-test		**	*	**
		cv(%)		3.21	2.01	1.58
		LSD		2.81	0.72	0.43

* Not analysis

** Different letters are significantly different ($p \leq 0.01$)

Table 2 %yield, total phenolic and antioxidant capacity content in seed and peel of Muscat Hamburg grape extracted with water at 30, 40 and 50°C for 1, 12 and 24 hrs

part	time(hrs)	temp(°C)	%yield	phenolic (mg GAE/g DW)	DPPH (mM TE/g DW)	ABTS (mM TE/g DW)
seed	1	30	27.40	65.48[bc]	32.50[b]	27.23[c]
		40	28.00	71.32[a]	34.36[a]	29.44[a]
		50	28.00	66.03[b]	32.91[b]	27.84[b]
	12	30	28.90	64.79[bcd]	29.69[cd]	25.71[d]
		40	29.80	65.37[bc]	30.10[c]	26.19[d]
		50	30.40	58.52[e]	28.48[e]	25.14[e]
	24	30	29.20	62.24[d]	28.96[de]	24.43[f]
		40	30.90	62.60[cd]	28.87[e]	24.77[ef]
		50	31.60	58.88[e]	27.23[f]	23.32[g]
peel	1	30	47.40	21.38[fg]	3.29[g]	1.71[h]
		40	48.40	22.77[f]	3.30[g]	1.79[h]
		50	49.00	21.42[fg]	3.31g	1.74[h]
	12	30	47.90	20.22[fg]	3.28[g]	1.69[h]
		40	49.60	21.56[fg]	3.31[g]	1.75[h]
		50	49.90	20.53[fg]	3.31[g]	1.72[h]
	24	30	47.90	19.46[g]	3.29[g]	1.65[h]
		40	49.90	20.17[fg]	3.33[g]	1.73[h]
		50	50.00	20.16[fg]	3.28[g]	1.66[h]
		F-test		**	**	**
		cv(%)		4.13	2.87	2.39
		LSD		2.9	0.80	0.55

** Different letters are significantly different ($p \leq 0.01$)

ผลของการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวไทย 5 สายพันธุ์
Effect of Solvent Extraction on Total Phenolic Content of Five Strains from Thai Rice Grains

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1]
Maisuthisakul, P.[1]

Abstract

The total phenolic contents of five strains (Hawm Nil, Red jasmine, Sinlek, Jasmine rice 105, and Kum) of rice (*Oryza sativa* Linn.) extracted either by 95% ethanol or by water extraction were evaluated using the Folin-Ciocalteu assay. Results showed that extraction solvent had significant impacts on phenolic content. Strains Kum exhibited the highest total phenolic content, followed by red jasmine, jasmine rice 105 and Hawm Nil when extracted with water. High phenolic content (330 mg of GAE g^{-1} dw) was obtained in strain red jasmine using ethanol as solvent. In addition, all studied rice strains using ethanol as solvent showed higher phenolic content than using water except strains Kum. These results suggested that ethanol was appropriate for extraction of red color from Thai rice.
Keywords: Thai rice, phenolics, solvent extraction, jasmine rice

บทคัดย่อ

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าว (*Oryza sativa* Linn.) 6 สายพันธุ์ (หอมนิล หอมมะลิแดง สินเหล็ก หอมมะลิ 105 ก่ำ) ที่สกัดด้วย 95% เอทธานอลและน้ำ ได้ถูกนำมาศึกษาด้วยวิธี Folin-Ciocalteu จากผลการศึกษาพบว่า ชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกที่สกัดได้ ข้าวสายพันธุ์ก่ำ มีค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือ หอมมะลิแดง หอมมะลิ 105 หอมนิล เมื่อทำการสกัดด้วยน้ำ ปริมาณฟีนอลิกที่สูงสุด (330 มิลลิกรัมเทียบเท่าของกรดแกลลิกต่อกรัม โดยน้ำหนักแห้ง) พบในข้าวสายพันธุ์หอมมะลิแดงโดยใช้เอทธานอลในการสกัด นอกจากนี้ข้าวทุกสายพันธุ์ที่นำมาศึกษา เมื่อใช้เอทธานอลสกัดให้ค่าปริมาณฟีนอลิกสูงกว่าเมื่อใช้น้ำสกัดยกเว้นข้าวสายพันธุ์ก่ำ จากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า เอทธานอลมีความเหมาะสมในการนำมาสกัดสารสีแดงจากข้าวไทย
คำสำคัญ: ข้าวไทย ฟีนอลิก การสกัดด้วยตัวทำละลาย ข้าวหอมมะลิ

Introduction

Rice (*Oryza sativa* Linn.) cultivation plays a central role in Thai economics and culture. It has also shaped Thailand's natural environment. With the advantage of Thailand's landscape, Thailand is top five rice exporters in the world. Rice usually serves as the Thai main course, both regular rice and sticky rice, and the Thais consume rice three times daily. Rice is also an ingredient in Thai desserts.

Unpolished rice is the whole grain of rice that the germ and outer layers enclosing the bran have not been removed (Smith and Dilday, 2003). It did not only contain carbohydrate and energy source but also source for phytochemicals such as phenolic compound. The phenolic component of rice are limited but suggest that the predominant phenolics are phenolic acids, primarily ferulic (FA) and p-coumaric acids (PCA). Up to now, the relationship between color strains of unpolished Thai rice and phenolic content has not been reported.

Phenolics are compounds possessing one or more aromatic rings with one or more hydroxyl groups. Phenolic compounds in diet may provide health benefits associated with reduced risk of chronic disease (Liu, 2007). In rice, Goffman and Bergman (2004) studied the genotypic and environmental effects of the kernel phenolic content, and found that bran color was highly statistically significant for bran phenolic contents. Flavonoids are one group of phenolics, which consists of two aromatic rings linked by 3 carbons that are usually in an oxygenated heterocycle ring (Liu, 2007). Anthocyanins are a group of reddish to purple water-

soluble flavonoids that are the primary pigments in the red and black grains, and have been widely identified and characterized in cereal grains (Abdel-Aal *et al*., 2006). The major components of anthocyanidins in colored rice are cyaniding-3-O-b-glucoside and peonidin-3-O-b-glucoside (Abdel-Aal *et al*., 2006; Yawadio *et al*., 2007). There have been few reports on characterization of other flavonoids such as flavonols, flavones, flavanols, and flavanones.

In this study, 6 strains of unpolished Thai rice were used to investigate the phenolic content. The phenolic contents of 6 samples were assayed using colorimetric method.

Materials and Methods

1. Chemicals

Folin Ciocalteu reagent, sodium carbonate, and gallic acid were purchased from Sigma Chemical Co., Ltd (St. Louis, MO, USA). The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade, purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany).

2. Unpolished Thai rice

Six strains of unpolished Thai rice were obtained from the Organic Project “Kao 1 Rai 1 San”, Thailand. Unpolished rice samples could be defined into three groups: 1). Red color strains: found in Red jasmine. 2). Black color stains: found in Kum, Hawm Nil and 3). White color strain: found in Sinlek and Jasmine rice 105. All samples were grounded by an electric blender, and extracted with 95% ethanol or water, 1:3 (w/v) and shaked at 150 rpm, 4 h. The mixed extract was centrifuged at 3000 rpm for 15 min and filtered by cheesecloth and Whatman No 4 filter paper. The supernatant was evaporated under vacuum. The residue was dried in a freeze dryer and stored in aluminum foil after flushing with nitrogen at -20°C until analysis.

3. Determination of total phenolic content

The total phenolic content of extracts was determined using Folin-Ciocalteu’s phenol reagent (Singleton and Rossi, 1965). The concentration of total phenolic compounds in all plant extracts was expressed as mg of gallic acid equivalent per g dry weight of rice grain. All determinations were performed in triplicate.

4. Statistical analysis

Each experiment, from sample preparation to analysis, was repeated in triplicate. The general linear model procedure was applied and Duncan’s multiple range test was used to compare the mean values at $p<0.05$. Mean values and pooled standard error of the mean (SEM) were then calculated.

Results and Discussion

Table 1 shows the moisture content of rice samples. The moisture of studied rice exhibited slightly low values (11.52-13.17%). Solvent type significantly affected the value of phenolic content. High level of phenolic content in Kum strains were found to be 118.47 ± 2.57 GAEs/g dry weight of sample (Figure 1) when extracted with water.

We found that white and black colors of unpolished Thai rice showed high phenolic content when extracted with water more than that of using ethanol especially, in Kum (Figure 1 and 2). Interestingly, ethanol is the appropriate solvent to extract phenolic compounds from red jasmine unpolished Thai rice. Red color in plants is the high source of phenolic compounds (Yawadio and Morita, 2007) and these compounds has a crucial role in anti-oxidant activities (Kong and Lee, 2010).

Table 1 Moisture content in color strains of unpolished Thai rice¥

Rice	Color coated seed	Moisture content (%)
Red jasmine	Red	11.52^{a}±0.85
Kum	Black	13.17^{b}±0.48
Hawm Nil	Black	12.01^{a}±0.39
Sinlek	White	11.93^{a}±0.72
Jasmine rice 105	White	12.90^{ab}±0.66

¥ Means of three replications ± SD.

Different superscript letters in each column indicate a significant difference ($P < 0.05$) between strains.

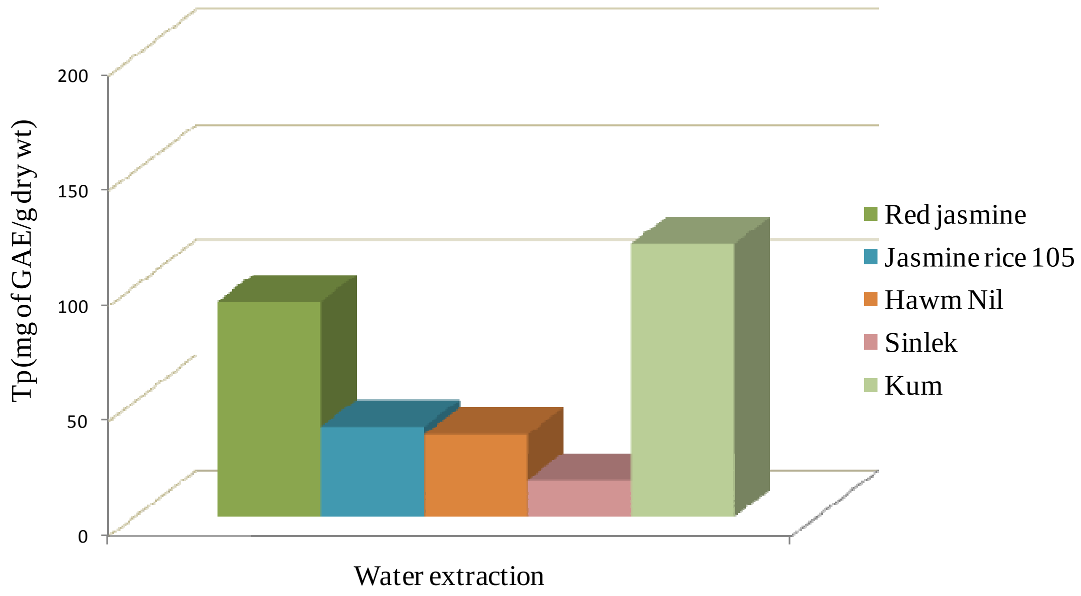


Figure 1 Total phenolic content in six strains of unpolished Thai rice obtained using water extraction.

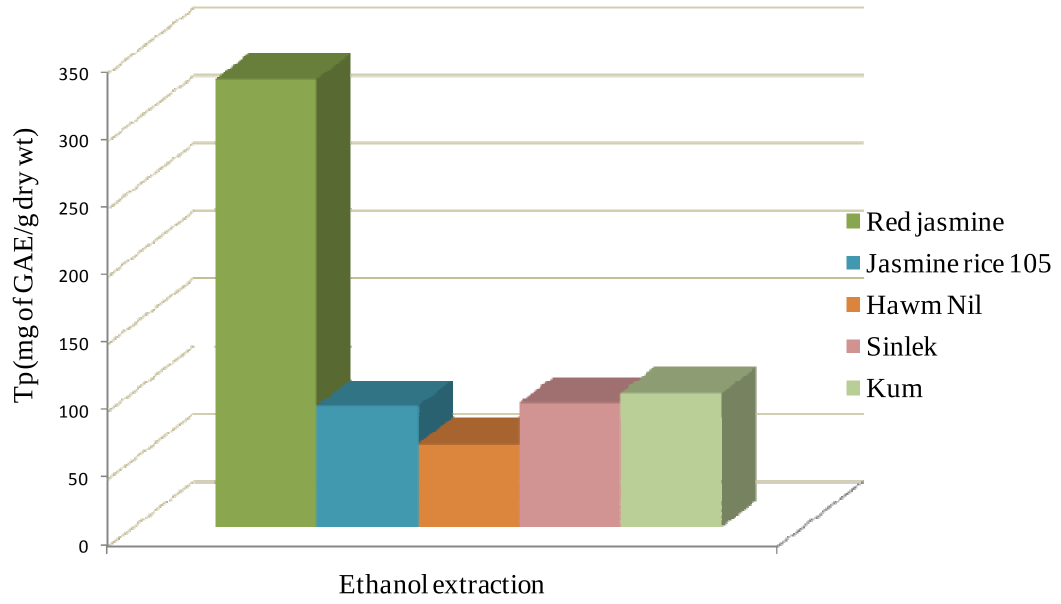


Figure 2 Total phenolic content in six strains of unpolished Thai rice obtained using 95%ethanol extraction.

Summary

The red color of unpolished Thai rice was the high source of phenolic compounds It plays a beneficial role in oxidative stress prevention.

Acknowledgements

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

Literature cited

Smith, C.W. and Dilday, R.H., 2003, Rice : Origin, History, Technology, and Production, JohnWiley and Sons, Inc, New Jersey.

Liu, R.H., 2007, Whole Grain Phytochemicals and Health, Journal of Cereal Science, 46: 207–219.

Goffman, F.D. and Bergman, C.J., 2004, Rice Kernel Phenolic Content and its Relationship with Antiradical Efficiency, Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 1235–1240.

Abdel-Aal, E.M., Young, J.C. and Rabalski, I., 2006. Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 4696–4704.

Yawadio, R., Tanimori, S. and Morita, N., 2007, Identification of Phenolic Compounds Isolated from Pigmented Rices and Their Aldose Reductase Inhibitory Activities, Food Chemistry, 101: 1644–1653.

Yawadio, R. and Morita, N., 2007, Color Enhancing Effect of Carboxylic Acids on Anthocyanins, Food Chemistry, 105(1): 421-427.

Kong, S. and Lee, J., 2010, Antioxidants in Milling Fractions of Black Rice Cultivars, Food Chemistry, 120(1): 278-281.

สารหอมระเหยและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด

Volatile Compound and Antifungal Activity of Four Essential oils

วริศรา ชื่นอารมย์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Chuenarom, V.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Results showed that volatile compound of four essential oils (EOs); cinnamon, kaffir lime, eucalyptus and vetiver oils were cinnamaldehyde; α-terpinene, limonene and linalool; eucalyptol and o-cymene; verrucarol, β-vatirenene and corymbolone respectively. Antifungal activity of four essential oils against *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum* and *Rhizopus stolonifer* by disc diffusion method at concentration 0(control), 5,000 and 10,000 ppm. The cinnamon oil at concentrated 10,000 ppm could inhibit the maximum growth of *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum* and *Rhizopus stolonifer* at averaged inhibition zone of 59.53, 66.73 and 34.27 mm, respectively.

Keywords: volatile compound, essential oils, cinnamon, kaffir lime, eucalyptus, vetiver

บทคัดย่อ

ผลการวิเคราะห์สารหอมระเหยของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด คือ น้ำมันหอมระเหยอบเชย, มะกรูด, ยูคาลิปตัส และแฝก พบสารหอมระเหย ได้แก่ cinnamaldehyde; α-terpinene, limonene และ linalool; eucalyptol และ o-cymene; verrucarol, β-vatirenene และ corymbolone ตามลำดับ เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum* และ *Rhizopus stolonifer* ด้วยวิธี Disc diffusion method โดยใช้ความเข้มข้น 0 (control), 5,000 และ10,000 ppm พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *A. niger*, *C. herbarum* และ*R. stolonifer* ได้ดีที่สุด มีค่า inhibition zone เฉลี่ยเท่ากับ 59.53, 66.73 และ 34.27 mm ตามลำดับ

คำสำคัญ: สารหอมระเหย น้ำมันหอมระเหย อบเชย มะกรูด ยูคาลิปตัส แฝก

คำนำ

ในปัจจุบันสารเคมีสังเคราะห์ที่นำมาใช้ในการป้องกันเชื้อรามีอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถหาได้ง่าย ราคาถูก และสะดวกในการใช้งาน จึงเป็นที่นิยมใช้สารเคมีสังเคราะห์กลุ่มไฮโปคลอไรท์ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ เพื่อยับยั้งเชื้อราที่เจริญบนกระดาษ เช่น *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum* และ*Rhizopus stolonifer* (Nielsen, 2000; cheng และคณะ, 2008; Fabbri และคณะ, 1997) ซึ่งสารเคมีเหล่านี้เป็นสารที่เป็นอันตราย และสารบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง ส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค และผู้ปฏิบัติงาน (Sen และคณะ,1999; Cheng, 2008) มีงานวิจัยพบว่าสารสกัดจากธรรมชาติหรือน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นจากเซลล์พิเศษเป็นต่อมหรือท่อที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บกักน้ำมันหอมระเหย และพืชจะใช้น้ำมันหอมระเหยนี้เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากศัตรูพืช เช่น แมลง และจุลินทรีย์ต่างๆ (Burt, 2004; รัตนา, 2547) อีกทั้งประเทศไทยมีความหลากหลายของพืชพื้นบ้าน พืชท้องถิ่น และสมุนไพรกระจายอยู่ทั่วภูมิภาคต่างๆ เช่น อบเชย, มะกรูด, ยูคาลิปตัส และแฝก เป็นต้น (พัทราวิณี, 2550) ที่มีสารหอมระเหยบางชนิด ได้แก่ cinnamaldehyde, eugenol, linalool, limonene, 1, 8 cineol และ vetivone (Cheng และคณะ, 2008; Matan และคณะ, 2009; Nielsen และคณะ, 2000) ซึ่งสารหอมระเหยในพืชเหล่านี้พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้สกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชไทย 4 ชนิดในการป้องกันเชื้อรา เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีต่อไป

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซ.เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อรา

นำเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum* และ*Rhizopus stolonifer* ปริมาตร 0.1 mL มา spread บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 3 วัน และนำน้ำกลั่นปริมาตร 5 mL ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง autoclave เทบนอาหาร PDA ขูดเชื้อให้ละลายในน้ำกลั่น และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายปริมาตร 0.1 ml. และนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธี disc diffusion method ต่อไป

การเตรียมน้ำมันหอมระเหย

นำน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส แฝก มะกรูด และอบเชย จากบริษัท Perfumery World จำกัด มาเตรียมที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm ด้วย dimethyl sulfoside (DMSO) โดยใช้ชุดควบคุม (control) เป็น DMSO ที่ไม่ผสมกับน้ำมันหอมระเหย (0 ppm)

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี disc diffusion method

นำน้ำมันหอมระเหยในแต่ละความเข้มข้นที่เตรียมไว้ปริมาตร 10 µL หยดบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm และนำกระดาษกรองที่หยดน้ำมันหอมระเหยแล้ววางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีเชื้อที่เตรียมไว้ บ่มที่อุณหภูมิ 25°C นาน 3 วัน บันทึกขนาดของ clear zone หน่วยเป็น mm

การวิเคราะห์ข้อมูล

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

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด รองลงมา คือ น้ำมันหอมระเหยมะกรูด ยูคาลิปตัส และแฝก ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีสารหอมระเหย cinnamaldehyde (Figure 1a) ซึ่งอยู่ในกลุ่ม aldehyde volatile oils ที่สามารถแตกตัว และเข้าจับกับผนังเซลล์ของเชื้อราที่มีองค์ประกอบของ polysaccharide เช่น chitin, protein และ lipid ได้ดี ทำให้เกิดการแทรกซึมของน้ำมันหอมระเหยเข้าสู่ภายในเซลล์ และเกิดการรั่วไหลของของเหลวภายในเซลล์ (Rodriguez และคณะ, 2007) ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยมะกรูด, ยูคาลิปตัส และแฝก มีสารหอมระเหย terpineol, limonene, β-phellandrene และ citronellal; eucalyptol, o-cymene และ terpineol; β-vatirenene, coumarin และ naphthalenepropanol (Figure 1) เป็นองค์ประกอบสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheng และคณะ (2008) ที่กล่าวว่าสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างสายโซ่ของคาร์บอนที่ต่อกับไฮโดรเจน และมีออกซิเจนในหมู่ฟังก์ชั่น มีความเป็น lipophilic สูง ทำให้จับกับผนังเซลล์ และซึมเข้าสู่ภายในเซลล์ได้มาก จึงมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราได้ดี โดยน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. herbarum* ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ *A. niger* และ *R. stolonifer* ตามลำดับ (Table 1) โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *C. herbarum, A. niger* และ *R. stolonifer* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า inhibition zone เท่ากับ 93.37, 92.10 และ 85.17 mm ตามลำดับ

สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยอบเชยมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด อาจเนื่องมาจากน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีสารหอมระเหย cinnamaldehyde ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *C. herbarum, A. niger* และ *R. stolonifer* ได้ดีกว่า สารหอมระเหยในน้ำมันหอมระเหยมะกรูด ยูคาลิปตัส และแฝก

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

พัทราริณี มุนิลโฑ, 2550, การสกัดพืชหอมและน้ำมันหอมระเหย, พิมพ์ทอง, นนทบุรี, หน้า 203-204.

รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547, การตรวจสอบและการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

Burt, S., 2004, Essential oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Food, International Journal of Food Microbiology, 94: 223-253.

Cheng, S.S., Liu, J.Y., Chang, E.H. and Chang, S.T., 2008, Antifungal Activity of Cinnamaldehyde and Eugenol Congeners Against Wood-rot Fungi, Bioresource Technology, 99: 5145–5149.

Fabbri, A.A., Ricelli, A., Brasini, S. and Fanelli, C., 1997, Effect of Different Antifungals on the Control of Paper Biodeterioration Caused by Fungi, International Biodeterioration and Biodegradation, 39: 61-65.

Matan, N., Woraprayote, W., Saengkrajang, W., Sirisombat, N. and Matan, N., 2009, Durability of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*) Treated with Peppermint oil, Eucalyptus oil, and Their Main Components, International Biodeterioration and Biodegradation, 63: 621–625.

Nielsen, P.V. and Rios, R., 2000, Inhibition of Fungal Growth on Bread by Volatile Components from Spices and Herbs, and the Possible Application in Active Packaging, with Special Emphasis on Mustard Essential Oil, International Journal Food Microbiology, 25: 219-229.

Rodriguez, R., Batlle, R. and Nerin, C., 2007, The Use of Natural Essential Oils as Antimicrobial Solution in Paper Packaging Part II, Progress in Organic Coating, 60: 33-38.

Velluti, A., Sanchis, A., Ramos, A.J., Egido, J. and Marin, S., 2003, Inhibitory Effect of Cinnamon, Clove, Lemongrass, Oregano and Palmarose Essential Oils on Growth and Fumonisin B_1 Production by *Fusarium proliferatum* in Maize Grain, International Journal of Food Microbiology, 89: 145-154.

Table 1 Efficiency of 4 essential oils; cinnamon, kiffer lime, eucalyptus and vertiver for antifungal of *A. niger*, *C. herbarum* and *R. stolonifer*

Essential oils	concentration	Inhibition zone of antifungal (mm) *A. niger*	*C. herbarum*	*R. stolonifer*
control (DMSO)	0	0.00 ^{e}±0.00	0.00 ^{e}±0.00	0.00 ^{e}±0.00
cinnamon	5,000	76.73 ^{b}±3.87	76.93 ^{b}±3.37	67.03 ^{bc}±2.56
	10,000	92.10 ^{a}±2.65	93.37 ^{a}±2.71	85.17 ^{a}±3.40
kiffer lime	5,000	65.50 ^{bc}±3.05	62.50 ^{bc}±2.18	65.17 ^{bc}±2.63
	10,000	76.67 ^{b}±2.25	76.57 ^{b}±1.50	74.27 ^{b}±3.66
eucalyptus	5,000	43.10 ^{d}±2.75	0.00 ^{e}±0.00	49.27 ^{c}±4.20
	10,000	64.60 ^{bc}±3.34	52.67 ^{c}±1.19	66.40 ^{bc}±2.15
vetiver	5,000	0.00 ^{e}±0.00	0.00 ^{e}±0.00	0.00 ^{e}±0.00
	10,000	49.87 ^{c}±1.85	43.30 ^{d}±0.00	45.30 ^{d}±2.91
F-Test		**	**	**
C.V. (%)		9.17	11.50	7.46
LSD		1.36	5.24	2.95

** mean in the same column are significant different ($p \leq 0.05$)

[a, b, c,d,e] Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p \leq 0.05$)

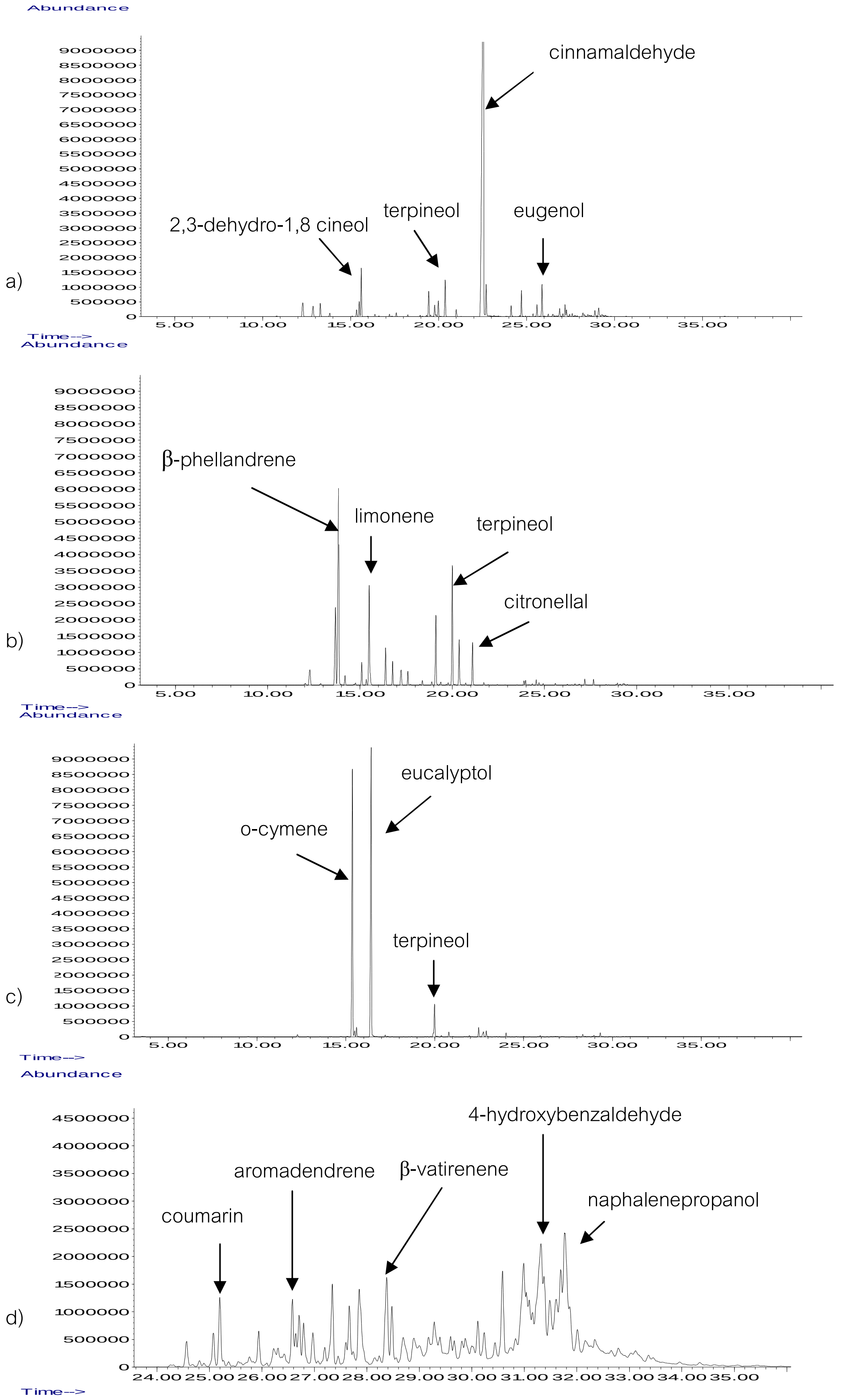


Figure 1 Volatile compound chromatogram of (a) cinnamon oil, (b) kiffer lime oil, (c) eucalyptus oil and (d) vetiver oil

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระดาษผสมน้ำมันหอมระเหยอบเชยเพื่อป้องกันเชื้อรา

Development of Antifungal Paper Packaging by Adding with Cinnamon Oil

วริศรา ชื่นอารมย์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Chuenarom, V.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This research was aimed to develop antifungal paper packaging against *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. and *Rhizopus stolonifer*, which grow on high cellulose material such as paper. The addition of cinnamon oil at concentration 30,000 ppm by spraying with air spray gun, blushing and dipping for replace the use of chemical to prevent mold. Antifungal activity of paper packaging incorporated with cinnamon oil by disc diffusion method compared with paper packaging without cinnamon oil (negative control). The result show that paper packaging add cinnamon oil by dipping at concentration 30,000 ppm could inhibit the maximum growth of *A. niger*, *Penicillium* sp. and *R. stolonifer* averaged inhibition zone 47.07, 54.23 and 46.67 27 mm respectively.

Keywords: antifungal paper packaging, cinnamon oil, disc diffusion method, inhibition zone

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระดาษป้องกันเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. และ *Rhizopus stolonifer* ที่เจริญได้บนวัตถุที่มีเซลลูโลสสูง เช่น กระดาษ ด้วยการเติมน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ความเข้มข้น 30,000 ppm ด้วยวิธีการพ่นด้วย air spray gun การทาด้วยแปรง และการจุ่ม เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันเชื้อรา และเมื่อนำกล่องกระดาษที่เติมน้ำมันหอมระเหยอบเชยมาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราด้วยวิธี disc diffusion method เปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์กระดาษที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย (negative control) พบว่า บรรจุภัณฑ์กระดาษที่จุ่มน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ความเข้มข้น 30,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. niger*, *Penicillium* sp. และ *R. stolonifer* ได้ดีที่สุดโดยมีค่า inhibition zone เท่ากับ ด้วย 47.07, 54.23 และ 46.67 mm ตามลำดับ

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์กระดาษป้องกันเชื้อรา น้ำมันหอมระเหยอบเชย disc diffusion method, inhibition zone

คำนำ

กระดาษได้รับความนิยมมากในการนำมาใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้ง่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษมักไม่ทนต่อความชื้น ก๊าซ เก็บกลิ่น และ การเจริญของเชื้อรา (Fabbri และคณะ, 1997; สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) เช่น *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. และ *Rhizopus stolonifer* เนื่องจากเส้นใยของกระดาษมีส่วนประกอบสำคัญของเซลลูโลส,เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเป็นสารอาหารที่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อราชนิดต่างๆ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546; พัทราริณี, 2550) ทำให้ในอุตสาหกรรมกระดาษได้มีการเติมสารเคมีป้องกันเชื้อรา เช่น creosote และ pentachorophenol ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Cheng และคณะ, 2008) ทำให้สารสกัดจากธรรมชาติหรือน้ำมันหอมระเหยได้มีบทบาทในการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราหลายชนิด โดยอบเชย (cinnamon) จัดเป็นพืชพื้นบ้าน หรือพืชท้องถิ่นที่พบได้มากในประเทศไทย สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยได้ และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีสารหอมระเหยในกลุ่ม aldehyde และ alcohol ที่มีคุณสมบัติเป็น lipophilic สามารถเข้าจับผนังเซลล์เชื้อราและแทรกซึมเข้าในภายในเซลล์ ทำให้ระบบการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในการสร้างพลังงานภายในเซลล์ผิดปกติ และเกิดการรั่วไหลของของเหลวภายในเซลล์ทำให้เซลล์ตาย (พัทราริณี, 2550; Cheng และคณะ, 2008; Rodriguez และคณะ, 2007; Matan และคณะ, 2009) ดังนั้นจึงได้ทดสอบเติมน้ำมันหอมระเหยอบเชยลงในกระดาษสำหรับใช้ทำบรรจุภัณฑ์ด้วยวิธีการพ่น ทา และจุ่ม เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่เจริญได้บนบรรจุภัณฑ์กระดาษเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซ.เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมเชื้อรา

นำเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. และ *Rhizopus stolonifer* ปริมาตร 0.1 mL มา spread บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 3 วัน และนำน้ำกลั่นปริมาตร 5 mL ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง autoclave เทบนอาหาร PDA ขูดเชื้อให้ละลายในน้ำกลั่น และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายปริมาตร 0.1 mL และนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธี disc diffusion method ต่อไป

การเตรียมน้ำมันหอมระเหยอบเชย

นำเปลือกอบเชย มาหั่นอยู่ในช่วง 2-3 cm แล้วมาใส่หม้อกลั่นแล้วใส่น้ำกลั่น ใช้อุณหภูมิปานกลาง (เบอร์ 5) และเก็บน้ำมันหอมระเหยด้วยที่ออกมาทุกๆ 2 ชม. นาน 1 วัน หรือจนกว่าน้ำมันหอมระเหยจะออกมาหมด มาเตรียมที่ความเข้มข้น 30,000 ppm ด้วย dimethyl sulfoside (DMSO) โดยใช้ชุดควบคุม (control) เป็น DMSO ที่ไม่ผสมกับน้ำมันหอมระเหย (0 ppm)

การเตรียมกระดาษผสมน้ำมันหอมระเหยอบเชย

การเตรียมกระดาษ โดยการนำเยื่อกระดาษคราฟท์ที่มีน้ำหนักตามที่คำนวณได้จากสูตร ให้มีน้ำหนัก 180 แกรม มาผสมกับน้ำให้เข้ากัน แล้วนำไปเทลงเครื่องอัดรีดน้ำ ใช้กระดาษ 100 ปอนด์ประกบหน้า-หลัง เพื่อซับน้ำ ก่อนนำเข้าเครื่องอัดรีดกระดาษ และนำมาตั้งวางให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 วัน เติมน้ำมันหอมระเหยลงในกระดาษคราฟท์ขึ้นรูปด้วยวิธีการพ่นด้วย air spray gun การทาด้วยแปรงขนาด ½ นิ้ว และจุ่ม ในกล่องพลาสติกขนาด 313 x205 x135 mm ที่เตรียมน้ำมันหอมระเหยไว้ที่ความเข้มข้น 30,000 ppm และปริมาตร 40 mL นำกระดาษที่เติมน้ำมันหอมระเหยเข้าตู้อบ (oven) ที่อุณหภูมิ 40 ºC นาน 1 วัน เพื่อให้แห้ง และนำมาทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี disc diffusion method

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี disc diffusion method

นำน้ำมันหอมระเหยอบเชยความเข้มข้น 30,000 ppm ที่เตรียมไว้ปริมาตร 20 µL หยดใส่กระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 mm และนำกระดาษกรองที่หยดน้ำมันหอมระเหยแล้ววางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีเชื้อที่เตรียมไว้ บ่มที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 3 วัน บันทึกขนาดของ inhibition zone หน่วยเป็น mm

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลไม้ (สตรอเบอร์รี่)

นำกระดาษคราฟท์ที่เติมน้ำมันหอมระเหยอบเชย 30,000 ppm มาพับเป็นกล่องกระดาษขนาด 5×10×5.5 cm^3 ใส่ผลสตรอเบอร์รี่น้ำหนักสุทธิ 40 กรัม ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ และเก็บที่อุณหภูมิ 4 ºC ควบคุมความชื้นด้วย $MgNO_3$ (RH=53%) และสังเกตการเจริญของเชื้อราบนผลไม้ (สตรอเบอร์รี่) และกล่องกระดาษ ทุก 5 วัน นาน 15 วัน (0, 5, 10 และ 15 วัน)

การวิเคราะห์ข้อมูล

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

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า การเติมน้ำมันหอมระเหยอบเชยความเข้มข้น 30,000 ppm โดยวิธีการจุ่มในกระดาษคราฟท์ขึ้นรูปขนาด 180 แกรม สามารถยับยั้งเชื้อราสามารยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. และ *Rhizopus stolonifer* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า inhibition zone เฉลี่ยเท่ากับ 47.07, 54.23 และ 46.67 mm ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีการทา (42.13, 49.10 และ 46.67 mm ตามลำดับ) และวิธีการพ่น (39.60, 46.50 และ 42.40 mm ตามลำดับ) เนื่องจากการจุ่มมีการดูดซับน้ำมันหอมระเหยอบเชยปริมาณสูงกว่าวิธีอื่น ทำให้สารหอมระเหย cinnamaldehyde ในน้ำมันหอมระเหยอบเชย (พัทราริณี, 2550; Cheng และคณะ, 2008; Rodriguez และคณะ, 2007; Matan และคณะ, 2008) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. และ *Rhizopus stolonifer* แทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของกระดาษที่เกิดจากการซ้อนทับกันของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ได้มากกว่าวิธีการทา และพ่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Matan และคณะ (2005) Rodriguez และคณะ (2007) Cheng และคณะ (2008) และ Matan และคณะ (2009) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus terreus*, *Aspergillus* sp., *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer* และ *Penicillium* sp. สำหรับการนำกระดาษมาพับเป็นกล่องสำหรับใส่ผลสตรอ

เบอร์รี่สดเก็บในกล่องที่ควบคุมความชื้นด้วย $MgNO_3$ (RH=53%) ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 15 วัน พบว่า กล่องกระดาษที่เติมน้ำมันหอมระเหยอบเชยด้วยวิธีการพ่น, ทา และจุ่ม ไม่พบการเจริญของเชื้อราบนผลของสตรอเบอร์รี่ ในขณะที่กล่องกระดาษที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยอบเชยพบการเจริญของเชื้อราบนผลสตรอเบอร์รี่ (Figure 1)

สรุปผล

การเติมน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ความเข้มข้น 30,000 ppm ในกระดาษคราฟท์ขึ้นรูปขนาด 180 แกรม โดยวิธีการจุ่มสามารถยับยั้งเชื้อราสามารยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. และ *Rhizopus stolonifer* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า inhibition zone เฉลี่ยเท่ากับ 47.07, 54.23 และ 46.67 mm ตามลำดับ เมื่อนำมาพับเป็นกล่องใส่ผลสตรอเบอร์รี่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 15 วัน ไม่พบการเจริญของเชื้อราบนผลของสตรอเบอร์รี่ และกล่องกระดาษ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

พัทราริณี มุนิลโฑ, 2550, การสกัดพืชหอมและน้ำมันหอมระเหย, พิมพ์ทอง, นนทบุรี, หน้า 203-204.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, คู่มือการใช้กระดาษเพื่อการหีบห่อ, ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 128 หน้า.

รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547, การตรวจสอบและการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

Cheng, S.S., Liu, J.Y., Chang, E.H. and Chang, S.T., 2008, Antifungal Activity of Cinnamaldehyde and Eugenol Congeners Against Wood-rot Fungi, Bioresource Technology, 99: 5145–5149.

Fabbri, A.A., Ricelli, A., Brasini, S. and Fanelli, C., 1997, Effect of Different Antifungals on the Control of Paper Biodeterioration Caused by Fungi, International Biodeterioration and Biodegradation, 39: 61-65.

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

Matan, N., Woraprayote, W., Saengkrajang, W., Sirisombat, N. and Matan, N., 2009, Durability of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*) Treated with Peppermint oil, Eucalyptus Oil, and Their Main Components, International Biodeterioration and Biodegradation, 63: 621–625.

Rodriguez, R., Batlle R. and Nerin C., 2007, The Use of Natural Essential Oils as Antimicrobial Solution in Paper Packaging Part II, Progress in Organic Coating, 60: 33-38.

Table 1 Inhibition zone of cinnamon oils at concentration 30,000 ppm in paper packaging for against *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. and *Rhizopus stolonifer*

Treatment	*Aspergillus niger*	*Penicillium* sp.	*Rhizopus stolonifer*
negative control	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00 ±0.00
พ่น	39.60^{a}±3.61	46 50^{a}±2.70	42.40^{b}±8.86
ทา	42.13^{a} ±3.79	49.10^{a} ±4.81	44.80^{b}±3.64
จุ่ม	47.07^{a}±4.90	54.23^{a} ±5.82	46.67^{a}±3.26
F-Test	ns	ns	*
C.V. (%)	9.63	10.68	13.09
LSD	8.26	10.62	11.67

ns mean in the same column are not significant different ($p \geq 0.01$)

* mean in the same column are significant different ($p \leq 0.05$)

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

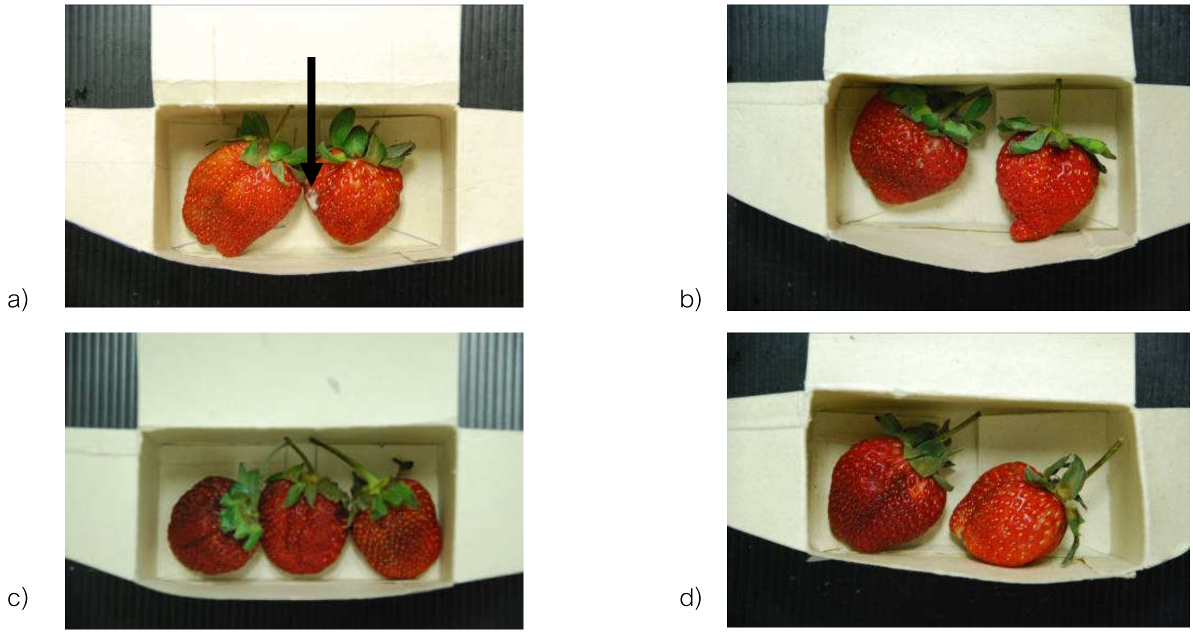


Figure 1 Appearance of paper boxes packaging ((a) without chemical) and adding with cinnamon essential oils at 30,000 ppm by 3 techniques; (b) air gun spraying, (c) brushing and (d) dipping storage for can 15 days.

สารหอมระเหยและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพราและวงศ์ขิง

Volatile Compounds and Antimicrobial Activity of E ssential oil from Laminaceae and Zingiberaceae

ดวงฤดี หวั้นหนู[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1]และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Wannu, D.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Volatile compounds of three Laminaceae, holy basil; sweet basil; and peppermint oils by simultaneous distillation extraction (SDE) were eugenol; caryophyllene, estragole; menthol and limonene. Two Zingiberaceae, cardamom and turmeric oil by hydrodistillation extraction consisted of eucalyptus; linalool and tumerone as the major volatile compounds. Antimicrobial activity of five essential oils (EOs) against five microbial species: *Bacillus cereus*, *Leuconostoc mesenteroides, Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus aureus* and *Aspergillus flavus* was tested by disc diffusion method. Various concentrations of EOs were varied at 0, 5,000, 10,000 and 20,000 ppm. It was found that all concentrations of sweet basil oil by SDE could inhibit the maximum growth of *B. cereus*, *L. mesenteroides, L. plantarum S. aureus* and *A. flavus*. The greatest inhibition zone was from sweet basil oil at 20,000 ppm which their inhibition zones against five microbial were 77.80, 57.90, 48.37, 51.93 and 30.03 mm, respectively.

Keywords: essential oils, holy basil, sweet basil, peppermint, cardamom, turmeric, antibacteria

บทคัดย่อ

ผลจากการศึกษาสารหอมระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพรา 3 ชนิด คือ กะเพรา โหระพา สะระแหน่ ที่ได้จากการสกัดด้วยการกลั่นพร้อมสกัดมีสารหอมระเหย ได้แก่ eugenol; caryophyllene, estragole; menthol และ limonene ส่วนสารหอมระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์ขิง 2 ชนิด คือ กระวานและขมิ้นชันที่ได้จากการต้มกลั่นมีสารหอมระเหยได้แก่ ได้แก่ eucalyptus; linalool และ tumerone เมื่อนำมาศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด โดยใช้ความเข้มข้น 0, 5,000. 10,000, และ 20,000 พีพีเอ็ม ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Bacillus cereus*, *Leuconostoc mesenteroides, Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus aureus* และ *Aspergillus flavus* โดยวิธี disc diffusion method พบว่าน้ำมันหอมระเหยโหระพาที่ได้จากการกลั่นพร้อมสกัดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดได้ดีที่สุดทุกความเข้มข้น และให้ค่าเฉลี่ย zone of inhibition ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดสูงที่สุดเมื่อใช้ความเข้มข้น 20,000 พีพีเอ็ม เท่ากับ 77.80, 57.90, 48.37, 51.93 และ 30.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย กระเพรา โหระพา สะระแหน่ กระวาน ขมิ้นชัน ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

คำนำ

อุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบันนี้มีแนวโน้มที่จะลดการใช้สารเคมีเป็นวัตถุป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร (Tassou และคณะ, 2000) สำหรับในประเทศไทยข้าวจัดเป็นเป็นสินค้าหลักที่ส่งออกไปยังต่างประเทศ แต่ปัญหาการส่งออกข้าว คือ มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืช (plant pathogen) ที่ติดมาจากดิน น้ำ ฝุ่น แมลง และมูลสัตว์ จากแปลงปลูก (Laca และคณะ, 2006) ได้แก่ เชื้อ *Alternaria alternata, Aspergillus flavus และ Fusarium* spp. เป็นต้น (Smith และ Dilday, 2003) นอกจากนี้ยังมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Salmonella enteritidis, Listeria monocytogenes และ Lactobacillus plantarum* ซึ่งมีการปนเปื้อนจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในระหว่างกระบวนการเก็บเกี่ยว กระบวนการขนส่ง และกระบวนการเก็บรักษาผลิตผล รวมทั้งจากคนที่เกี่ยวข้องทุกขั้นตอนของกระบวนการเก็บเกี่ยว (Ray, 2001) นอกจากนี้เชื้อรา *Aspergillus*

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

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

flavus (Laca และคณะ, 2006; Seydim และ Sarikus, 2006; Nesci และ Etcheverry, 2009) ที่สามารถสร้างสารพิษ aflatoxin ซึ่งก่อให้เกิดเซลล์มะเร็งในคน ทำให้เกษตรกรหรือโรงสีมีการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อแบคทีเรียเชื้อรา (Jorgensen และ Olesen, 2002; Ioos และคณะ, 2005) อย่างไรก็ตามผลผลิตที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Levital และคณะ, 2009) ดังนั้นเพื่อลดปัญหาจากการใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ การนำสารสกัดจากธรรมชาติโดยเฉพาะการเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยทดแทนสารเคมีสำหรับป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำมันหอมระเหย: น้ำมันหอมระเหยกะเพรา โหระพาและสะระแหน่ สกัดด้วยวิธีการกลั่นพร้อมสกัด (SDE) กระวานและขมิ้นชันสกัดด้วยไอน้ำ และใช้ความเข้มข้นเท่ากับ 500, 10,000 และ 20,000 พีพีเอ็ม ตามลำดับโดยใช้ dimethy sulfoxide (DMSO) เป็นตัวทำละลาย ส่วน control คือ น้ำมันหอมระเหย 0 พีพีเอ็มจากนั้นหยดสารละลายลงบนกระดาษกรอง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด โดยใช้ Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์: สำหรับเชื้อแบคทีเรีย streak เชื้อแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *B. cereus*, *L. mesenteroides*, *L. plantarum* และ *S. aureus* ลงบนอาหาร Nutrient Agar (NA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้ลูปเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของเชื้อแต่ละชนิดลงในอาหาร Nutrient Broth (NB) นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบเท่ากับ 240 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับสารละลาย Mcfarland เบอร์ 5 ที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร โดยให้ค่าที่วัดได้อยู่ระหว่าง 0.8-1 เก็บไว้เพื่อนำไปทดสอบในการหาประสิทธิภาพในขั้นต่อไป ส่วนเชื้อราstreak เชื้อรา *A. flavus* ลงบนอาหาร Potato Dextose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ใช้น้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร เทลงไป เก็บส่วน suspension ไว้เพื่อนำไปทดสอบในการหาประสิทธิภาพในขั้นต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย 5 ชนิด ด้วยวิธี disc diffusion method โดย spread เชื้อแบคทีเรียที่เตรียมไว้ลง Muller Hinton Agar (MHA) ให้ทั่ว ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นวางกระดาษที่หยดน้ำมันหอมระเหยที่ต้องการทดสอบวางลงบนอาหารเลี้ยง ที่มีเชื้ออยู่ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกต clear zone ทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับเชื้อราวิธีการเช่นเดียวกันแต่ใช้อาหาร Potato Dextose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 แสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยกะเพรามีสารหอมระเหยที่สำคัญ ได้แก่ eugenol คิดเป็นร้อยละ 20.88 และ caryophyllene ร้อยละ 32.41 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kothari และคณะ (2004) ที่พบว่า eugenol และ caryophyllene เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้ในน้ำมันหอมระเหยกะเพรา ส่วนน้ำมันหอมระเหยโหระพามีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ estragole ร้อยละ 91.01 และ 1,8-cineol ร้อยละ 1.30 และพบว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญได้แก่ menthol ร้อยละ 52.84 และ menthone ร้อยละ 8.81 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gulluce และคณะ (2007) ที่พบว่า menthol และ menthone เป็นสารหอมระเหยที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ ส่วนน้ำมันหอมระเหยกระวาน พบว่ามี 1, 8-cineol ร้อยละ 82.93 นอกจากนี้ยังพบว่ามี limonene และ bete-pinene ร้อยละ 3.88 และ 2.86 ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันประกอบด้วย turmerone เป็นสารหอมระเหยสำคัญ ร้อยละ 34.52 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jayaprakasha และคณะ (2005) และประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด พบว่า น้ำมันหอมระเหยโหระพามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. cereus, L. mesenteroid*es, *L. plantarum*, *S. aureus* และ *A. flavus* มากที่สุดที่ทุกความเข้มข้น โดยพบว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดความเข้มข้น 2000 พีพีเอ็ม โดยให้ค่าเฉลี่ย zone of inhibition เท่ากับ 77.80, 57.90, 48.37, 51.93 และ 30.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ การที่น้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้เนื่องจากสารหอมระเหยที่พบในน้ำมันหอมระเหย เช่น estragole ที่พบในน้ำมันหอมระเหยโหระพา มีฤทธิ์ทำให้เซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์เกิดความเสียหาย คือ ส่วนของเซลล์

เมมเบรนเกิดการยืดขยายตัวออกทำให้ระบบในการขนส่งของเหลวและไอออนต่างๆ เข้าออกภายในเซลล์เกิดความผิดปกติ ทำให้เซลล์เกิดความเสียหายและตายในที่สุด

สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยกะเพรามีสารหอมระเหยที่สำคัญ ได้แก่ eugenol และ caryophyllene ส่วนน้ำมันหอมระเหยโหระพามีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ estragole และ 1,8-cineol และพบว่าน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญได้แก่ menthol และ menthone ส่วนน้ำมันหอมระเหยกระวาน พบ 1, 8-cineol นอกจากนี้ยังพบว่ามี limonene และ bete-pinene น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันประกอบด้วย turmerone นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยโหระพาที่ได้จากการกลั่นพร้อมสกัด (SDE) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Bluma, R. and Etcheverry, M., 2008, Application of Essential Oils in Maize Grain: Impact on *Aspergillus* Section Flavi Growth Parameters and Aflatoxin Accumulation, Food Micrology, 25: 324-334.

Changa, L.H., Jong ,T.T., Huang, H.S., Nien, Y.F. and Chang, C.M.J., 2006, Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Turmeric Oil from *Curcuma longa* Linn and Purification of Turmerones, Separation and Purification Technology, 47: 119-125.

Gulluce, M., Sahin, F., Sokmen, M., Ozer, H., Daferera, D., Sokmen, A., Polissiou, M., Adiguzel, A. and Ozkan, H., 2007, Antimicrobial and Antioxidant Properties of the Essential Oils and Methanol Extract from *Mentha longifolia* L. ssp. Longifolia, Food Chemistry, 103: 1449-1456.

Kumar, A., Shukla, R., Singh, P. and Dubey, N.D., 2009, Chemical Composition, Antifungal and Antiaflatoxigenic Activities of *Ocimum sanctum* L. Essential Oil and its Safety Assessment as Plant Based Antimicrobial, Food and Chemical Toxicology: 1-29.

Hussain, A.I., Anwar, F., Sherazi, S.T.H. and Przybylski, R., 2008, Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Basil (*Ocimum basilicum*) Essential Oils Depends on Seasonal Variations, Food Chemistry, 108: 986-995.

Laca, A., Mousia, Z., Dıaz, M., Webb, C. and Pandiella, S.S., 2006, Distribution of Microbial Contamination within Cereal Grains, Journal of Food Engineering, 32: 332-338.

Tassou, C., Koutsoumanis, K. and Nychas, G., 2000, Inhibition of *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus* in Nutrient Broth by Mint Essential Oil, Food Research International, 33: 273-280.

Table 1 Chemical composition of holy basil oil, sweet basil oil, mint oil, cardamom oil and turmeric by GC-MS.

Chemicai composition	%Relative area				
	Holy basil oil	Sweet basil oil	Mint oil	Cardamom oil	Turmeric oil
caryophyllene	20.88	-	-	-	-
eugenol	32.41	-	-	-	-
estragole	-	91.01	-	-	-
1,8-cineol	-	1.30	-	82.93	-
menthone	-	-	8.81	-	-
menthol	-	-	52.84	-	-
limonene	-	-	-	3.88	-
beta-pinene	-	-	-	2.86	-
curcumene	-	-	-	-	-
turmerone	-	-	-	-	34.52
Ar-turmerone	-	-	-	-	28.72

Table 2 Antibacterial activity of holy basil oil, sweet basil oil, mint oil, cardamom oil and turmeric oil for antibacterial *Bacillus cereus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum* and *Stapphylococcus aureus*.

Essestial oil	Concentration	Inhibition Zone (mm.)				
		B. cereus	*L. mesenteroid*	*L. plantarum*	*S. aureus*	*A. flavus*
Control (DMSO)	0	0	0	0	0	0
Holy basil oil	5000	$49.93^{f}\pm3.79$	$27.53^{ijk}\pm3.09$	$26.10^{ghij}\pm0.75$	$25.60^{gh}\pm1.59$	$13.47^{mn}\pm0.23$
	10000	$65.70^{cd}\pm7.28$	$36.47^{de}\pm2.24$	$38.07^{bc}\pm6.79$	$33.13^{de}\pm1.42$	$16.10^{jk}\pm1.25$
	20000	$68.93^{bc}\pm11.56$	$54.73^{a}\pm3.52$	$45.93^{a}\pm4.29$	$46.07^{b}\pm8.03$	$23.77^{d}\pm0.93$
Sweet basil oil	5000	$53.47^{ef}\pm8.73$	$35.27^{ef}\pm3.56$	$29.33^{fg}\pm0.65$	$35.43^{d}\pm2.09$	$20.07^{gh}\pm0.98$
	10000	$72.77^{ab}\pm1.96$	$47.40^{b}\pm1.21$	$41.13^{b}\pm1.12$	$43.10^{b}c\pm1.93$	$27.00^{b}\pm0.30$
	20000	$77.80^{a}\pm3.97$	$57.90^{a}\pm4.25$	$48.37^{a}\pm1.01$	$51.93^{a}\pm4.25$	$30.03^{a}\pm0.49$
Mint oil	5000	$47.60^{fg}\pm4.92$	$26.73^{ijkl}\pm4.22$	$23.6^{jklm}\pm0.46$	$21.83^{hij}\pm2.81$	$13.40^{mn}\pm1.06$
	10000	$59.57^{cd}\pm10.86$	$31.2^{gh}\pm5.07$	$28.23^{gh}\pm3.75$	$30.27^{ef}\pm2.84$	$15.50^{kl}\pm0.10$
	20000	$68.23^{bc}\pm7.15$	$49.37^{b}\pm3.95$	$35.07^{de}\pm0.51$	$42.97^{bc}\pm4.66$	21.00fg±0.20
Cardamom oil	5000	$41.93^{gh}\pm3.76$	$19.67^{opq}\pm0.76$	$21.9^{lmno}\pm0.36$	$20.90^{ijkl}\pm3.99$	$17.97^{i}\pm0.42$
	10000	$48.37^{fg}\pm6.33$	$22.7^{mno}\pm0.47$	$22.87^{jklmn}\pm1.26$	$25.60^{gh}\pm0.87$	$22.37^{e}\pm0.67$
	20000	$53.20^{ef}\pm2.76$	$27.80^{ijk}\pm1.12$	$32.43^{ef}\pm5.83$	$33.37^{de}\pm3.78$	$26.47^{bc}\pm0.55$
Turmeric oil	5000	$31.30^{jkl}\pm1.37$	$15.93^{rs}\pm0.35$	$19.10^{opqr}\pm0.95$	$17.17^{lmno}\pm1.40$	$16.93^{ij}\pm0.61$
	10000	$43.23^{gh}\pm2.4$	$20.47^{op}\pm1.00$	$19.77^{nopq}\pm0.45$	$20.00^{jklm}\pm5.30$	$20.40^{gh}\pm0.53$
	20000	$51.80^{f}\pm2.76$	$25.33^{klm}\pm0.85$	$27.30^{ghi}\pm1.92$	$29.47^{efg}\pm1.26$	$23.87^{d}\pm0.60$

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

ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรจีนบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. เชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว

Efficacy of Some Chinese Herbs Crude Extracts on Inhibition of *Fusarium* sp., the Caused Agent of Dirty Panicle Disease in Rice

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] วิมลพรรณ รุ่งพรหม[1] ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล[1] และ สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์[1]

Sawatdikarn, S.[1], Rungprom, W.[1], Siripornvisal, S.[1] and Samithiarporn, S.[1]

Abstract

Crude extracts from nine chinese herbs namely; chrysanthemum *(Chrysanthemum indicum*), polygonum *(Polygonum odoratum*), chinese licorice *(Glycyrrhiza glabra*), long pepper *(piper longum*), radix *(Codonopsis pilosula*), asgragum *(Astragalus monglolicus*), chinese paeonium *(Paeonia lactiflora*), chinese star anise *(Zingiber cassumunar*) and chinese dioscorea *(Dioscorea opposite*) were tested inhibition of *Fusarium* sp. (the caused agent of dirty panicle disease in rice) by poisonous food technique and used at 0, 1,000, 2,500, 5,000, 7,500 and 10,000 ppm. The inhibition of mycelial growth and spore germination were recorded. The results showed that the chinese licorice crude extracts at 10,000 ppm and chinese dioscorea crude extracts at 7,500 and 10,000 ppm gave the highest inhibition of mycelial growth at 100% whereas, asgragum and chinese paeonium crude extracts at 10,000 ppm had the inhibition at 38 and 55 %, respectively. For inhibition of spore germination, the long pepper at all concentration showed the highest inhibition at 100%, the six chinese herb crude extracts; chrysanthemum, chinese licorice, radix, chinese paeonium, chinese star anise and chinese dioscorea at 2,500-10,000 ppm reached the highest inhibition of spore germination at 100% whereas, asgragum and polygonum crude extracts at 10,000 ppm had the inhibition at 10 and 18%, respectively.

Keywords: crude extracts, chinese herbs, *Fusarium* sp., dirty panicle disease in rice

บทคัดย่อ

ทำการทดสอบผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 9 ชนิด คือ เก็กฮวย *(Chrysanthemum indicum*) เง็กเต็ก *(Polygonum odoratum*) ชะเอมเทศ *(Glycyrrhiza glabra*) ดีปลี *(piper longum*) ตังเซียม *(Codonopsis pilosula*) ปักคี *(Astragalus monglolicus*) แปะเจียก *(Paeonia lactiflora*) โป๊ยกั๊ก *(Zingiber cassumunar*) และฮวยซัว *(Dioscorea opposite*) ที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Fusarium* sp. สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าวด้วยวิธี poisonous food technique ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1,000 2,500 5,000 7,500 และ 10,000 ppm พบว่า สารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 2 ชนิด คือ ชะเอมเทศ ความเข้มข้น 10,000 ppm และฮวยซัว ความเข้มข้น 7,500 และ 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% ส่วนสารสกัดจากปักคีและแปะเจียก ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 38 และ 55% ตามลำดับ สำหรับการทดสอบการยับยั้งการงอกของสปอร์ พบว่า สารสกัดจากดีปลีทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ส่วนสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 6 ชนิด คือ เก็กฮวย ชะเอมเทศ ตังเซียม แปะเจียก โป๊ยกั๊ก และฮวยซัว ความเข้มข้น 2,500-10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ส่วนสารสกัดจากปักคีและเง็กเต็ก ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 10 และ 18% ตามลำดับ

คำสำคัญ: สารสกัดหยาบ พืชสมุนไพรจีน *Fusarium* sp. โรคเมล็ดด่างของข้าว

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

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

คำนำ

การควบคุมโรคเมล็ดด่างด้วยวิธีทางชีววิภาพเป็นวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันเนื่องจากเป็นวิธีที่ปลอดภัยต่อผู้ใช้ ผู้บริโภคและสภาพแวดล้อม วิธีที่ใช้ได้ดีวิธีหนึ่งคือ การใช้พืชสมุนไพร มีการศึกษาการใช้สมุนไพรบางชนิดในการควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าว เช่น การใช้สารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 6 ชนิด คือ กระชาย ขมิ้นชัน ขิง ข่า ไพล และเร่วหอม ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว 2 ชนิด คือ *Fusarium* sp. (ศานิต และ สิริวรรณ, 2553) และ *Alternaria sp.* (ศานิต และ สิริวรรณ, 2554) การใช้สารสกัดจากขมิ้นชันในการควบคุมเชื้อ 2 ชนิด คือ *Fusarium moniliforme* และ *F. semitectum* (ทวัช และ นุชนารถ, 2546) รวมทั้งการใช้สารสกัดจากพืชหลายชนิดในการควบคุมโรคพืชอื่น เช่น การใช้สารสกัดจากกานพลู ตะไคร้ และตะไคร้หอม ในการควบคุมเชื้อ *Phomopsis azadirachtae* (Prasad และคณะ, 2010) การใช้สารสกัดจากพืช 5 ชนิด คือ ไทม์ กานพลู สะระแหน่ ถั่วเหลือง และถั่วลิสง ในการควบคุมเชื้อ 2 ชนิด คือ *Fusarium. oxysporum* และ *F. equiseti* ที่ติดมากับเมล็ดถั่ว cowpea (Kritzinger และคณะ, 2002) และการใช้สารสกัดจากออริกาโนและไทม์ในการควบคุมเชื้อราในโรงเก็บ 3 ชนิด คือ *Aspergillus flavus A. niger* และ *A. ochraceus* (Paster และคณะ, 1995) จะเห็นได้ว่าการใช้สารสกัดจากสมุนไพรสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราบางชนิดได้ สำหรับการควบคุมโรคเมล็ดด่างข้าวโดยใช้สารสกัดจากสมุนไพรจีน 9 ชนิด ยังไม่มีการศึกษามาก่อนหรือมีการศึกษาน้อย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีนในการควบคุมโรคพืชอื่น การทดลองนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 9 ชนิดในการยับยั้งการเจริญและการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Fusarium sp.* ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุที่สำคัญของโรคเมล็ดด่างของข้าวชนิดหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ 1) การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 9 ชนิด คือ เก๊กฮวย เง็กเต็ก ชะเอมเทศ ดีปลี ตังเซียม ปักคี แปะเจียก โป๊ยกั๊ก และฮวยซัว ที่สกัดด้วยเอทานอลต่อการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *Fusarium* sp. ทดสอบด้วยวิธี poisonous food technique ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 2,500 5,000 7,500 และ 10,000 ppm สำหรับชุดเปรียบเทียบไม่ผสมสารสกัดจากพืช ทำการตรวจผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีที่เจริญและนำค่าที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย และ 2) การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 9 ชนิด คือ เก๊กฮวย เง็กเต็ก ชะเอมเทศ ดีปลี ตังเซียม ปักคี แปะเจียก โป๊ยกั๊ก และฮวยซัว ที่มีผลต่อการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Fusarium* sp. นำสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีนทั้ง 9 ชนิดผสมใส่ในอาหาร PDA ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 2,500 5,000 7,500 และ 10,000 ppm และชุดเปรียบเทียบไม่ผสมสารสกัดจากพืช บันทึกผลการงอกของสปอร์และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พืชสมุนไพรจีนที่นำมาทดสอบทั้ง 9 ชนิด ความเข้มข้น 1,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อ *Fusarium* sp. อยู่ระหว่าง 1.28-61.64% (Table 1) และเมื่อให้สารสกัดจากพืชสมุนไพรจีนมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเพิ่มขึ้น และมีการยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% ของพืชสมุนไพร 2 ชนิด คือ สารสกัดจากชะเอมเทศและฮวยซัว ความเข้มข้น 7,500 และ 10,000 ppm จากการทดลองนี้พบว่า พืชสมุนไพรจีนที่นำมาทดสอบสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้ เช่น การใช้สารสกัดจากโป๊ยกั๊กและดีปลีที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้มากกว่า 75 % เมื่อใช้ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm (Table 1) โดยสารสกัดจากโป๊ยกั๊ก ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 77.88% เช่นเดียวกับการทดลองใช้สารสกัดจากโป๊ยกั๊กในการควบคุมเชื้อ *Fusarium* sp. (ปิยฉัตร และคณะ, 2553; Nguefack และคณะ, 2004) ส่วนสารสกัดจากดีปลี ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 76.51% เช่นเดียวกับการทดลองใช้สารสกัดจากดีปลีในการควบคุมเชื้อ *Collectotrichum gloeosporioides* (วิไลรัตน์ และคณะ, 2552) การใช้สารสกัดจากสมุนไพรจีนทั้ง 9 ชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้สูงสุดเมื่อใช้ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เพื่อควบคุมโรคเมล็ดด่างของข้าวที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* sp. เช่นเดียวกับการใช้สารสกัดจากพืชบางชนิดที่สามารถควบคุมเชื้อ *Fusarium* sp. ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้สารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิด คือ กระชาย ขมิ้นชัน ขิง ข่า ไพล และเร่วหอมที่ความเข้มข้น 7,500 และ 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้ 100% (ศานิต และ สิริวรรณ, 2553) และเช่นเดียวกับการใช้สารสกัดจากพืชบางชนิดในการควบคุมเชื้อ *Fusarium oxysporum* และ *F. equiseti* (Kritzinger และคณะ, 2002) และการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชอีกหลายชนิด เช่น *Helminthosporium* sp. (Pattnaik และคณะ, 1997) และ *Aspergillus flavus* (Sinha และคณะ, 1993)

สารสกัดจากดีปลีทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Fusarium sp.* ได้ 100% ในขณะที่สารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 6 ชนิด คือ เก็กฮวย ชะเอมเทศ ตังเซียม แปะเจียก โป๊ยกั๊ก และฮวยซัว ความเข้มข้น 2,500-10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Fusarium sp.* ได้ 100% (Table 2) ส่วนสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีนอีก 2 ชนิด คือ เง็กเต็ก และปัคคี ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้สูงสุดเท่ากับ 10 และ 18% ตามลำดับ (Table 2) จะเห็นได้ว่าการใช้พืชสมุนไพรจีน จำนวน 7 ชนิด คือ เก็กฮวย ชะเอมเทศ ดีปลี ตังเซียม แปะเจียก โป๊ยกั๊ก และฮวยซัว มีประสิทธิภาพสูงซึ่งสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ทำให้ไม่ต้องใช้สารสกัดในปริมาณสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพืชสมุนไพรจีนแต่ละชนิดมีสารชีวเคมีเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันแต่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ใกล้เคียงกัน การใช้พืชสมุนไพรจีนทุกชนิดจึงมีศักยภาพสูงในการควบคุมโรคเมล็ดด่างที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* sp. เช่นเดียวกับการใช้สารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 6 ชนิด คือ กระชาย ขมิ้นชัน ขิง ข่า ไพล และเร่วหอม ที่สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Fusarium* sp. (ศานิต และ สิริวรรณ, 2553) และเชื้อ *Alternaria sp.* (ศานิต และ สิริวรรณ, 2554) ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างที่สำคัญ และเช่นเดียวกับการใช้สารสกัดจากขมิ้นชันในการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Fusarium moniliforme* และ *F. semitectum* (ทวัช และ นุชนารถ, 2546) และจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การใช้สารสกัดจากดีปลีสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ที่ทุกระดับความเข้มข้น (Table 2) เช่นเดียวกับการทดลองใช้สารสกัดจากดีปลีในการควบคุมเชื้อ *Collectotrichum gloeosporioides* (วิไลรัตน์ และคณะ, 2552) สารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 2 ชนิด คือ สารสกัดจากชะเอมเทศและฮวยซัว ที่ความเข้มข้น 7,500 และ 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้ 100% (Table 1) ส่วนการยับยั้งการงอกของสปอร์ พบว่า สารสกัดจากดีปลีทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ส่วนพืชสมุนไพรจีน 6 ชนิด คือ เก็กฮวย ชะเอมเทศ ตังเซียม แปะเจียก โป๊ยกั๊ก และฮวยซัว ความเข้มข้น 2,500-10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% (Table 2) จึงมีความเป็นไปได้ในการนำพืชสมุนไพรจีนจำนวน 2 ชนิด คือ ชะเอมเทศและฮวยซัว ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อ *Fusarium* sp. และนำพืชสมุนไพรจีน จำนวน 6 ชนิด คือ ดีปลี เก็กฮวย ชะเอมเทศ ตังเซียม แปะเจียก โป๊ยกั๊ก และฮวยซัว ในการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Fusarium* sp.

สรุปผล

สารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 2 ชนิด คือ ชะเอมเทศ ความเข้มข้น 10,000 ppm และฮวยซัว ความเข้มข้น 7,500 และ 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% ส่วนสารสกัดจากปักคีและแปะเจียก ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 38 และ 55% ตามลำดับ และ สารสกัดจากดีปลีทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ส่วนสารสกัดจากพืชสมุนไพรจีน 6 ชนิด คือ เก็กฮวย ชะเอมเทศ ตังเซียม แปะเจียก โป๊ยกั๊ก และฮวยซัว ความเข้มข้น 2,500-10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ส่วนสารสกัดจากปักคีและเง็กเต็ก ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 10 และ 18% ตามลำดับ

Table 1 Inhibition degree of mycelial growth of *Fusarium* sp. at different concentration of nine chinese herb crude extracts

Chinese herb crude extracts	Concentration (ppm) of chinese herb crude extracts				
	1,000	2,500	5,000	7,500	10,000
Chrysanthemum	43.89	53.89	62.78	63.33	81.11
Polygonum	18.33	20.67	41.11	47.22	51.11
Chinese licorice	61.64	65.56	68.89	82.19	100
Long pepper	40.96	42.17	63.86	66.57	76.51
Radix	32.69	34.62	47.44	55.13	56.09
Asgragum	19.19	33.89	35.00	37.00	38.00
Chinese paeonium	1.28	9.29	28.53	35.26	55.13
Chinese star anise	42.95	52.88	69.23	70.99	77.88
Chinese dioscorea	59.44	63.70	80.14	100	100

Table 2 Inhibition degree of spore germination of *Fusarium* sp. at different concentration of nine chinese herb crude extracts

Chinese herb crude extracts	Concentration (ppm) of chinese herb crude extracts				
	1,000	2,500	5,000	7,500	10,000
Chrysanthemum	80	100	100	100	100
Polygonum	0	0	0	10	18
Chinese licorice	90	100	100	100	100
Long pepper	100	100	100	100	100
Radix	90	100	100	100	100
Asgragum	0	0	0	0	10
Chinese paeonium	85	100	100	100	100
Chinese star anise	95	100	100	100	100
Chinese dioscorea	90	100	100	100	100

เอกสารอ้างอิง

ทวัช พุ่มวงษ์ และนุชนารถ จงเลขา, 2546, ประสิทธิภาพของสารสกัดน้ำจากเหง้าขมิ้นชันในการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธีการคลุกเมล็ดและวิธีการแช่เมล็ด, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 34(พิเศษ): 164-167.

ปิยฉัตร อัครนุชาด สุภามาศ ช่างแต่ง ปิติพงษ์ โตบันลือภพ สุชาดา เวียรศิลป์ และสงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์, ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, ว. เกษตร., 26: 85-92.

วิไลรัตน์ ศรีนนท์ ธีรพล วันทิตย์ และเกษม สร้อยทอง, 2552, การทดสอบฤทธิ์ต้านรา *Collectotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสมะม่วงของสารสกัดจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 40 (พิเศษ): 75-78.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และสิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์, 2553, ผลของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. เชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 41 (พิเศษ): 605-608.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และสิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์, 2554, ผลของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ขิงบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Alternaria* sp. เชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 42 (พิเศษ): 469-472.

Kritzinger, Q., Aveling, T.A.S. and Marasas, W.F.O., 2002, Effect of Essential Plant Oils on Storage Fungi, Germination and Emergence of Cowpea Seeds, Seed Sci. & Technol., 30: 609-619.

Nguefack, J., Leth, V., Amvan Zollo, P.H. and Mathur, S.B., 2004, Evaluation of Five Essential Oils from Aromatic Plants of Cameroon for Controlling Food Spoilage and Mycotoxin Producing Fung, International Journal of food microbiology, 94: 329-334.

Paster, N., Menasherov, M., Ravid, U. and Juven, B., 1995, Antifungal Activity of Oregano and Thyme Essential Oils Applied as Fumigants Against Fungi Attacking Stored Grain, Journal of Food Protection, 58: 81-85.

Pattnaik., S., Subramanyam, S., Bapaji, V.R. and Cole, M., 1997, Antibacterial and Antifungal Activity of Aromatic Constituents of Essential Oils, Microbios., 89: 358-362.

Prasad, N.M.N., Bhat, S.S. and Sreenivasa, M.Y., 2010, Antifungal Activity of Essential Oils Against *Phomopsis azadirachtae* – the Causative of Die-back Disease of Neem, Journal of Agricultural Technology, 6: 127-133.

Sinha, K.K., Sinha, A.K. and Prasad, G., 1993, The Effect of Clove and Cinnamon Oils on Growth of an Aflatoxin Production by *Aspergillus flavus*, Letters in Applied Microbiology, 16: 14-117.

การคัดกรองฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราและองค์ประกอบออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชวงศ์ผักชี 6 ชนิด

Screening for Antifungal Activity and Active Components of Crude Extracts from 6 Umbelliferae

ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล[1] ปราณี ถาวรลักษณ์[1] และ วิมลพรรณ รุ่งพรหม[1]

Siripornvisal, S.[1], Thawornluk, P.[1] and Rungprom, W.[1]

Abstract

In this study, crude ethanolic or methanolic extracts of 6 Umbelliferae plants (*Apium graveolens* Linn., *Cuminum cyminum* Linn., *Anethum graveolens* Linn., *Carum carvi* Linn., *Carum copticum* Linn. and *Foeniculum vulgare* Mi11) were screened for their antifungal activity against 4 agricultural important fungi viz., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea*. Based on bioautography assay, all the crude extracts was found to possess considerable antifungal activity toward the test fungi. In addition, the bioactive components of the extracts were elucidated by thin layer chromatography technique. Results showed the major components those contribute the antifungal activity of each plant were steroids and/or terpenoids. Results from this study provide the basic information concerning the antifungal activity of the plants tested and their potential exploitation as sources of natural antifungal compounds.

Keywords: Umbelliferae, antifungal activity, bioautography

บทคัดย่อ

ในการวิจัยนี้ ได้นำสารสกัดหยาบเอทานอลหรือเมทานอลของพืชวงศ์ผักชี 6 ชนิด (*Apium graveolens* Linn., *Cuminum cyminum* Linn., *Anethum graveolens* Linn., *Carum carvi* Linn., *Carum copticum* Linn. and *Foeniculum vulgare* Mill) มาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราที่มีความสำคัญทางการเกษตร 4 ชนิด ประกอบด้วย *Aspergillus flavus Aspergillus niger Fusarium oxysporum* และ *Botrytis cinerea* โดยวิธีไบโอออโทกราฟี พบว่าสารสกัดหยาบทุกรายการที่นำมาศึกษามีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราทดสอบได้ พร้อมกันนี้ ยังได้ทำการวิเคราะห์กลุ่มชนิดของสารออกฤทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดหยาบดังกล่าวด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี ผลพบว่า สารองค์ประกอบหลักที่มีส่วนสำคัญต่อการแสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราของพืชแต่ละชนิดเป็นสารกลุ่มสเตียรอยด์ และ/หรือ เทอร์ปีนอยด์ ผลจากการวิจัยนี้ได้ให้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราของพืชที่นำมาทดสอบและศักยภาพการใช้ประโยชน์ของพืชเหล่านั้นในฐานะแหล่งของสารยับยั้งเชื้อราตามธรรมชาติ

คำสำคัญ: พืชวงศ์ผักชี ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา ไบโอออโทกราฟี

คำนำ

การควบคุมเชื้อก่อโรคพืชโดยใช้สารสกัดจากพืชเป็นอีกหนึ่ง กรรมวิธีที่กำลังได้รับความสนใจ เพราะมีความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าใช้สารเคมีสังเคราะห์ พืชวงศ์ผักชี (Umbelliferae) เป็นหมวดหมู่ของพืชผักล้มลุกหมวดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ทั้งในรูปของเครื่องเทศและสมุนไพร (Chopra และคณะ, 1986) ผลแก่ของพืชวงศ์นี้โดยส่วนใหญ่มักมีองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นหอมเย็น และมีสรรพคุณทางยา เช่น ช่วยการไหล เวียนโลหิต ขับลม บรรเทาอาการของโรคเบาหวาน (Gray และ Flatt, 1999) ต้านอาการอักเสบ และลดโคเลสเตอรอล (Chithra และ Leelamma, 1999) และยังมีสรรพคุณในการต้านจุลินทรีย์ได้ จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำส่วนต่างๆ ของพืชวงศ์นี้ไปตรวจหาสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะ ทางการแพทย์ เภสัชกรรม และเกษตรกรรม สำหรับการวิจัยนี้เป็นการนำสารสกัดหยาบเอทานอลหรือเมทานอลของพืชวงศ์ผักชี 6 ชนิด (*Apium graveolens* Linn., *Cuminum cyminum* Linn., *Anethum graveolens* Linn., *Carum carvi* Linn., *Carum copticum* Linn. และ *Foeniculum vulgare* Mill) มาตรวจหาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราที่มีความ สำคัญทางการเกษตร 4 ชนิด ประกอบด้วย

---

[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

Aspergillus flavus Aspergillus niger Fusarium oxysporum และ *Botrytis cinerea* เพื่อพิจารณาศักยภาพการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกรตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตัวอย่างพืชและวิธีสกัดสาร

ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยผลแก่ของ คื่นไช่ (*Apium graveolens* Linn.) ยี่หร่า (*Cuminum cyminum* Linn.) เทียนตาตั๊กแตน (*Anethum graveolens* Linn.) เทียนตากบ (*Carum carvi* Linn.) เทียนเยาวภาณี (*Carum copticum* Linn) และ เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare* Mill) โดยนำตัวอย่างพืชแต่ละชนิดมา บดละเอียด แล้วนำไปแช่ในเมทานอลหรือเอทานอล บรรจุในขวดแก้วปิดสนิท เก็บในที่มืดเป็นเวลา 5 วัน โดยนำออกมาเขย่าเป็นระยะ จากนั้น นำมากรองแยกกากออก นำไปประเหยแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 °C ในเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ จนได้สารสกัดหยาบในรูปผลึก

2. การคัดกรองฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราด้วเทคนิคไบโอออโทกราฟี

การทดสอบด้วยวิธีไบโอออโตกราฟี (bioautography) โดยหยดสารสกัดหยาบสมุนไพรลงบนแผ่น TLC (Silica gel 60 F) ใส่ใน chamber ที่บรรจุตัวทำละลาย CHCl :EtOAc:MeOH สัดส่วน 70:25:5 เป็นวัฏภาคเลื่อนที่ โดยทำ 2 แผ่นคู่กัน หลังจากวัฏภาคเลื่อนที่เคลื่อนไปจนถึงระยะ 1 เซนติเมตรห่างจากขอบบนของแผ่น TLC จึงนำออกจาก chamber และปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำแผ่น TLC แรกไปพ่นด้วยสารย้อม anisaldehyde reagent เพื่อให้เกิดสีเพื่อระบุกลุ่มชนิดของสารองค์ประกอบ ส่วนแผ่นที่สองพ่นด้วยน้ำสปอร์แขวนลอยของเชื้อราทดสอบแต่ละชนิด (*A. flavus*, *A. niger*, *F. oxysporum* และ *B. cinerea*) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในที่มืดและมีความชื้นนาน 3 วันเพื่อตรวจความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา จากนั้นนำผลการทดสอบบนแผ่น TLC ทั้ง 2 แผ่นมาเทียบเคียงค่า Retention factor (R_f) เพื่อระบุกลุ่มชนิดของสารองค์ประกอบที่เป็นสารออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาความสามารถของสารสกัดหยาบจากพืชวงศ์ผักชี 6 ชนิด ที่สกัดโดยใช้เมนอลหรือเอทานอลเป็นตัวทำละลาย ต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา 4 ชนิด คือ *A. niger, A. flavus, F. oxysporum* และ *B. cinerrea* พบว่าสารสกัดหยาบทุกรายการมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา ความสามารถยับยั้งเชื้อราที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของเชื้อราทดสอบ โดยพบว่าสารสกัดส่วนใหญ่จะสามารถยับยั้ง *A. niger*, *A. flavus* ซึ่งเป็นเชื้อราในชั้น Eurotiomycetes Ascomycota ได้ดี แต่มีฤทธิ์ยับยั้ง *F. oxysporum* ซึ่งเป็นเชื้อราในชั้น Sordariomycetes น้อยหรือไม่พบฤทธิ์ยับยั้ง (Figure 1 และ Table 1) และเมื่อพิจารณากลุ่มของสารองค์ประกอบที่เป็นสารออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราพบว่าส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มสเตรียรอยด์ ฟีนอล และเทอร์ปีน (Table 1)

สรุปผล

จากผลการทดลองจะเห็นว่า สารสกัดหยาบทุกรายการที่นำมาศึกษามีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราทดสอบได้แตกต่างกันออกไป และพบว่าสารองค์ประกอบ หลักที่มีส่วนสำคัญต่อการแสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราของพืชแต่ละชนิดเป็นสารกลุ่มสเตียรอยด์ และ/หรือ เทอร์ปีนอยด์ ผลจากการวิจัยนี้ได้ให้ข้อมูล เบื้องต้นเกี่ยวกับฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราของพืชที่นำมาทดสอบ และศักยภาพการใช้ประโยชน์ ของพืชเหล่านั้นในฐานะแหล่งของสารยับยั้งเชื้อราตามธรรมชาติ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา สำหรับความเอื้อเฟื้อด้านเครื่องมือสถานที่สำหรับการดำเนินงานวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการเครือข่ายเชิงกลยุทธ์เพื่อการผลิตและพัฒนาอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา พ.ศ. 2551-2553

เอกสารอ้างอิง

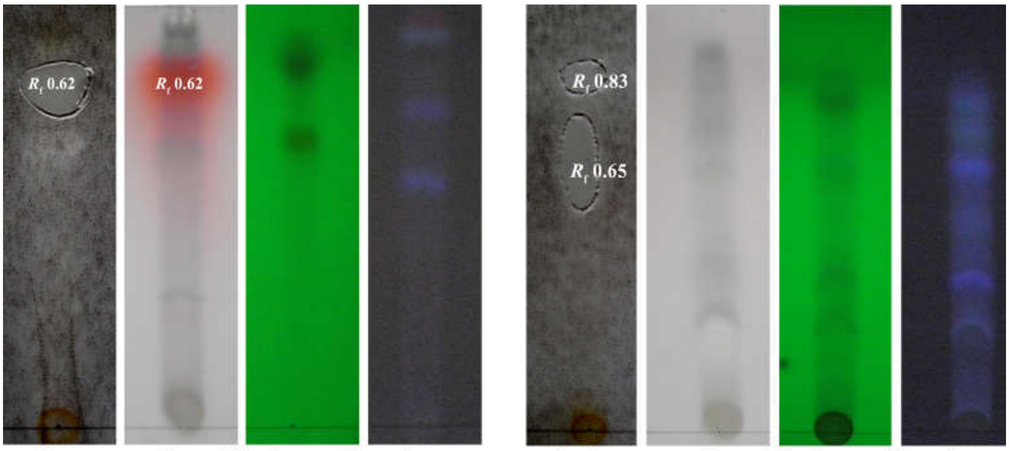
Chopra, R.N., Nayar, S.L. and Chopra, I.C., 1986, Glossary of Indian Medicinal Plants (Including the Supplement), 3rd Edn., Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi, India.

Chithra, V. and Leelamma, S., 1997, Hypolipidemic Effect of Coriander Seeds (*Coriandrum sativum*): Mechanism of Action, Plant Foods Hum. Nutr., 51: 167-172.

Gray, A.M. and Flatt, P.R., 1999, Insulin-releasing and Insulinlike Activity of the Traditional Anti-diabetic Plant Coriandrum sativum (coriander), Br. J. Nutr., 81: 203-209.

Table 1 Bioautographic results indicate the R_f value and type of bioactive constituent observed

Plants	Type	R_f value and type of bioactive constituent observed			
		A. niger	*A. flavus*	*F. oxysporum*	*B. cinerea*
Apium graveolens	Methanolic				
	Ethanolic	R_f 0.66 (Steroids) *R*f 0.83 (Phenolic)	R_f 0.67 (Steroids)		R_f 0.52 (Steroids)
Cuminum cyminum	Methanolic				
	Ethanolic	R_f 0.66 (Steroids)	R_f 0.66 (Steroids)		
Anethum graveolens	Methanolic	R_f 0.70 (Phenolic)	R_f 0.65 (Phenolic)		
	Ethanolic				
Carum carvi	Methanolic	R_f 0.67 (Phenolic)	R_f 0.67 (Phenolic)		
	Ethanolic				
Carum copticum	Methanolic	R_f 0.67 (Phenolic)	R_f 0.67 (Phenolic)		
	Ethanolic		R_f 0.79 (Terpenes)	R_f 0.75 (Terpenes)	R_f 0.75 (Terpenes)
Foeniculum vulgare	Methanolic				
	Ethanolic			R_f 0.79 (Terpenes)	



Carum copticum VS *Aspergillus niger* *Apium graveolens* VS *Aspergillus niger*

Figure 1 Photograph represent the bioautography and TLC analysis

ผลของไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของใบชาอัสสัมหลังการเก็บเกี่ยว

Quality Characteristic of Postharvested Leaves of Assam Tea as Affecting by Chitosan Treatment

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

Abstract

The effect of chitosan solution at different concentrations (0, 5, 10, 20 ppm), pH (4.5, 5.5, 6.5) and time (6, 12, 18, 24 hrs) on the phenolics, catechins, and tannin of Assam tea (*Camellia sinensis* var. assamica) was conducted. It was found that phenolics were highest (11.59 mg/g DW) in tea leaves subjected in chitosan at 20 ppm, pH at 6.5 for 24 hrs. Results also showed that usage of chitosan at 20 ppm, pH of solution at 4.5 for 6 hrs had a greater catechins and its derivatives (gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), catechin (C), (-)-epicatechin (EC), gallcatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG) and catechin gallate (CG)) which its total catechins contents were 59.29 mg/g DW. In this study, tannin was decreased to 2.99% in tea leaves subjected in chitosan 10 ppm, pH 5.5 for 18 hrs.

Keywords: Assam tea, chitosan, quality of tea leaves, catechins and derivatives

บทคัดย่อ

ผลของการแช่สารละลายไคโตซาน (chitosan) เข้มข้น 0, 5, 10 และ 20 พีพีเอ็ม พีเอช 4.5, 5.5 และ 6.5 ระยะเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ต่อปริมาณสารฟีนอลิค, catechins และ tannin ของชาอัสสัม (*Camellia sinensis* var. assamica) พบว่า การแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 20 พีพีเอ็ม พีเอช 6.5 นาน 24 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณ phenolics เพิ่มสูงที่สุด เท่ากับ 11.59 mg/g DW สำหรับสาร catechins และ อนุพันธ์ ทั้ง 8 ชนิด ได้แก่ gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), gallcatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), และ catechin gallate (CG) พบว่าการใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 20 พีพีเอ็ม พีเอช 4.5 ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณสาร catechins และอนุพันธ์เพิ่มสูงที่สุด โดยพบปริมาณ total catechins มีค่าเท่ากับ 59.29 mg/g DW และเมื่อแช่สารละลายไคโตซาน 10 พีพีเอ็ม พีเอช 5.5 นาน 18 ชั่วโมง พบว่าใบชามีปริมาณ tannin ลดลง เหลือร้อยละ 2.99

คำสำคัญ: ชาอัสสัม ไคโตซาน คุณภาพใบชา catechins และอนุพันธ์

คำนำ

ปัจจุบันชาเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีสารในกลุ่ม phenolic compounds โดยเฉพาะ catechins ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น anticancer, antioxidative, antibacterial และ antiallergic activities (Yen และ Chen, 1995; Kumamoto และ Sonda, 1998; Yang และคณะ, 1998) แต่ผลผลิตชาอัสสัมในประเทศไทยมีคุณภาพต่ำ ปริมาณสาร catechins ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ต้องนำเข้าชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาให้มี catechins และอนุพันธ์สูง และปรับปรุงคุณภาพชาอัสสัมให้มีรสชาติดีขึ้น (ลดความฝาด) โดยใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มีรายงานการประยุกต์ใช้สารอินทรีย์ ได้แก่ ไคโตซานในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างสาร secondary methabolite อย่างแพร่หลาย (Harborne, 1999) ในปี 1992 Benhamou และ Theriault ใช้ chitosan ในการควบคุมโรคบนลำต้น และรากของมะเขือเทศ และพบว่า chitosan ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์สาร phenolics compound และ phytoalexins เพื่อต้านทานเชื้อราในมะเขือเทศ และ Hassni และคณะ (2004) รายงานว่าไคโตซานช่วยเพิ่ม activities ของเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase ในรากปาล์มที่ฉีดไคโตซานและรากของต้นอินทผาลัม (date plam) ที่ได้รับไคโตซานมี caffeoylshimick acid (sinapic, coumaric และอนุพันธ์ ferulic) ซึ่งเป็นสาร phenolic เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของ chitosan ต่อการเพิ่มขึ้นของ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซ.เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

สาร phenolic, catechins และอนุพันธ์ รวมทั้งลดความฝาด (ปริมาณ tannin) ของชาอัสสัมหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของชาพันธุ์นี้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำใบชาสดพันธุ์อัสสัมจากไร่ชาระมิงค์ จังหวัดเชียงราย แช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0, 5, 10, และ 20 พีพีเอ็ม ที่ปรับพีเอช เท่ากับ 4.5, 5.5 และ 6.5 (น้ำกลั่น) แช่นาน 6, 12, 18, และ 24 ชั่วโมง วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสาร catechins ดังนี้ ปริมาณ phenolics โดยใช้ spectrophotometer (วิเคราะห์ในรูปของสารประกอบฟีนอลิคโดยวิธี folin-ciocalteau phenol test) ปริมาณ catechins และอนุพันธ์ 8 ชนิด คือ gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), gallcatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), และ catechin gallate (CG) ด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Agilent Technologies รุ่น LC, 1200 series) คอลัมน์ที่ใช้ ZURBUAX Eclipse XDB-C18 reverse phase (4.6 mm x 150 mm, 5 μm) และ condition ที่ใช้วิเคราะห์ คือ isocratic elution system มี mobile phase 2 ชนิด โดย mobile phase A คือ 0.05 M ortho-phosphoric acid และ mobile phase B ใช้ acetonitrile (ACN) และใช้สัดส่วนของ A: B เท่ากับ 87:13 (โดยปริมาตร) flow rate ที่ใช้เท่ากับ 0.5 mL/min นาน 60 นาที โดยฉีดตัวอย่างในปริมาณเท่ากับ 20 μL UV-visible diode-array ความยาวคลื่น 231 nm และวิเคราะห์ปริมาณเทียบกับสาร standards (บริษัท Sigma Aldrich, GC grade) สำหรับปริมาณ tannin โดยใช้วิธี Modified vanillin method

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการแช่สารละลายไคโตซาน (chitosan) เข้มข้น 0, 5, 10 และ 20 พีพีเอ็ม พีเอช 4.5, 5.5 และ 6.5 ระยะเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ต่อปริมาณสารฟีนอลิค, catechins และ tannin ของชาอัสสัม (*Camellia sinensis* var. Assamica) พบว่า การแช่สารละลายไคโตซานพีเอช 6.5 ส่งผลให้ปริมาณ phenolics มีค่าสูงกว่าการแช่ในสารละลายพีเอช เท่ากับ 4.5 และ 5.5 ส่วนความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณ phenolics อย่างไรก็ตามสภาวะการแช่สารละลายความเข้มข้น 20 พีพีเอ็ม พีเอช 6.5 นาน 24 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณ phenolics เพิ่มสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 11.59 mg/g DW (Figure 1) อาจเนื่องมาจากไคโตซานมีผลต่อเอนไซม์ phenylalanine ammonium lyase (PAL), peroxidase และ polyphenol oxidase ที่ส่งผลต่อการสร้างสาร phenolics (Hassni และคณะ, 2004; Harborne, 1999; Romannazzi และคณะ, 2002) สำหรับสาร catechins และ อนุพันธ์ ทั้ง 8 ชนิด วิเคราะห์โดย HPLC พบว่า ไคโตซาน และพีเอชสารละลายมีอิทธิพลต่อปริมาณ catechins และอนุพันธ์ ดังนี้ ปริมาณ GC และ EGC ลดลงเมื่อแช่สารละลายไคโตซาน พีเอช ต่างๆ และใช้เวลาในการแช่นานขึ้น สำหรับปริมาณสาร C และ EC พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเมื่อแช่ในสารละลายไคโตซานพีเอช 4.5 สำหรับปริมาณสาร EGCG, GCG, ECG, CG ในใบชาอัสสัม พบลดลงเมื่อแช่ในสารละลายไคโตซานเวลานานขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 20 พีพีเอ็ม พีเอช 4.5 ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณสาร catechins และอนุพันธ์เพิ่มสูงที่สุด โดยพบปริมาณ total catechins เท่ากับ 59.29 mg/g DW (Figure 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bautista-Banos และคณะ (2006) ที่รายงานว่าการใช้ไคโตซานสามารถทำให้ปริมาณ catechins เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณ tannin ของชาอัสสัมที่แช่ด้วยสารละลายไคโตซาน พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาการแช่นานขึ้น ปริมาณ tannin มีแนวโน้มลดลง โดยเมื่อแช่สารละลายไคโตซาน 10 พีพีเอ็ม พีเอช 4.5 นาน 18 ชั่วโมง พบว่าใบชามีปริมาณ tannin ลดลง เหลือร้อยละ 2.99 (Figure 3)

สรุปผล

การใช้สารละลายไคโตซานสามารถปรับปรุงคุณภาพของชาอัสสัมให้มีองค์ประกอบทางเคมี มีการสร้างสาร catechins และอนุพันธ์ (GC, EGC, C, EC, GCG, ECG และ CG) เพิ่มสูงขึ้นได้ โดยสารละลายไคโตซาน เข้มข้น 20 พีพีเอ็มและพีเอช 6.5 มีผลต่อคุณภาพของชาอัสสัมมากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

Bautista-Banos, S., 2006, Chitosan as a Potential Natural Compound to Control Pre and Post Harvest Diseases of Horticultural Commodities: Review, Crop Protection, 25: 108-118.

Benhamou, N. and Theriault, G., 1992, Treatment with Chitosan Enhances Resistance of Tomato Plants to the Crown and Root Pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. Radicis-lycopersici, Physiological Molecular Plant Pathology, 41: 34-52.

Harborne, J.B., 1999, Classes and Functions of Secondary Products, In Chemicals from Plants, Perspectives on Secondary Plant Products, J.N., Walton, and D.E., (Brown, Eds.), Imperial College Press, 1-25.

Hassni, M., El Hadrami, A., Daayf, F., Barka, E.A. and El Hadrami, I., 2004, Chitosan, Antifungal Against *Fusarioum oxysporum* f.sp. Albedinis and Elicitor of Defense Reactions in Date Palm Roots, Phytopathology Mediterranian, 43: 65-73.

Kumamoto, M. and Sonda, T., 1998, Evaluation of the Antioxidative Activity of Tea by an Oxygen Electrode Method, Bioscience Biotechnology Biochemistry, 62(1): 175-177.

Romannazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Vernere, D. and Salerno, M., 2002, Effects of Pre and Post Harvest Chitosan Treatments to Control Storage Gray Mold of Table Grapes, Journal of Food Science, 67: 1862-1867.

Yang, C., Yang, G.Y., Landau, J.M., Kim, S. and Liao, J., 1998, Tea and Tea Polyphenols Inhibit Cell Hyperproliferation, Lung Tumorigenesis and Tumor Progression, Experimental Lung Research, 24(4): 629-639.

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

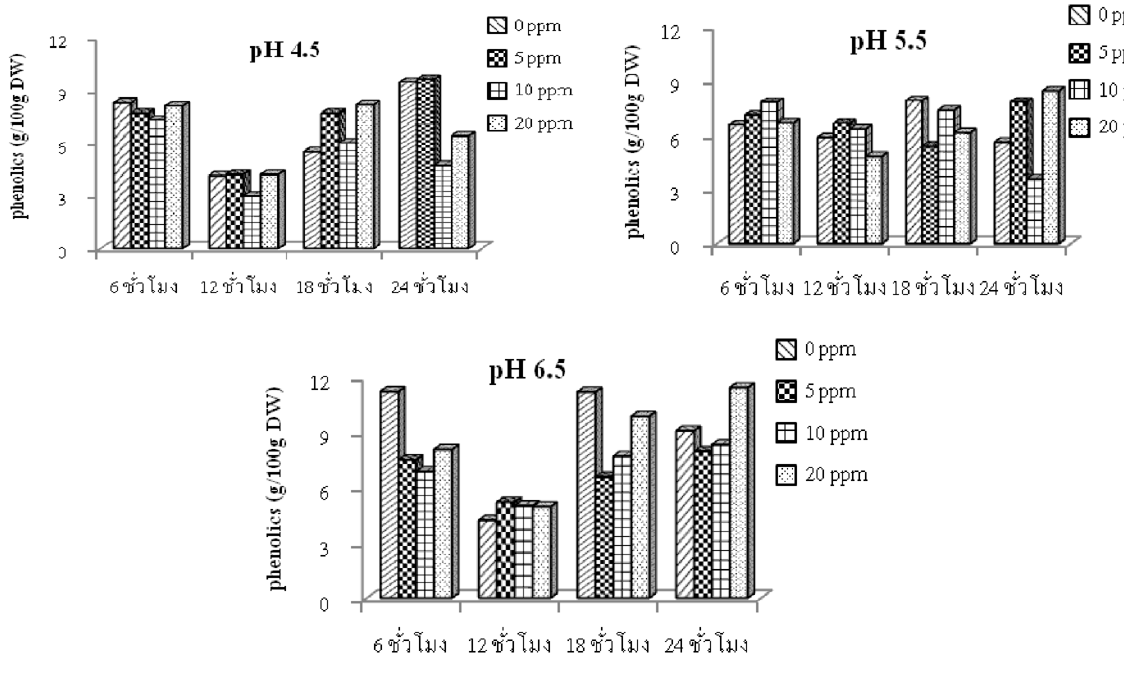


Figure 1 Effect of chitosan at 0, 5, 10, 20 ppm, pH 4.5, 5.5, 6.5, and time 6, 12, 18, 24 hrs on phenolic contents (mg/g DW) of Assam tea.

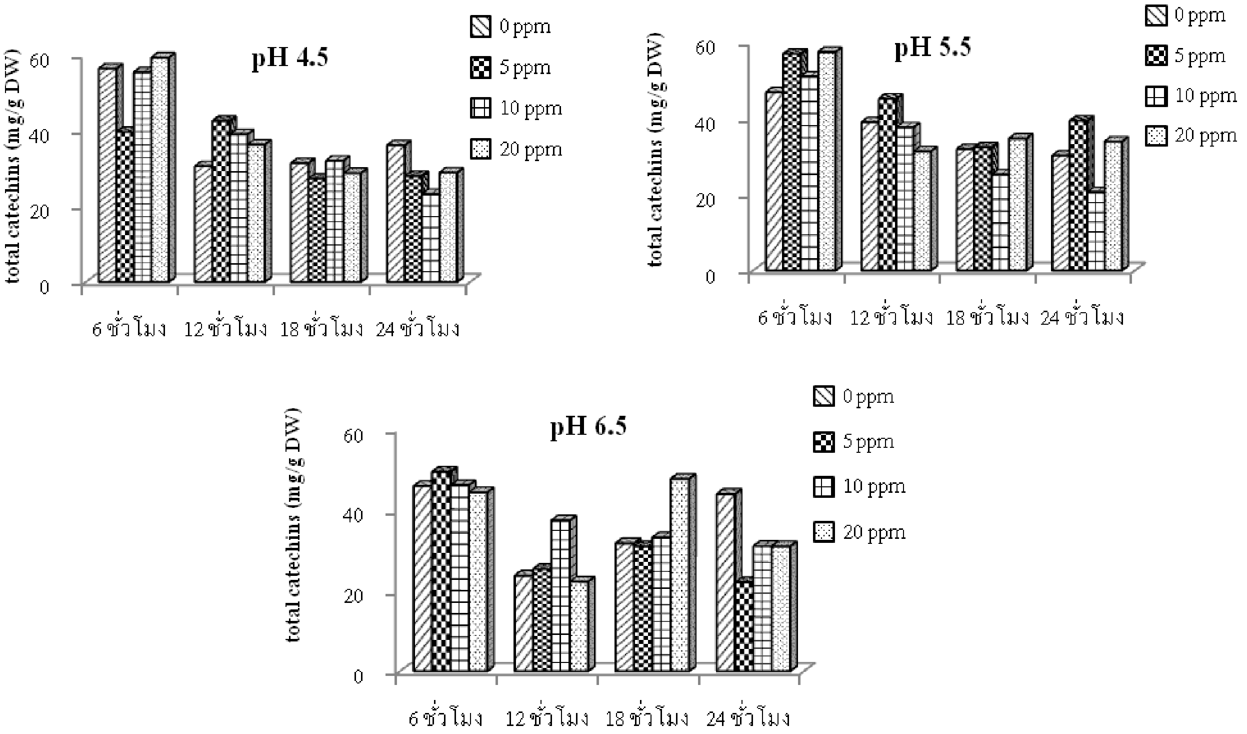


Figure 2 Effect of chitosan at 0, 5, 10, 20 ppm, pH 4.5, 5.5, 6.5, and time 6, 12, 18, 24 hrs on total catechins (mg/g DW) of Assam tea.

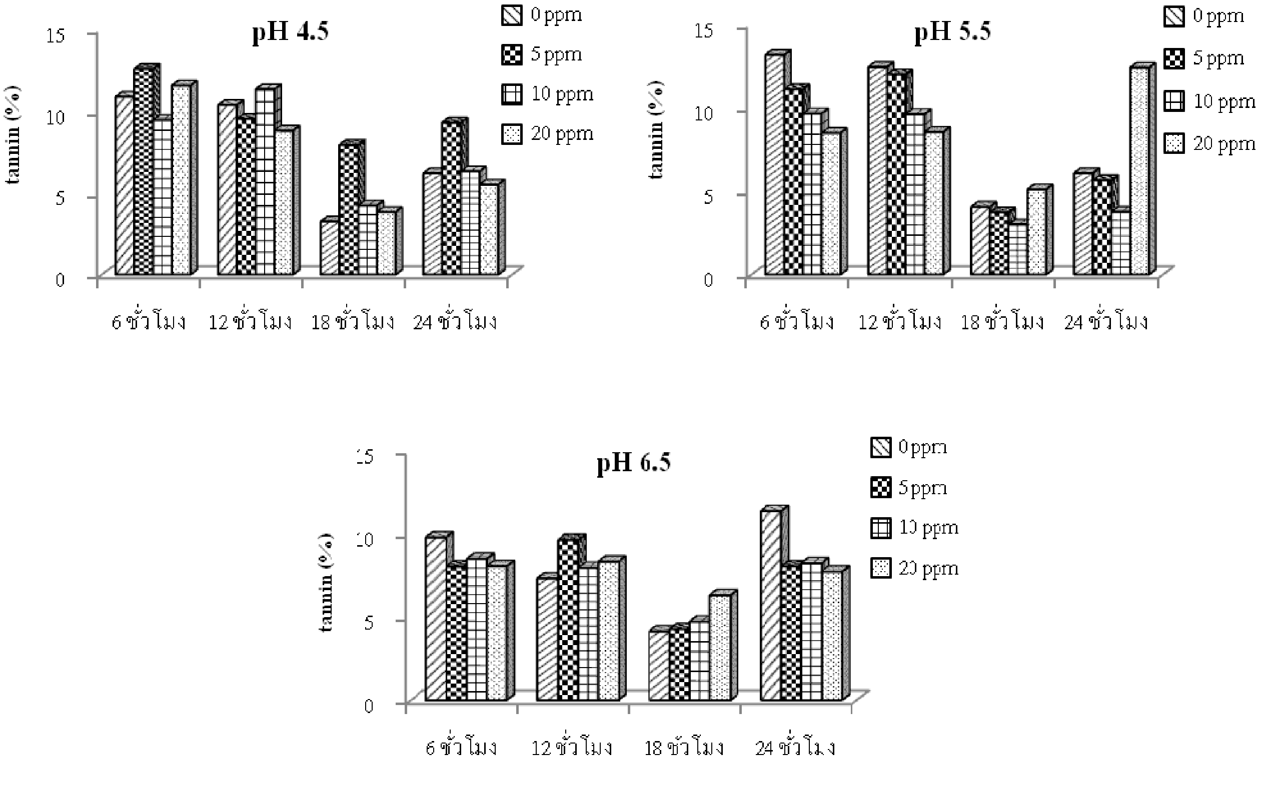


Figure 3 Effect of chitosan at 0, 5, 10, 20 ppm, pH 4.5, 5.5, 6.5, and time 6, 12, 18, 24 hrs on tannin contents (%) of Assam tea.

ผลของวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวต่อองค์ประกอบกรดไขมันและคุณภาพผลิตภัณฑ์

Effect of Coconut Oil Extraction Methods on Fatty Acid Composition and Product Quality

นันทิดา บรรณสาร[1] อุมาพร ทาไธสง[2] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ สิริมา ชินสาร[1]

Bannasan, N.[1], Thathaisong, U.[2], Yuenyongputtakal, W.[1] and Chinnasarn, S.[1]

Abstract

Effect of coconut oil extraction methods from coconut milk on fatty acid composition and product quality was studied. Three methods of extraction, hot-press, traditional and biological extractions, were compared. Biological extraction was carried out by adding 3% of 10^6 cfu/g *Lactobacillus plantarum* in MRS broth into coconut milk and incubating for 72 hours, then, coconut oil was separated. Results showed that saturated fatty acid content of coconut oil extracted by hot-press and biological extractions were lower than those of traditional extracted oil. There were 92.68, 93.48 and 93.87 g saturated fatty acid/ 100 g, and 49.20, 49.27 and 50.01 g lauric acid/ 100 g, respectively. Unsaturated fatty acid content of coconut oil extracted by hot-press extraction was higher than those of biological and traditional extracted oil. The amounts of them were 7.33, 6.13 and 6.52 g/ 100 g, respectively. The quality of coconut oil extracted by hot-press, traditional and biological extractions were evaluated. Results revealed that specific gravity value and saponification value were not significantly different ($p>0.05$). Whereas, viscosity value, Iodine value, acid value and peroxide value of hot-press extracted coconut oil were higher than those of traditional and biological extracted coconut oil with significantly different ($p\leq0.05$).

Keywords: coconut oil, extraction, fatty acid

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิต่อองค์ประกอบกรดไขมันและคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี คือ การสกัดโดยใช้ความร้อน วิธีธรรมชาติ และวิธีทางชีวภาพ ซึ่งวิธีทางชีวภาพทำได้โดยการเติมเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ความเข้มข้น 10^6 cfu/g ใน MRS broth ปริมาณร้อยละ 3 ลงในน้ำกะทิ บ่มเป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วจึงแยกเอาน้ำมันออกมา ผลการทดลองพบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยใช้ความร้อนและวิธีทางชีวภาพมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวต่ำกว่าการสกัดด้วยวิธีธรรมชาติ โดยมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเท่ากับ 92.68 93.48 และ 93.87 g/100 g ตามลำดับ มีกรดลอริกปริมาณ 49.20 49.27 และ 50.01 g/100 g ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยใช้ความร้อนมีปริมาณสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีทางชีวภาพ และวิธีธรรมชาติ โดยมีปริมาณ 7.33 6.13 และ 6.52 g/100 g ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยใช้ความร้อน วิธีธรรมชาติ และวิธีทางชีวภาพ มาวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าสปอนนิฟิเคชันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ค่าความหนืด ค่าไอโอดีน ค่ากรด และค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีการใช้ความร้อนมีค่าสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีธรรมชาติและวิธีชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

คำสำคัญ: น้ำมันมะพร้าว การสกัด กรดไขมัน

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

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Sansuk, MungChonburi, Chonburi, 20131

[2] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131

[2] Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University, Sansuk, MungChonburi, Chonburi, 20131

คำนำ

น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) คือ น้ำมันที่ได้จากการสกัดแยกน้ำมันจากเนื้อผลของต้นมะพร้าว อุดมไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวขนาดกลาง หรือ medium chain fatty acids (MCFA) (Marina และคณะ, 2009) ที่มีคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 8-12 อะตอม ไขมันอิ่มตัวขนาดกลางที่พบในน้ำมันมะพร้าวเหมือนกับในน้ำนมมารดาและมีคุณค่าทางโภชนาการคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังมีการใช้เป็นยาเนื่องจากมีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงมีการใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นยารักษาโรคมาตั้งแต่โบราณกาล ในประเทศไทยนิยมทำการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวนำมาหั่นฝอยตากให้แห้งหรือคั้นเป็นกะทิแล้วนำมาเคี่ยวจนได้น้ำมันออกมาเรียกว่าการสกัดแบบบีบร้อน และการสกัดโดยการบีบจากเนื้อมะพร้าวตากแห้ง (ลลิตา, 2548) หรือหมักจากน้ำกะทิเรียกว่าการสกัดแบบบีบเย็น ในอดีตนิยมผลิตใช้กันในครัวเรือนแต่ในปัจจุบันได้มีการค้นคว้าและวิจัยในรูปแบบของอุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องจากมีรายงานว่าน้ำมันมะพร้าวสามารถลด LDL และเพิ่ม HDL ในร่างกาย (Nevin และ Rajamohan, 2004) น้ำมันมะพร้าวมีผลกระตุ้น กระบวนการเผาผลาญ และรักษาสมดุลของระดับคลอเลสเตอรอล และไม่ทำให้เกิดการสะสมของไขมัน ไม่ทำให้เกิดโรคอ้วน โรคหลอดเลือด และโรคหัวใจ ถ้าหากได้บริโภคในสัดส่วนที่เหมาะสม น้ำมันมะพร้าวยังมีคุณสมบัติในการเสริมภูมิคุ้มกัน เสริมการทำงานของต่อมไธรอยด์ น้ำมันมะพร้าวมีปริมาณกรดลอริกสูง ซึ่งโดยสภาพภายนอกจะมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อไม่มากนัก แต่เมื่อเข้าสู่ร่างกายกรดลอริกจะแตกตัวออกเป็น monolaurin ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีในการฆ่าเชื้อ (ณรงค์, 2551)

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวต่อองค์ประกอบกรดไขมันและคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำกะทิ

นำมะพร้าวแก่มาปอกเปลือกเอากะลาออก หั่นเนื้อมะพร้าวเป็นชิ้น ปั่นแยกกากเพื่อแยกน้ำกะทิ จากนั้นนำกากที่เหลือจากการปั่นแยกกากมาคั้นน้ำกะทิอีกครั้งด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำ 1: 1 แล้วนำน้ำกะทิทั้งสองส่วนผสมกัน

การสกัดน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ความร้อน

นำน้ำกะทิไปแช่เย็น แยกส่วนที่แข็งตัวมาเคี่ยวในกระทะ ให้ความร้อนในระดับไฟปานกลาง จนกระทั่งได้น้ำมันออกมา ทำการกรองและเก็บในภาชนะปิด

การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีธรรมชาติ

นำน้ำกะทิใส่ภาชนะ ปิดให้สนิทไม่ให้มีอากาศเข้าไปในภาชนะได้ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำมันและน้ำออก นำน้ำมันมากรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ ที่ใช้กระดาษกรอง membrane filter ขนาด 3 ไมครอน (MCE code A, บริษัท Advantec) แล้วเก็บในภาชนะปิด

การสกัดด้วยวิธีทางชีวภาพ

นำน้ำกะทิใส่ภาชนะ 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 (MCE code A, บริษัท Advantec) แล้วเก็บในภาชนะปิด

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและองค์ประกอบกรดไขมัน

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำมันมะพร้าว โดยทำการวัดความหนืด (Brookfield viscometer DV-III (rheometer)) ความถ่วงจำเพาะ (AOAC, 2005) ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOAC, 2005) ค่ากรด (AOAC, 2005) ค่าไอโอดีน (AOAC, 2005) ค่าสปอนนิฟิเคชัน (AOAC, 2005) และองค์ประกอบของกรดไขมัน (AOAC, 2005)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิต่อองค์ประกอบกรดไขมันและคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี คือ การสกัดโดยใช้ความร้อน วิธีธรรมชาติ และวิธีทางชีวภาพ ผลการทดลองแสดงดัง Table 1 และ 2

Table 1 Chemical properties of hot-press, traditional and biological extractions coconut oil.

Extraction methods	Viscosity (cP)	SGV[ns]	PV (meqO_2/kg)	AV (mg/g)	IV (g I/100 g)	SV[ns] (mg KOH/g)
Hot-press	52.54+0.82[a]	0.90+0.01	1.83+0.29[a]	1.03+0.08[a]	10.46+0.23[a]	255.76+0.74
Traditional	49.27+0.05[c]	0.86+0.04	0.59+0.00[c]	0.38+0.01[b]	7.88+0.05[b]	260.48+3.00
Biological	50.94+0.50[b]	0.91+0.00	0.95+0.04[b]	0.38+0.00[b]	8.01+0.09[b]	259.96+2.36

SGV: Specific gravity value, PV: Peroxide value, AV: Acid value, IV: Iodine value, SV: Saponification value

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

[ns] Non significant difference (p>0.05)

Table 2 Fatty acid composition of coconut oil extracted by hot-press, traditional and biological extractions

Fatty acid composition	Hot-press	Traditional	Biological
Saturated fat	92.68	93.48	93.87
Trans fat	ND	ND	ND
Unsaturated fat	7.33	6.52	6.13
Monounsaturated fat	6.20	5.72	5.36
Polyunsaturated fat	1.13	0.80	0.77
Caproic acid	0.40	0.37	0.37
Caprylic acid	6.39	6.27	6.59
Capric acid	5.32	5.43	5.64
Lauric acid	49.20	49.27	50.01
Myristic acid	19.18	19.55	19.26
Palmitic acid	9.13	9.20	8.74
Stearic acid	3.05	3.39	3.26
Oleic acid	6.02	5.72	5.36
Linoleic acid	1.13	0.80	0.77

ND: not detected

จากการศึกษาผลของวิธีการสกัดต่อสมบัติทางเคมีของน้ำมันมะพร้าว (Table 1) พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การสกัดโดยใช้ความร้อน การสกัดด้วยวิธีธรรมชาติ และการสกัดด้วยวิธีชีวภาพ มีค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าสปอนนิฟิเคชัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่ค่าความหนืด ค่าไอโอดีน ค่ากรด และค่าเปอร์ออกไซด์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการสกัดด้วยความร้อนทำให้น้ำมันมะพร้าวมีค่าคุณภาพต่างๆ ดังกล่าวสูงกว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีธรรมชาติและวิธีชีวภาพซึ่งเป็นวิธีการสกัดแบบบีบเย็น เนื่องจาก ความร้อนมีผลต่อโครงสร้างของกรดไขมัน โดยทำให้กรดไขมันอิ่มตัวมีสัดส่วนที่ต่ำกว่าวิธีการสกัดแบบธรรมชาติและชีวภาพ แต่มีไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นไขมันเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fat) และเชิงซ้อน (Polyunsaturated fat) ในปริมาณมากกว่าทั้งสองวิธีที่ได้กล่าวมา ดังผลที่แสดงใน Table 2 ทำให้น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดด้วยความร้อนมีค่าเปอออกไซด์และค่าไอโอดีนเพิ่มขึ้น และยังมีการปลดปล่อยกรดไขมันอิสระมากขึ้นส่งผลให้ค่ากรดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน จากค่าคุณภาพดังกล่าวทำให้น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ความร้อนโดยทั่วไปมักมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่สั้นกว่าน้ำมันมะพร้าวแบบบีบเย็น เมื่อพิจารณาค่าสปอนนิฟิเคชันก็พบว่า ค่าสปอนนิฟิเคชันของน้ำมันที่สกัดโดยใช้ความร้อนมีค่าต่ำกว่าน้ำมันที่สกัดแบบบีบเย็นทั้งสองวิธี แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของกรดไขมันมีความยาวขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันที่พบกรดโอลีอิก และลิโนเลอิกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีไม่ว่าจะใช้ความร้อนในการสกัดเป็นเวลานานก็ไม่พบโครงสร้างที่เป็น trans fat เกิดขึ้น ส่วนโครงสร้างของกรดไขมันที่เกิดเป็นกรดไขมันเชิงซ้อนไม่ได้มีผลเสียต่อร่างกาย (Kabara, 2000)

เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันขนาดกลาง (Table 2) พบว่า กรดไขมันขนาดกลางเป็นกรดไขมันที่พบในน้ำมันมะพร้าวมากกว่าร้อยละ 60 ซึ่งกรดลอริกเป็นกรดไขมันขนาดกลางที่พบในปริมาณมากที่สุดในน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยใช้ความร้อน วิธีธรรมชาติ และวิธีทางชีวภาพ โดยมีปริมาณเท่ากับ 49.20 49.27 และ 50.01 g/100 g ตามลำดับ รองลงมา คือ กรดไมริสติกที่มีปริมาณ 19-20 g/100 g ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Marina *et al*. (2009) ที่ศึกษาปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่สกัดด้วยวิธีบีบเย็นเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีบีบร้อน ซึ่งพบว่า กรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากทั้ง 2 วิธีมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยเป็นกรดไขมันขนาดกลาง (C8-C14) มากกว่าร้อยละ 75 กรดไขมันชนิดที่พบมากที่สุด คือ กรดลอริก มีปริมาณร้อยละ 46-48 รองลงมา คือ กรดไมริสติก ปริมาณร้อยละ 17-19 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวทั้ง 3 ตัวอย่างกับ Philippine National Standard พบว่า ปริมาณของกรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวทั้ง 3 ตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (45.1-53.2 g/100 g)

สรุปผล

วิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ความร้อนมีผลให้น้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้มีสมบัติทางเคมีแตกต่างจากน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติและชีวภาพซึ่งเป็นการสกัดแบบบีบเย็น รวมทั้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดไขมันจากกรดไขมันอิ่มตัวขนาดกลางไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธียังคงมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ มีค่ากรด ไม่เกิน 4 mg/g และ ค่าเปอร์ออกไซด์ ไม่เกิน 10 meq O_2/kg

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2553

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ โฉมเฉลา, 2551, น้ำมันมะพร้าวป้องกันโรคหัวใจได้อย่างไร, ชมรมอนุรักษ์และพัฒนาน้ำมันมะพร้าวแห่งประเทศไทย, กรุงเทพ, 28 หน้า.

ลลิตา อัตนโถ, 2548, น้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 20(2): 67-72

Kabara, J.J., 2000, Health Oils the Tree of Life (Nutritional and Health Aspects of Coconut Oil) [Online], Available: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/medline [January 12, 2010] .

Che Man, Y.B., Abdul Karim, M.I.B. and Teng, C.T., 1997, Extraction of Coconut Oil with *Lactobacillus platarum* 1041 IAM, JAOCS, 74(9): 1115-1119.

Marina, A.M., Che-Man, Y.B., Nazimah, S.A.H. and Amin, I., 2009, Chemical Properties of Virgin Coconut Oil, JAOCS, 86: 301-307.

Nevin, K.G. and Rajamohan, T., 2004, Benefical Effects of Virgin Coconut Oil on Liqid Parameters *in vitro* LDL Oxidation, Clinical Biochemistry, 37: 830-835.

Thormar, H. and Hilmarsson, H., 2007, The Role of Microbicidal Lipids in Host Defense Against Pathogens and their Potential as Therapeutic Agents, Chemistry and Physics of lipids, 150: 1-11.

ประสิทธิภาพของกรดไขมันสกัดจากน้ำมันมะพร้าวที่มีต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคทางอาหาร

Antibacterial Effect of Fatty Acid Extracted from Coconut Oil Against Food-borne Bacterial Pathogens

นันทิดา บรรณสาร[1] อุมาพร ทาไธสง[2] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ สิริมา ชินสาร[1]

Bannasan, N.[1], Thathaisong, U.[2], Yuenyongputtakal, W.[1] and Chinnasarn, S.[1]

Abstract

The aim of this study was to test antibacterial activity of fatty acid extracted from cold-press and hot-press coconut oils by saponification reaction in growth inhibition of some food-borne bacterial pathogens including *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Bacillus cereus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Escherichia coli* and *Salmonella* Typhimurium by disc diffusion method. Results showed that fatty acid extracted from both coconut oils could inhibit the growth of *S. aureus, B. subtilis, B. cereus* and *V. parahaemolyticus* (20 µl/disc (50% v/v)) with 7-10 mm in diameter of inhibition zone. Then, the minimum inhibitory concentration (MIC) was determined by agar dilution method. Results revealed that MIC of fatty acid extracted from both coconut oils against *S. aureus* and *V. parahaemolyticus* was 0.039% v/v whereas it was 0.019% v/v for *B. cereus.* In addition, MIC of fatty acid extracted from cold-press and hot-press coconut oils against *B. subtilis* was 0.019% v/v and 0.039% v/v, respectively.

คำสำคัญ: fatty acid, food-borne bacterial pathogens, antibacterial activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวชนิดบีบเย็นและบีบร้อนด้วยปฏิกิริยา saponification ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคทางอาหารบางชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Bacillus cereus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Escherichia coli* และ *Salmonella* Typhimurium ด้วยวิธี disc diffusion พบว่ากรดไขมันที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นและบีบร้อน (20 ไมโครลิตรต่อดิสก์ (50% v/v)) สามารถยับยั้ง *S. aureus, B. subtilis, B. cereus* และ *V. parahaemolyticus* ได้ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Inhibition zone อยู่ระหว่าง 7 ถึง 10 มิลลิเมตร เมื่อทำการทดสอบหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) ด้วยวิธี agar dilution พบว่า ค่า MIC ของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นและบีบร้อนต่อ *S. aureus* และ *V. parahaemolyticus* เท่ากับ 0.039% v/v ส่วน *B. cereus* เท่ากับ 0.019% v/v และค่า MIC ของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นและบีบร้อนต่อ *B. subtilis* เท่ากับ 0.019% v/v และ 0.039% v/v ตามลำดับ

คำสำคัญ: กรดไขมัน แบคทีเรียก่อโรคทางอาหาร ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย

คำนำ

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่อุดมไปด้วยกรดไขมันขนาดกลาง (medium chain fatty acids หรือ MCFA) ที่ดีต่อระบบการย่อยอาหาร ซึ่งเป็นกรดไขมันที่อิ่มตัวกว่า 90 % (Marina และคณะ, 2009) กรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่ มีจำนวนอะตอมของคาร์บอน 8 – 14 ตัว กรดไขมันที่สำคัญได้แก่ caprylic acid, carpic acid, lauric acidและ myristic acid นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) 9 % ซึ่ง

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

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Sansuk, MungChonburi, Chon Buri, 20131

[2] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131

[2] Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University, Sansuk, MungChonburi, Chon Buri, 20131

แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (mono unsaturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) ได้แก่ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid, C18) 2.3% และ กรดโอเลอิก (Oleic acid, C18) ซึ่งมีรายงานการศึกษาในปี 1970 ว่ากรดไขมันขนาดกลางสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารได้ คือ *Aspergillus niger*, *Candida utilis* และ *Saccharomyces cerevisiae* โดยทำการเปรียบเทียบกับสารกันเสียที่ใช้ในอุตสาหกรรมและมีขายทั่วไปตามท้องตลาด พบว่าปริมาณที่น้อยที่สุดของ monolaurin และ monocaprin มีปริมาณใกล้เคียงหรือน้อยกว่าสารกันเสียที่ใช้อยู่โดยทั่วไป (Kabara, 2000) ต่อมาได้มีผู้ทำการศึกษาค้นคว้าพบว่า caprylic acid, carpic acid และ lauric acid ถูกนำมาทดลองเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยใช้ในลักษณะต่างๆ เช่น ใช้เติมลงไปในอาหารโดยตรง ใช้เป็นส่วนผสมในบรรจุภัณฑ์ และใช้เป็นสารตั้งต้นในการทำน้ำยาทำความสะอาด ส่วน myristic acid ถูกใช้ในทางการแพทย์โดยอยู่ในรูปของ myristylamine เพื่อใช้ฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* ที่ดื้อยา

เนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ของกรดไขมันขนาดกลางมีประสิทธิภาพดี และพบในน้ำมันมะพร้าวเป็นปริมาณมากโดยเฉพาะ lauric acid ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาประสิทธิภาพของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว: น้ำมันมะพร้าวที่นำมาทำการทดลองมี 2 ชนิดคือ น้ำมันมะพร้าวชนิดบีบร้อน ซึ่งได้จากการสกัดโดยให้ความร้อน และน้ำมันมะพร้าวชนิดบีบเย็นโดยใช้ *Lactobacillus plantarum* ในการหมักกะทิ จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวมาทำการสกัดกรดไขมันด้วยใช้ปฏิกิริยา saponification (ปิยวรรณ, 2548) โดยนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม น้ำ 1200 กรัม และน้ำมันมะพร้าว 350 กรัม ให้ความร้อนและกวนตลอดเวลา จนกว่าสารละลายจะใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมกรดไฮโดรคลอลิกเข้มข้นประมาณ 250 กรัม กวนสารละลายจนกว่าสารละลายจะแยกชั้นและใส แยกสารที่อยู่ชั้นบนออกมา จากนั้นล้างสารด้วยน้ำกลั่นจนกว่าน้ำที่ล้างละมีค่าเป็นกลาง ทำการระเหยน้ำที่เหลือจากการล้างด้วยการให้ความร้อนต่ำ และทำการเก็บใส่ภาชนะที่มิดชิด

เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ: เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* และ *Vibrio parahaemolyticus* ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยบูรพา นำเชื้อที่ทดสอบมาทำการ steak ลงบน Nutrient Agar (NA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้ลูปเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของเชื้อแต่ละชนิดจำนวน 4-6 โคโลนี ลงในอาหาร Tryptic soy broth (TSB) บ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำมาทำการปรับให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ McFarland เบอร์ 0.5 (มีจำนวนเชื้อประมาณ 1.5×10^6 cfu/ml)

การทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันสกัดจากน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธี Disc diffusion (Collins, Lyne, Grange และ Falkinham, 2004) ทำได้โดยนำไม้พันสำลีที่ฆ่าเชื้อแล้วจุ่มเชื้อที่เตรียมไว้ แล้วนำมาป้ายลงบน Muller-Hinton Agar (MHA)ให้ทั่ว จากนั้นทำการวางดิสก์ที่หยดกรดไขมันที่มีความเข้มข้น 50% v/v ปริมาตร 20 ไมโครลิตรต่อดิสก์ และวางดิสก์ยา Tetracycline ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อดิสก์เพื่อเป็น positive control และดิสก์บรรจุ DMSO เป็น negative control จากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้ววัดขนาด Inhibition zone ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

การทดสอบหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) ด้วยวิธี agar dilution โดยทำการเจือจางกรดไขมัน ด้วย DMSO ให้มีความเข้มข้น 75%, 60%, 50%, 25%, 12.5%, 6.25%, 3.125%, 1.563%, 0.782%, 0.390% และ 0.195% (v/v) ผสมกรดไขมันแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับ Muller-Hinton Agar หลอมเหลว 19 มิลลิลิตร แล้วเทลงในจานเพาะเชื้อ จะได้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 3.75%, 3.0%, 2.5%, 1.25%, 0.625%, 0.3125%, 0.1563%, 0.078%, 0.039%, 0.019% และ 0.01% (v/v) ตามลำดับ นำเชื้อที่ปรับความเข้มข้นให้ได้ประมาณ 10^6 cfu/ml ปริมาตร 10 ไมโครลิตร (มีเชื้อ ประมาณ 10^4cfu) หยดลงบนอาหารที่ผสมกรดไขมันที่ความเข้มข้นต่างๆ และชุดควบคุม (Tetracycline และ DMSO) จากนั้นนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการอ่านผล ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันที่สกัดจากน้ำมันมะพร้าวบีบร้อนและบีบเย็น ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทางอาหารจำนวน 6 ชนิด ด้วยวิธี disc diffusion ที่ พบว่าที่ความเข้มข้นของกรดไขมัน 50% v/v ปริมาตร 20

ไมโครกรัมต่อดิสก์ สามารถยับยั้งเชื้อแบทีเรียก่อโรคทางอาหารบางนิด ซึ่งได้แก่ *S. aureus*, *B. subtilis*, *B. cereus* และ *V. parahaemo -lyticus* โดยมีขนาด inhibition zone อยู่ระหว่าง 7-10 มิลลิเมตร แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *S.* Typhimurium และ *E. coli* ได้ ดังแสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Inhibition zone of food-born pathogen by 50% fatty acid extract from coconut oil.

Bacteria	Diameter of Inhibition zone (mm.)(±SD)			
	FHP 50% v/v 20 µl/disc	FCP 50% v/v 20 µl/disc	Tetracycline 30 µg/disc	DMSO 20 µg/disc
Staphylococcus aureus	10.00±0.00	10.00±0.00	26.73±0.40	NZ
Salmonella Typhimurium	NZ	NZ	25.00±0.00	NZ
Escherichia coli	NZ	NZ	20.10±0.10	NZ
Bacillus subtilis	7.00±0.01	7.00±0.01	20.01±0.17	NZ
Bacillus cereus	9.99±0.17	10.01±0.01	30.01±0.38	NZ
Vibrio parahaemolyticus	9.99±0.01	9.99±0.23	29.99±0.17	NZ

FHP: Fatty acids extracted from hot-press coconut oils

FCP: Fatty acids extracted from cold-press coconut oils

NZ : Non inhibition Zone

Table 2 MIC of Fatty acid from coconut oil against 6 food-borne pathogens.

Bacteria	MIC (% v/v)	
	FHP	FCP
Staphylococcus aureus	0.039	0.039
Salmonella Typhimurium	>3	>3
Escherichia coli	>3	>3
Bacillu subtilis	0.039	0.019
Bacillus cereus	0.019	0.019
Vibrio parahaemolyticus	0.039	0.039

FHP: Fatty acids extracted from hot-press coconut oils

FCP: Fatty acids extracted from cold-press coconut oils

เมื่อทำการทดสอบหาค่า MIC ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ของกรดไขมันทั้งสกัดน้ำมันมะพร้าวบีบร้อนและน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *B. cereus* ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ *S. aureus* และ *V. parahaemolyticus* โดยมีค่า MICเท่ากับ 0.019 % v/v และ 0.039 % v/v ตามลำดับ ส่วนค่า MIC ของกรดไขมันชนิดบีบร้อนและบีบเย็นต่อ *B. subtilis* เท่ากับ 0.039 และ 0.019 % v/v ตามลำดับ ดังแสดงไว้ใน Table 2 ซึ่งรายงานก่อนหน้านี้พบว่ากรดไขมันอิ่มตัวที่มีคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 6-12 อะตอม สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ดี (Kabara, 1978) ซึ่งพบมากในกรดไขมันที่สกัดได้จากน้ำมันมะพร้าว นอกจากนี้กรดไขมันยังสามารถยับยั้ง *S.* Typhimurium และ *E. coli* แต่ต้องใช้ในปริมาณที่สูงขึ้นจึงจะสามารถยับยั้งการเจริญได้ จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียแกรมบวกจะมีความไวต่อกรดไขมันมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบเนื่องจาก แบคทีเรียแกรมลบจะมีผนังเซลล์ด้านนอก (outer membrane) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่ม Lipopolysaccharide จึงทำให้เซลล์แบคทีเรียแกรมลบมีความแข็งแรงมากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก (ปทุม, 2550) ซึ่งกรดไขมันส่วนมากที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบจะเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว (long-chain unsaturated fatty acid) เช่น Oleic acid, Palmitoleic acid และ Linoleic acid แต่โดยส่วนมากกรดไขมันจะมีความไวต่อแบคทีเรียแกรมลบใน

ระดับต่ำ นอกจากนี้แบคทีเรียแกรมลบเช่น *E. coli* และ *Salmonella spp.* บางสายพันธุ์ต้านทานต่อ antibacterial lipids จากธรรมชาติ (Thormar และ Hilmarsson, 2007)

สรุปผล

การทดสอบประสิทธิภาพของกรดไขมันสกัดจากน้ำมันมะพร้าวบีบร้อนและน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทางอาหาร กรดไขมันทั้งสองชนิดสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่นำมาทดสอบมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน โดยมี ค่า MIC ของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นและบีบร้อนต่อ *E. coli* และ *S.* Typhimurium น้อยกว่า 3% v/v ต่อ *S. aureus* และ *V. parahaemolyticus* เท่ากับ 0.039% v/v ส่วน *B. cereus* เท่ากับ 0.019% v/v ยกเว้นค่า MIC ของกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นและบีบร้อนต่อ *B. subtilis* เท่ากับ 0.019% v/v และ 0.039% v/v ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ปิยวรรณ กฤชเศรษฐสกุล, 2548, การสังเคราะห์กรดไขมันจาน้ำมันปาล์มดิบด้วยโซดาไฟ, วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, วิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 74 หน้า

ปทุม อรุณวัชรินทร์, 2550, การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย,การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 45: 508-515

Collin, C.H., Lyne, P.M., Grang, J.M. and Falkinham, J.O., 2004, Collins and Lyne's Microbiological methods, London: Arnold.

Kabara, J.J., 1978, Fatty Acids and Derivative as Antimicrobial Agents, The American Oil Chemists' Society. Champaign, IL, USA, 1-14.

Kabara, J.J., 2000, Health Oils the Tree of life (Nutritional and health aspects of coconut oil)[Online], Available: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/medline [January 12, 2010] .

Thormar, H. and Hilmarsson, H., 2007, The Role of Microbicidal Lipids in Host Defense Against Pathogens and their Potential as Therapeutic Agents, Chemistry and Physics of lipids, 150: 1-11.

การวิเคราะห์กรดฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นของสารสกัดจากฟางข้าว

Determination of Phenolic Acid and Antioxidant Activity from Rice Straw Extracts

สุภัทรา ลิลิตชาญ[1] สุดารัตน์ สุพานิช[1] ธัญญลักษณ์ ทอนราช[1] ปฐมาภรณ์ พิทักษ์ภากร[1] และ นิตยา เทพปฐม[1]
Lilitchan, S.[1], Supanich, S.[1], Thonrach, T.[1], Pitakphakorn, P.[1] and Teppathom, N.[1]

Abstract

Rice husk is the low-value agricultural waste. In recent year, researcher found that the straw contains the important phenolic acid. Phenolic acid is a good antioxidant. There have been several studies indicated that this compound has many applications in food, medical and cosmetics. The primary objective of this study is to determine the phenolic acid composition of the waxy rice (RD 2) and rice (Pathumthani 1) straw extracts by using High performance liquid chromatography (HPLC). Another objective is to analyze the total phenolic compounds and antioxidant activity of these extracts. The results showed that the three major phenolic acids in Pathumthani 1 straw extract was p-coumaric, ferulic and syringic acid. While the two major phenolic acids in RD 2 straw extract was ferulic and syringic acid. In addition, the major portion of phenolic acids existed in insoluble form. Analysis of total phenolics using Folin–Ciocalteu reagent showed that 12.94 and 12.98 (mg GAE/100g) from Pathumthani 1 and RD 2 rice straw extracts, respectively. With DPPH radical-scavenging assay, percentage inhibition was 44.6 % and 48.3 % from Pathumthani 1 and RD 2 rice straw extracts, respectively. This study demonstrates that rice straw still contains useful bioactive compounds with high antioxidant properties. In further study, the safe extracted product will be evaluated for food and cosmetics.

Keywords: rice straw, phenolic acid, antioxidant activity, extraction

บทคัดย่อ

ฟางข้าวเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งมีรายงานวิจัยพบว่าในฟางข้าวยังคงประกอบไปด้วยสารสำคัญกรดฟีนอลิก (phenolic acids) ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชั่นที่ดี มีผลการศึกษาวิจัยที่ระบุว่าสารนี้มีคุณประโยชน์มากมายทั้งทางด้านอาหาร ทางการแพทย์ และเครื่องสำอาง โดยวัตถุประสงค์หลักในงานวิจัยนี้คือศึกษาองค์ประกอบของกรดฟีนอลิกของสารสกัดจากฟางข้าวเหนียว (พันธุ์กข 2) และข้าวเจ้า (พันธุ์ปทุมธานี 1) โดยใช้เทคนิคโครมาโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography, HPLC) รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น จากผลการทดลองพบ สารสกัดที่ได้จากฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ประกอบด้วยกรดฟีนอลิกหลักอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ กรดพาราคูมาลิก กรดเฟอรูลิก และกรดไซรินจิก ส่วนฟางข้าวพันธุ์กข 2 พบกรดฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบหลักเพียง 2 ชนิดได้แก่ กรดเฟอรูลิก และกรดไซรินจิก และพบว่ากรดฟีนอลิกที่สกัดได้จากฟางข้าวส่วนใหญ่อยู่ในรูป Insoluble ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่า สารสกัดที่ได้จากฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข 2 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 12.94 และ 12.98 (mg GAE/100g) ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นต่อ DPPH ของฟางข้าวรายงานในรูปเปอร์เซ็นการยับยั้งอนุมูลอิสระ พบว่า สารสกัดที่ได้จากฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข 2 มีฤทธิ์ต้านการออกซิเดชั่น 44.6% และ 48.3 % ตามลำดับ จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าฟางข้าวยังคงเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของกรดฟีนอลิกและสารสำคัญทางชีวภาพที่มีสมบัติในการต้านออกซิเดชั่นสูง และควรมีการศึกษาความปลอดภัยของสารที่สกัดได้จากฟางข้าวนี้เพื่อนำมาใช้กับอาหารหรือเครื่องสำอางต่อไป

คำสำคัญ: ฟางข้าว กรดฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น การสกัด

คำนำ

ฟางข้าวเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีราคาต่ำ จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Tilay และคณะ (2008) พบว่าในฟางข้าวสาลียังคงมีสารสำคัญกรดฟีนอลิก (phenolic acids) ซึ่งสารสำคัญนี้จัดว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรม

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี ราชเทวี กทม. 10400
[1] Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Rajchavithi Rd., Rajchathevee, Bangkok 10400

อาหารและเครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังพบว่ามีการนำสารนี้มาใช้ในรูปของยาและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารอีกด้วย (Alothman และคณะ, 2009) ปัจจุบันประเทศไทยยังต้องนำเข้าสารเหล่านี้จากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง ในขณะประเทศไทยมีวัตถุดิบฟางข้าวซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำสารสำคัญดังกล่าวจากฟางข้าวมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับฟางข้าวไทย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีความสนใจศึกษาองค์ประกอบของกรดฟีนอลิกในฟางข้าวด้วยเทคนิค isocratic HPLC รวมทั้งหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของสารสกัดจากฟางข้าวเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และทดแทนการนำเข้าของสารสำคัญกรดฟีนอลิกได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ฟางข้าวเจ้า (พันธุ์ปทุมธานี1) จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี และ ฟางข้าวเหนียว (พันธุ์กข 2) จากจังหวัดนครพนม สารมาตรฐานกรดฟีนอลิกจาก Fluka chemical (Buchs, Switerland) ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้เป็น analytical grade จาก Merck (Darmstadt, Germany) ตัวอย่างฟางข้าวนำมาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 50 MESH เก็บใส่ถุงพลาสติกปิดสนิททึบแสง เก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 °C

ทำการสกัด soluble phenolic acid จากฟางข้าว ตามวิธีของ Renuka และ Arumughan (2007) โดยใช้ตัวอย่างฟางข้าว 10 กรัมต่อเมทานอล 750 มิลลิลิตร สกัดด้วย Soxhlet extractor เป็นเวลา 10 ชั่วโมง และทำการสกัด Insoluble phenolic acid จากฟางข้าว ดัดแปลงจากวิธีของ Adom และ Liu (2002) โดยใช้กากฟางข้าวที่สกัด soluble phenolic acid ปริมาณ 10 กรัม มาไฮโดรไลซ์ด้วย 2 โมลาร์ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (30 มิลลิลิตร) เขย่าภายใต้ก๊าซไนโตรเจนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วปรับสภาวะของสารละลายให้ได้ค่า pH 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ และนำมาสกัดด้วยเฮกเซน 30 มิลลิลิตร สกัดต่อด้วยเอททิลอาซิเตท 30 มิลลิลิตร แล้วนำไปประเหยจนเอททิลอาซิเตทแห้ง นำทั้งสองส่วนมาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดฟีนอลิกด้วย HPLC บนคอลัมน์ C 18 reversed-phase HPLC pump รุ่น Waters 510 UV-Detector โดย mobile phase ที่ใช้คือ 2% acetic acid ในน้ำต่อเมทานอลในอัตราส่วน 82:18 (Bonoli และคณะ, 2004) โดยควบคุมอัตราการไหลของวัฏภาคเคลื่อนที่เท่ากับ 1.5 มิลลิลิตร/นาที ใช้ระบบการแยกสารแบบ isocratic elution ตรวจวิเคราะห์ด้วย UV-spectrophotometry detector รุ่น Waters 2487 ที่ความยาวคลื่นที่ 280 และ 320 นาโนเมตร

นำสารสกัดที่เหลือนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธีของ Alothman และคณะ (2009) โดยนำสารสกัดฟางข้าว 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร และ น้ำ 6 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติม Na_2CO_3 7.5% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 2 มิลลิลิตรตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 วินาที ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เปรียบเทียบผลโดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก และหาฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น ตามวิธีของ Alothman และคณะ (2009) โดยนำสารสกัดฟางข้าวปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับ DPPH 2.5 มิลลิโมลาร์ ในเมทานอลปริมาตร 1.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นต่อ DPPH รายงานในรูปของเปอร์เซ็น (% inhibition)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษานี้มุ่งเน้นพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารด้วยเทคนิค HPLC แบบ isocratic elution ผลการทดสอบการใช้ได้ของการวิเคราะห์ด้วย HPLC สรุปไว้ใน Table 1 ได้กราฟมาตรฐานที่มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรง (R^2 มีค่าสูงกว่า 0.999) จากผลการทดสอบหาค่า LOD จาก 3 เท่าของ SD และ LOQ จาก 10 เท่าของ SD ได้ LOD เท่ากับ 0.0001 และ LOQ เท่ากับ 0.0003 mg/kg ซึ่งแสดงถึงว่าวิธีนี้มีสมรรถนะดี สามารถวิเคราะห์ปริมาณตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำได้ ซึ่งเหมาะสมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดฟีนอลิกในตัวอย่างฟางข้าว (Figure 1) ในขณะที่ Figure 2 แสดงปริมาณของกรดฟีนอลิกในฟางข้าว พบว่า soluble phenolic acid ในสารกัดจากฟางข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 พบกรดไซรินจิก กรดพาราคูมาริก และกรดเฟอรูลิก โดยพบกรดพาราคูมาริกมีปริมาณสูงที่สุด ส่วนฟางข้าวพันธุ์กข 2 พบกรดไซรินจิก และกรดเฟอรูลิก โดยที่กรดเฟอรูลิกมีปริมาณสูงกว่ากรดไซรินจิก Insoluble phenolic acid ของฟางข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์พบกรดพาราคูมาริกและกรดเฟอรูลิก ซึ่งฟางข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 มีปริมาณกรดพาราคูมาริกสูงกว่ากรดเฟอรูลิก และทั้ง 2 สายพันธุ์มีปริมาณกรด

เฟอรูลิกใกล้เคียงกัน นอกจากนี้พบว่ากรดฟีนอลิกส่วนใหญ่ในรูปของ Insoluble phenolic acid ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ากรดฟีนอลิกในธัญพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป bound phenolic acid (Laokuldilok และคณะ, 2011; Liu, 2007)

Table 1 Standard calibration curves, maximum wavelengths (λ_{max}) and method validation data for determination of caffeic acid, chlorogenic acid, syringic acid, *p*-coumaric acid and ferulic acid by isocratic HPLC-UV detection

Compound	Linear range (mg/ml)	Calibration curves		LOD (mg/ml)	LOQ (mg/ml)	λ_{max} (nm)
		Regression equation [a]	R^2			
Caffeic acid	0.001-0.1	Y = 66334.53x	0.9997	0.0001	0.0003	320
Chlorogenic acid	0.001-0.1	Y = 37736.06x	0.9987	0.0003	0.001	320
Syringic acid	0.001-0.1	Y = 38998.54x	0.9998	0.0001	0.0002	280
p-coumaric acid	0.001-0.1	Y = 85720.67x	0.9999	0.0001	0.0004	320
Ferulic acid	0.001-0.1	Y = 69463.45x	0.9959	0.0001	0.0003	320

[a] y = peak area, x = concentration (mg/ml)

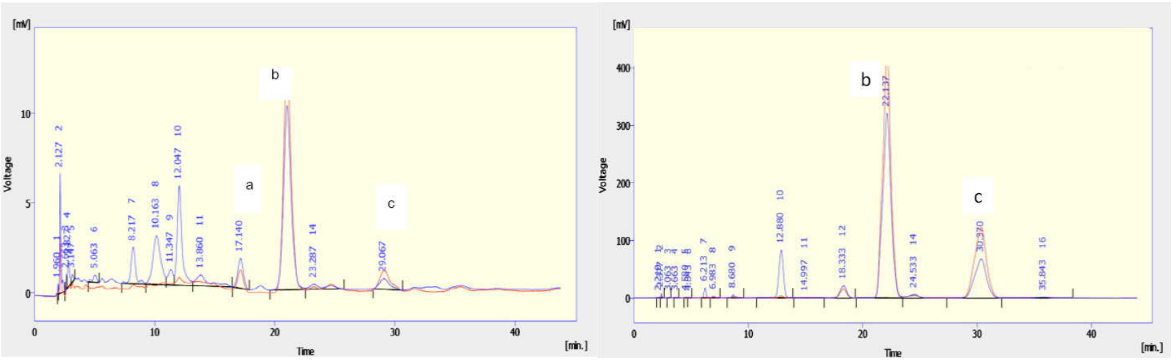


Figure 1 Chromatogram of soluble (left) and insoluble (right) phenolic acid from Pathum Thani 1 rice straw extract. Peaks : (a) Syringic acid (b) *p*-Coumaric acid (c) Ferulic acid detected at 2 nm.

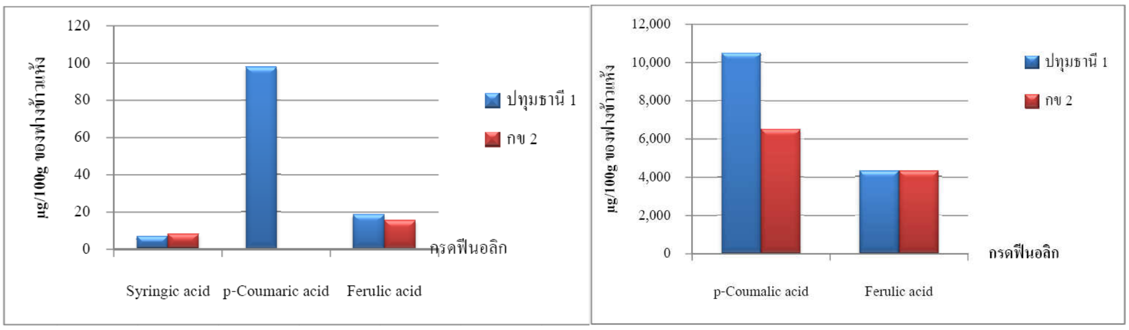


Figure 2 Soluble (left) and insoluble (right) phenolic acid content from rice straw extract.

จากการศึกษาพบว่า soluble phenolic acid ของสารสกัดจากฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข 2 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 12.94 และ 12.98 (mg GAE/100g) ตามลำดับ นอกจากนี้ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของฟางข้าว ซึ่งรายงานในรูปเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า soluble phenolic acid ของสารสกัดจากฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข 2 มีฤทธิ์ต้านการออกซิเดชั่น 44.6% และ 48.3% ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าฟางข้าวยังคงเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของสารสำคัญทางชีวภาพที่มีสมบัติในการต้านออกซิเดชั่นสูง (Table 2)

Table 2 Total phenolic content (TPC) and antioxidant activity (DPPH assay) in soluble phenolic acid from different rice straw extracts

Varieties	TPC (mg GAE/100 g of straw)[1]	DPPH radical scavenging activity (% inhibition)
Pathum Thani 1	12.94±0.011	44.6
RD 2	12.98±0.002	48.3

[1]Values are mean±SD (n=3).

สรุปผล

การศึกษานี้สามารถพัฒนาวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดฟีนอลิกในฟางข้าวด้วย Isocratic HPLC ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง เหมาะกับการนำมาใช้สำหรับงานวิเคราะห์ที่ต้องทำเป็นประจำ จากผลการทดลองพบปริมาณกรดฟีนอลิกในฟางข้าวจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของสายพันธุ์ข้าว โดยพบว่ากรดเฟอรูลิกและกรดพาราคูมาลิกเป็นองค์ประกอบหลักในฟางข้าวทั้งสองสายพันธุ์ และกรดฟีนอลิกที่พบส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป insoluble จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าฟางข้าวยังคงมีสมบัติในการต้านออกซิเดชั่นสูง ดังนั้นฟางข้าวเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชั่นธรรมชาติที่น่าสนใจและมีคุณค่า

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมูลนิธิโทเรเพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ ประเทศไทยที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

Adom, K.K. and Liu, R.H., 2002, Antioxidant Activity of Grains, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 6182-6187.

Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A., 2009, Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Selected Tropical Fruits from Malaysia, Extracted with Different Solvent, Food chemistry, 115: 785-788.

Bonoli, M., Verardo, V., Marconi, E. and Caboni, M.F., 2004, Antioxidant Phenols in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Flour: Comparative Spectrophotometric Study among Extraction Methods of Free and Bound Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food chemistry, 52: 5195-5200.

Laokuldilok, T., Shoemaker, C.F., Jongkaewwattana, S. and Tulyathan, V., 2011, Antioxidants and Antioxidant Activity of Several Pigmented Rice Brans, Journal of Agricultural and Food chemistry, 59: 193-199.

Liu, R.H., 2007, Whole Grain Phytochemicals and Health, Journal of Cereal Science, 46: 207-219.

Renuka, D.R. and Arumughan, C., 2007, Phytochemical Characterization of Defatted Rice Bran and Optimization of a Process for their Extraction and Enrichment, Bioresource Technology, 98: 3037-3043.

Tilay, A., Bule, M., Kishenkumar, J. and Annapure, U., 2008, Preparation of Ferulic Acid from Agricultural Wastes: Its Improved Extraction and Purification, Journal of Agricultural and Food chemistry, 56: 7644-7648.

อิทธพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง

Effect of Soaking Temperature and Soaking Time on Isoflavones Changes in Soybean

ชลิดา เนียมนุ้ย[1] จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์[2] และ สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา[3]

Niamnuy, C.[1], Jamradloedluk, J.[2] and Devahastin, S.[3]

Abstract

The health benefits of soybean have been well known. The main bioactive compound in soybean is isoflavones that widely used as antioxidant, anticancer and also the treatment of estrogen hormone replacement therapy in menopausal women. Heat treatment affects on isoflavones content and distribution during the production of soy foods and pharmaceutical products. Genistein and its conjugated glucosides are the predominate isoflavones in soybean. The objective of present research was to study the effects of soaking water temperature (30, 50 and 70 ^{O}C) and soaking time (0, 1, 2, 3 and 4 hr) on isoflavones changes in soybean. It was found that total isoflavones, 6”-*O*-Malonylgenistin and 6”-*O*-Acetlygenistin content were decreased while genistin content was increased with an increase of soaking water temperature and soaking time. However, the soaking water temperature at 50^{O}C gave the highest content of genistein at the same soaking time. The loss of various isoflavones derivatives in soybean was due to water dissolution and degradation of isoflavones.

Keywords: Isoflavones, dissolve, degradation, water soaking

บทคัดย่อ

ถั่วเหลืองเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในด้านคุณประโยชน์ต่อร่างกาย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในถั่วเหลือง คือ ไอโซฟลาโวน ซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านมะเร็ง และสารบำบัดในการทดแทนฮอร์โมนเอสโตรเจนในสตรีวัยทอง การให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณและการกระจายตัวของอนุพันธ์ต่างๆ ของไอโซฟลาโวนในระหว่างการผลิตอาหารจากถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์เภสัชกรรม จีนิสเตอีนและคอนจูเกจ กลูโคไซด์เป็นไอโซฟลาโวนหลักที่พบในถั่วเหลือง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาผลของอุณหภูมิ (30 50 และ 70 องศาเซลเซียส) และระยะเวลา (0 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง) ในการแช่น้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง พบว่าไอโซฟลาโวนรวม, มาโลนิล-จีนิสตีน และ อะซิทิล-จีนิสตีนมีปริมาณลดลง ขณะที่จีนิสตีนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการแช่น้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิในการแช่น้ำเท่ากับ 50 องศาเซลเซียสทำให้จีนิสเตอีนมีปริมาณสูงสุดที่เวลาการแช่น้ำเท่ากัน การสูญเสียไอโซฟลาโวนอนุพันธ์ต่างๆในถั่วเหลืองเกิดขึ้นเนื่องจากการละลายในน้ำและการเสื่อมสลายของไอโซฟลาโวน

คำสำคัญ: การแช่น้ำ การละลาย การเสื่อมสลาย ไอโซฟลาโวน

คำนำ

ถั่วเหลืองถือเป็นธัญพืชที่มีคุณประโยชน์สูงสำหรับมนุษย์เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนและไขมันที่ดี นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีสารอาหารที่สำคัญอื่นๆ อีกมากมาย อาทิเช่น เหล็ก แคลเซียม สังกะสี และวิตามินต่างๆ สารประกอบที่มีคุณประโยชน์สูงชนิดหนึ่งที่พบมากในถั่วเหลืองคือไอโซฟลาโวน (Isoflavones) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างเหมือนฮอร์โมนเพศหญิงจึงเรียกว่า ไฟโตอีสโตรเจน (Phytoestrogen) ดังนั้นจึงมีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่รายงานเกี่ยวกับคุณประโยชน์ต่อสุขภาพของไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง อาทิเช่น การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ชะลอภาวะหมดประจำเดือน ป้องกันการขาดแคลเซียมในกระดูก บำรุงระบบประสาท ป้องกันหลอดเลือดแข็งตัว โรคหัวใจ และ

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Road, Chatuchak, Bangkok 10900

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

[2] Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kamriang, Kantarawichai Mahasarakham 44150

[3] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ.งามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10140

[3] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha u-tid Road, Tungkru, Bangkok 10140

โรคมะเร็ง (Zhang และคณะ, 2003; Kwak และคณะ, 2007) ไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองมีปริมาณและการกระจายตัวของอนุพันธ์ต่างๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณประโยชน์ที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ ไอโซฟลาโวนกลุ่มที่พบมากในถั่วเหลือง คือ จีนิสเตอีน (genistein) ซึ่งเป็นอะกลัยโคนหลัก และคอนจูเกจ กลูโคไซด์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มาโลนิล-จีนิสตีน (6”-*O*-Malonylgenistin) อะซิทิล-จีนิสตีน (6”-*O*-Acetlygenistin) และจีนิสติน (genistin) โดยมีงานวิจัยพบว่าไอโซฟลาโวนประเภทอะกลัยโคนถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ดี ร่างกายจึงสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว (Izumi และคณะ, 2000) นอกจากนี้ยังมีสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (Alpha-glucosidase inhibitor) ซึ่งทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลโมเลกุลคู่ให้เป็นโมเลกุลเดี่ยวก่อนถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย จึงสามารถช่วยในการลดการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่ร่างกายในผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือผู้ป่วยที่ต้องควบคุมปริมาณน้ำตาลได้ (Caspary, 1978) ทั้งนี้กระบวนการแปรรูปถั่วเหลือง อาทิ การให้ความร้อน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไอโซฟลาโวนทั้งการเปลี่ยนรูปและการเสื่อมสลาย (Anderson และ Wolf, 1995) นอกจากนี้ยังพบว่าไอโซฟลาโวนประเภทกลูโคไซด์สามารถละลายน้ำได้ดี จึงเกิดการสูญเสียไปกับน้ำระหว่างกระบวนการได้ด้วย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ไอโซฟลาโวนและเพิ่มปริมาณอะกลัยโคนในระหว่างกระบวนการแปรรูปถั่วเหลือง

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมถั่วเหลืองสด (*Glycine max* L. Merill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งจัดซื้อจากศูนย์วิจัยพันธุ์พืช จังหวัดเลยที่ผ่านการทำความสะอาดและคัดแยกขนาดแล้วปริมาณ 200±0.5 กรัม มาแช่ในน้ำปริมาตร 400 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 30 50 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำถั่วเหลืองมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Thermo Fisher Scientific, Heto Power Dry PL3000, Middletown, VA) แล้วจึงแกะเปลือกและบดด้วยเครื่องบด (Perten Instruments AB, Laboratory Mill 3100, Stockholm, Sweden) หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการสกัดสารไอโซฟลาโวน โดยนำถั่วเหลืองบดปริมาณ 1 กรัม ผสมกับ acetonitrile 8 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 11.5 มิลลิลิตร และสารมาตรฐาน (200 μg/mL ของ fluorescein ใน methanol) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่องเขย่า (Shel Lab, SI6, Cornelius, OR) ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก (Sigma Laborzentrifugen GmbH, SIGMA 6-16K, Osterode am Harz, Germany) ที่ความเร็วรอบ 14500×g ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ส่วนใสหลังการเหวี่ยงแยกถูกนำไปกรองผ่านตัวกรองชนิดไนลอนขนาด 0.2 ไมโครเมตร (Whatman, Maidstone, UK) แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลาโวนด้วยเครื่อง HPLC (Shimadzu, SPD-M20A, Kyoto, Japan) ตามวิธีของ Niamnuy และคณะ (2011)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Figure 1 พบว่ามาโลนิล-จีนิสตีนและอะซิทิล-จีนิสตีนมีปริมาณลดลง ขณะที่จีนิสตีนและจีนิสเตอีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านกระบวนการแช่น้ำ ทั้งนี้เนื่องจากไอโซฟลาโวนสามารถเปลี่ยนรูปและสูญเสียได้เมื่อได้รับความร้อนและความชื้นจากการแช่น้ำ โดยการเปลี่ยนรูปของไอโซฟลาโวนเกิดขึ้นได้โดยปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ซึ่งมาโลนิล-จีนิสตีนสามารถเปลี่ยนรูปเป็นอะซิทิล-จีนิสตีนได้โดยเกิดปฏิกิริยา Decarboxylation นอกจากนี้มาโลนิล-จีนิสตีน และอะซิทิล-จีนิสตีนสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นจีนิสตีนได้โดยปฏิกิริยา Deesterification ซึ่งปฏิกิริยาเหล่านี้สามารถถูกเร่งได้โดยความร้อนและความชื้นที่เหมาะสม นอกจากนี้มาโลนิล-จีนิสตีน อะซิทิล-จีนิสตีน และจีนิสตีนสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นจีนิสเตอีนได้โดยปฏิกิริยา Hydrolysis ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ดีในสภาวะที่มีเอนไซม์ β-glycosidase สภาวะที่เป็นกรด-เบสและสภาวะที่มีความร้อน (Niamnuy และคณะ, 2011) จากผลการทดลองเห็นได้ว่าอะซิทิล-จีนิสตีนมีปริมาณลดลง ขณะที่จีนิสตีนและจีนิสเตอีนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการแช่น้ำ ทำให้ทราบว่าปฏิกิริยา Decarboxylation เกิดขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับการเกิดปฏิกิริยา Deesterification และปฏิกิริยา Hydrolysis ในช่วงอุณหภูมิและเวลาการแช่น้ำที่ศึกษา โดยปฏิกิริยาที่มีบทบาทมากที่สุดเมื่ออุณหภูมิการแช่น้ำสูงขึ้น คือ การเปลี่ยนรูปจากมาโลนิล-จีนิสตีนไปเป็นจีนิสตีนผ่านปฏิกิริยา Deesterification เนื่องจากปริมาณของไอโซฟลาโวนทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อพิจารณาจาก Figure 1 และเมื่อพิจารณา Figure 1(d) พบว่าจีนิสเตอีนในถั่วเหลืองที่ถูกแช่น้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณสูงที่สุดที่เวลาการแช่น้ำเท่ากัน รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นโดยการเร่งด้วยการทำงานของเอนไซม์ β-glycosidase ที่เปลือกด้านใน

ของถั่วเหลือง ซึ่งสามารถทำงานได้ในช่วงที่อุณหภูมิ 25-50 องศาเซลเซียส (จารุวรรณ, 2550) ร่วมกับการเร่งด้วยความร้อน ขณะที่การเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นโดยการเร่งด้วยความร้อนเพียงอย่างเดียว อีกทั้งอุณหภูมิสูงส่งผลให้การละลายน้ำของกลูโคไซด์อนุพันธ์ต่างๆ และการเกิดปฏิกิริยา Deesterification สูงขึ้น จึงทำให้โอกาสในการเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis มีน้อยลง ส่วนการเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เกิดจากการทำงานของเอนไซม์เท่านั้น ซึ่งเกิดขึ้นได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง (50 องศาเซลเซียส) ทั้งนี้ปริมาณไอโซฟลาโวนรวม (มาโลนิล-จีนิสตีน อะซิทิล-จีนิสตีน จีนิสตีน และจีนิสเตอีน) มีปริมาณลดลงเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากไอโซฟลาโวนอนุพันธุ์ต่างๆสามารถเสื่อมสลายได้เนื่องจากความร้อน (Chien และคณะ, 2005) นอกจากนี้การสูญเสียยังเกิดขึ้น เนื่องจากสมบัติการละลายน้ำได้ของกลูโคไซด์อนุพันธ์ต่างๆ ได้แก่ มาโลนิล-จีนิสตีน อะซิทิล-จีนิสตีน และจีนิสตีน (Jackson และคณะ, 2002)

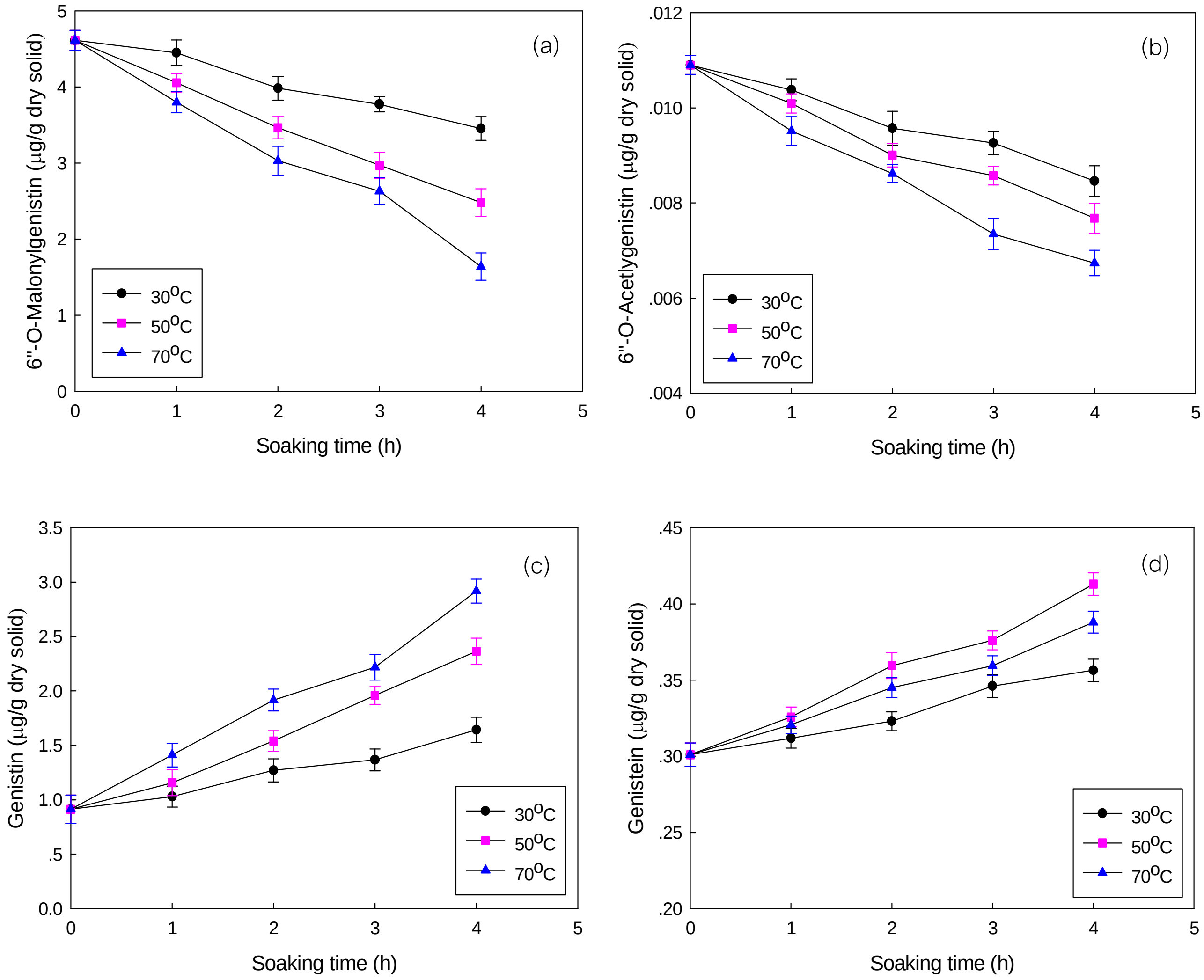


Figure 1 Isoflavones changes during soaking in water

(a) 6”-*O*-Malonylgenistin; (b) 6”-*O*-Acetylgenistin; (c) Genistin; (d) Genistein

สรุปผล

ไอโซฟลาโวนอนุพันธ์มาโลนิล-จีนิสตีนและอะซิทิล-จีนิสตีนในถั่วเหลืองมีปริมาณลดลง แต่จีนิสตีนมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำเพิ่มขึ้น และพบว่าจีนิสเตอีนมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการแช่น้ำ โดยอุณหภูมิการแช่น้ำที่ทำให้จีนิสเตอีนมีปริมาณมากที่สุดคือ 50 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณไอโซฟลาโวนรวมมีปริมาณลดลง เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดได้โดยการเสื่อมสลายเนื่องจากความร้อนและความสามารถในการละลายน้ำได้ของกลูโคไซด์อนุพันธ์ต่างๆ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ ธนวิรุฬห์, 2550, ผลของระยะเวลาในการแช่น้ำและอุณหภูมิการแช่น้ำต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง, วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, 3: 81-90.

Anderson, R.L. and Wolf, W.J., 1995, Compositional Changes in Trypsin Iinhibitors, Phytic Acid, Saponins and Isoflavones Related to Soybean Processing, Journal of Nutrition, 125(3 suppl.): 581S-588S.

Caspary, W.F., 1978, Sucrose Malabsorption in Man after Ingestion of α-Glucosidehydrolase Inhibitor, Lancet, 1: 1231-1233.

Chien, J.T., Hsieh, H.C., Kao, T.H. and Chen, B.-H., 2005, Kinetic Model for Studying the Conversion and Degradation of Isoflavones During Heating, Food Chemistry, 91: 425-434.

Izumi, T., Piskula, M.K., Osawa, S., Obata, A., Tobe, K., Saito, M., Kataoka, S., Kubota, Y. and Kikuchi, M., 2000, Soy Isoflavone Aglycones are Absorbed Faster and in Higher Amounts than their Glucosides in Humans, Journal of Nutrition, 130: 1695-1699.

Jackson, C., Dini, J.P., Lavandier, C., Rupasinghe, H.P.V, Faulkner, H., Poysa, V., Buzzell, D. and DeGrandis, S., 2002, Effects of Processing on the Content and Composition of Isoflavones During Manufacturing of Soy Beverage and Tofu, Process Biochemistry, 37: 1117-1123.

Kwak, C.S., Lee, M.S. and Park, S.C., 2007, Higher Antioxidant Properties Of Chungkookjang, A Fermented Soybean Paste, may be due to Increased Aglycone and Malonylglycoside Isoflavone during Fermentation, Nutrition Research, 27: 719-727.

Niamnuy, C., Nachaisin, M., Laohavanich, J. and Devahastin, S., 2011, Evaluation of Bioactive Compounds and Bioactivities of Soybean Dried by Different Methods and Conditions, Food Chemistry, 129: 899-906.

Zhang, X., Shu, X.O., Gao, Y.T., Yang, G., Li, Q., Li, H., Jin. F. and Zheng, W., 2003, Soy Food Consumption is Associated with Lower Risk of Coronary Heart Disease in Chinese Wome, Journal of Nutrition, 133: 2874-2878.

เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้

Comparisons of Antioxidant Activities and Total Phenolic Content of Fruit Peels

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย[1] ทิพวรรณ ผาสกุล[1] และ ราตรี มงคลไทย[1]
Loypimai, P.[1], Pasakul, T.[1] and Mongkolthai, R.[1]

Abstract

This research aimed to compare the antioxidant activity and total phenolic contents of ten fruit peels, including tangerine orange *(Citrus reticulata)*, pomelo *(Citrus maxima Merr.)*, banana (*Musa sapientum Linn.*), mafi *(Baccaurea ramiflora Lour.)*, watermelon *(Citrullus vulgaris.)* pineapple *(Ananas comosus Merr.)*, cantaloupe *(Cucumis melo var.)*, papaya *(Carica papaya L.)*, unripe mango and ripe mango (*Mangifera indica L.)*. Antioxidant activity (1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, and total antioxidant capacity) and total phenolic contents of fruit peel samples were evaluated. The results indicated that unripe mango and ripe mango peels gave the highest amounts of antioxidant activity (IC_{50}, 2.32 and 2.31 g/ ml, respectively) and total antioxidant capacity (equivalent to ascorbic and gallic acids). Similarly, total phenolic contents of peel extract of unripe mango (72.8 mg GAE/ g dry basis) also showed the highest value. Therefore, the peels of unripe mango could be potential rich source of natural antioxidant activity and total phenolic content.

Keywords: antioxidant activity, total phenolic content, fruit peel

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้เหลือทิ้ง 10 ชนิดได้แก่ ส้มเขียวหวาน *(Citrus reticulata)* ส้มโอ *(Citrus maxima Merr.)* กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum Linn.*) มะไฟ *(Baccaurea ramiflora Lour.)* แตงโม *(Citrullus vulgaris)* สับปะรด *(Ananas comosus Merr.)* แคนตาลูป *(Cucumis melo var.)* มะละกอ *(Carica papaya L.)* มะม่วงดิบ และมะม่วงสุก (*Mangifera indica L.*) นำมาวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging และ total antioxidant capacity) และสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าเปลือกมะม่วงดิบและมะม่วงสุก มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (IC_{50} เท่ากับ 2.32 และ 2.31 กรัม/ มิลลิลิตร ตามลำดับ) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระรวม (เทียบกับกรดแอสคอบิก และแกลลิก) สูงสุด ในทำนองเดียวกัน เมื่อทำการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าเปลือกมะม่วงดิบมีสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด เท่ากับ 72.8 mg GAE/ กรัมน้ำหนักแห้ง ดังนั้นเปลือกมะม่วงดิบจึงเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบ
ฟีนอลิก

คำสำคัญ: ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกรวม เปลือกผลไม้

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคตระหนักถึงอันตรายจากสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ส่งผลทำให้มีความต้องการสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในผลไม้ซึ่งเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แทนนิน (tannins) และคาเทชิน (catechins) (Macheix และคณะ, 1990) นอกจากนี้ในผลไม้ยังประกอบด้วยวิตามินที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระอีกหลายชนิดเช่น วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน (β-carotene) (Paul และ Southgate, 1987; Hernandez และคณะ 2006) และมีงานวิจัยรายงานว่า

[1] **สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600**
[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

ในผลไม้หลายชนิดมีสารออกฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (Okonogi และคณะ, 2006; Award และคณะ, 2001) ปัจจุบันอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ในประเทศไทยมีการนำผลไม้หลายชนิดมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพิ่มมากขึ้น ผลพลอยได้จากการแปรรูปคือ เปลือก เยื่อผิว และเมล็ดเล็กๆ ของผลไม้ ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพ และเลี้ยงสัตว์ ทำให้มีมูลค่าลดลง การนำกลับมาใช้ใหม่ของผลพลอยได้นี้เป็นสิ่งที่มีประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญ ขึ้นอยู่กับชนิดและวัตถุประสงค์การนำไปใช้ มีงานวิจัยจำนวนมาก พบว่าในเปลือกผลไม้ เช่น กล้วย ส้ม มะม่วง เป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติเช่น polyphenols และ flavone (Lee และคณะ, 2010) สารเหล่านี้จัดว่าเป็นสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพและมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง และมีผลต่อการลดระดับคลอเลสเตอรอล (Burn และคณะ, 2000) มีงานวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำและเนื้อผลไม้ที่รับประทานได้ (Mokbel และ Hashinaga, 2006; Valcheva-Kuzmanova และคณะ, 2004) แต่ยังมีข้อมูลการวิจัยจำนวนน้อยที่ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเปลือกผลไม้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้เหลือทิ้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตัวอย่างเปลือกผลไม้

ตัวอย่างเปลือกผลไม้เหลือทิ้ง 10 ชนิดได้แก่ ส้มเขียวหวาน *(Citrus reticulata.)* ส้มโอ *(Citrus maxima Merr.)* กล้วยน้ำว้า (Musa sapientum Linn.) มะไฟ *(Baccaurea ramiflora Lour.)* แตงโม *(Citrullus vulgaris.)* สับปะรด *(Ananas comosus Merr.)* แคนตาลูป *(Cucumis melo var.)* มะละกอ *(Carica papaya L.)* มะม่วงดิบและมะม่วงสุก (*Mangifera indica L.)* ซื้อมาจากตลาดสดในเขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร

2. การเตรียมสารสกัดตัวอย่างเปลือกผลไม้

ดัดแปลงวิธีของ Loypimai และคณะ (2010) โดยชั่งตัวอย่างเปลือกผลไม้แห้ง 5.0 กรัม เติมสารละลายเมทานอลเข้มข้น 80% v/v ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นด้วย magnetic stirrer ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 นาที เสร็จแล้วสกัดครั้งที่สองด้วย เมทานอล 80% v/v ที่ประกอบด้วยสารละลายกรดไฮดรอคลอริกเข้มข้น 0.15% v/v ปริมาตร 20 มิลลิลิตร สกัดในสภาวะเดียวกัน สารสกัดที่สกัดได้กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดรำที่ได้ไประเหยให้แห้งกับเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แล้วเก็บในขวดฝาเกลียวสีชาที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ต่อไป

3. วิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

3.1 วิธี DPPH radical scavenging activity

ทำตามวิธีของ Loypimai และคณะ (2010) โดยเตรียมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.004 % หลีกเลี่ยงการถูกแสง ดูดตัวอย่างสารสกัดเปลือกผลไม้มา 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วไปตั้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectronic Gcnesys 5) รายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ 50% (IC_{50}) คำนวณดังสมการ

% ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ = $[(1-Ae)/Ao]\times 100$

โดย Ao = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายไม่เติม สารสกัดเปลือก

Ae = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเติมสารสกัดเปลือก

3.2 วิธี total antioxidant capacity (Dasgupta และ De, 2004)

ดูดตัวอย่างเปลือกผลไม้สกัดมา 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย ที่เตรียมจากส่วนผสมของ 0.6 M sulfuric acid, 28 mM sodium phosphate และ 4.0 mM ammonium molybdate 3.0 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 695 นาโนเมตร เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (กรดแอสคอบิก และกรดแกลลิก)

4. วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic compounds) (Loypimai และคณะ, 2010)

ดูดตัวอย่างสารกัดเปลือกผลไม้มา 200 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu (เจือจาง 10 เท่า) ปริมาตร 800 ไมโครลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนท (sodium bicarbonate) เข้มข้น 7.5% ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 7.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 ชั่วโมง จนปฏิกิริยา

เกิดขึ้นสมบูรณ์ หลังจากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้เปรียบเทียบกับกรดแกลลิกมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกผลไม้ทั้ง 10 ชนิดได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มโอ กล้วยน้ำว้า มะไฟ แตงโม สับปะรด แคนตาลูป มะละกอ มะม่วงดิบและมะม่วงสุก (Table 1) พบว่าเปลือกผลไม้ทั้ง 10 ชนิดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยเปลือกมะม่วงดิบและมะม่วงสุก มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH สูงสุด ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.32 และ 2.31 กรัม/ มิลลิลิตร ตามลำดับ และมีความสมารถในการต้านอนุมูลอิสระรวม (total antioxidant capacity) สูงสุด เท่ากับ 0.218 และ 0.213 mg ascorbic acid equivalent (AAE)/ g dry basis ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน เมื่อทำการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าเปลือกมะม่วงดิบมีสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด รองลงมาคือ เปลือกมะม่วงสุก มีค่าเท่ากับ 72.8 และ 63.2 mg gallic acid equivalent (GAE)/ g dry basis ตามดำดับผลที่ได้สอดคล้องกับ พงศธร และคณะ (2551) รายงานไว้ว่าเปลือกมะม่วงและเปลือกมังคุดมีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูล DPPH และอนุมูล ABTS สูงกว่าเปลือกส้ม กล้วยหอม และมะละกอ

สรุปผล

เปลือกมะม่วงดิบเป็นแหล่งที่ดีของสารประกอบฟีนอลิกรวม และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เมื่อเทียบกับเปลือกผลไม้ชนิดอื่นที่ทำการศึกษา จึงน่าจะมีการนำเปลือกมะม่วงซึ่งเป็นของเหลือทิ้งไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสุขภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2554

Table 1 Antioxidant activity (DPPH radical scavenging and total antioxidant capacity), and Total phenolic content of ten fruit peels.

Fruit name		DPPH	Total antioxidant capacity (µg equivalent/g dry basis)		Total phenolic contents (µg gallic equivalent/ g dry basis)
Common name	Scientific name	(IC_{50}, g/ml)	Ascorbic acid	Gallic acid	
Mango (unripe)	*Mangifera indica L.*	2.32 ± 0.15^{a}	218 ± 1.58^{a}	204 ± 1.65^{a}	72.8 ± 0.70^{a}
Mango (ripe)	*Mangifera indica L.*	2.31 ± 0.58^{a}	213 ± 1.25^{a}	201 ± 6.43^{a}	63.2 ± 0.69^{b}
Tangerine Orange	*Citrus reticulate*	26.3 ± 1.35^{b}	21.0 ± 1.73^{b}	25.8 ± 1.26^{b}	17.2 ± 0.54^{c}
Cantaloupe	*Cucumis melo var.*	35.30 ± 1.08^{b}	10.7 ± 1.15^{b}	9.71 ± 0.18^{c}	9.51 ± 2.08^{d}
Banana	*Musa sapientum Linn.*	26.0 ± 5.20^{b}	11.3 ± 1.31^{c}	12.1± 0.32^{c}	14.3 ± 0.20^{d}
Watermelon	*Citrullus vulgaris*	101 ± 2.14^{c}	12.3 ± 0.14^{b}	12.4 ± 1.22^{c}	18.9 ± 0.32^{c}
Papaya	*Carica papaya L.*	24.7 ± 1.53^{b}	15.7 ± 1.22^{b}	13.7 ± 1.32^{c}	11.0 ± 1.16^{d}
Pomelo	*Citrus maxima Merr.*	213 ± 2.31^{d}	8.30 ± 1.11^{d}	5.32 ± 1.36^{d}	1.92 ± 0.09^{e}
Pineapple	*Ananas comosus Merr.*	34.3 ± 11.02^{b}	15.3 ± 1.12^{b}	14.4 ± 1.19^{c}	16.3 ± 2.78^{c}
Ma fi	*Baccaurea ramiflora Lour.*	25.7 ± 0.16^{b}	18.1 ± 0.16^{b}	17.4 ± 1.21^{b}	18.9 ± 0.48^{c}

$^{a-e}$ Mean within a column with different letters are different (p<0.05)

เอกสารอ้างอิง

พงศธร ล้อสุวรรณ จิตศิริ ราชตนะพันธุ์ และศศิธร จันทนวรางกูร, 2551, สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้, การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: 554-561.

Award, M., de Jager, A., van der Plas, L.H.W. and van der Krol, A.R., 2001, Flavonoid and Chlorogenic Acid Changes in Skin of 'Elstar' and 'Jonagold' Apples During Development and Ripening, Scientia Horticulture, 90: 69-83.

Burn, J., Gardner, P.T., O'Neil, J., Crawford, S., Morecroft, I., McPhail, D.B., Lister, C., Matthews, D., MacLean, M.R., Duthie, G.G. and Crozier, A., 2000, Relationship among Antioxidant Activity, Vasodilatation Capacity, and Phenolic Contents of Red Wine, Agric Food Chem, 48(2): 220-230.

Dasgupta, N. and De, B., 2004, Antioxidant Activity of *Piper betle L.* Leaf Extract *in vitro*, Food chemistry, 88(2): 219-224.

Hernandez, Y., Lobo, G.M. and Gonalez, M., 2006, Determination of Vitamin C in Tropical Fruits: a Comparative Evaluation of Methods, Food Chemistry, 96: 654-644.

Lee, H.E., Yeom, J.H., Ha, M.S. and Bae, H.D., 2010, Development of Banana Peel Jelly and its Antioxidant and Textural Properties, Journal of Food Science and Biotechnology, 19(2): 449-455.

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.

Macheix, J.J., Fleuriet, A. and Billot, J., 1990, *Fruit phenolics*, Boca Raton, FL:CRC Press, 1-126.

Mokbel, M.S. and Hashinaga, F., 2006, Evaluation of the Antioxidant Activity of Extracts from Buntan (*Citrus grandis Osbeck)* Fruit Tissues, Food Chemistry, 94: 529-534.

Okonogi, S., Duangrat, C., Anuchpreeda, S., Tachakittirungrod, S. and Chowwanapoonpohn, S., 2007, Comparison of Antioxidant Capacities and Cytotoxcities of Certain Fruit Peels, Food Chemistry, 839-846.

Paul, A.A. and Southgat, D.A.T., 1978, *McCance and widdowson's the composition of food.* London : Her Majestry's Stationery Office.

Valcheva-Kuzmanova, S., Borisova, P., Galunska, B., Krasnaliev, I. and Belcheva, A., 2004, Hepatoprotective Effect of the Natural Fruit Juice from Aronia Melanocarpa on Carbon Tetrachloride-induced Acute Liver Damage in Rats, Experimental and Toxicologic Pathology, 56: 195-201.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมในพืชสกุลขิงบางชนิดในประเทศไทย

Screening for Antioxidant Activity and Total Curcuminoids Content in Some *Zingiber* spp. from Thailand

วิภาดา กันทยศ[1] **และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา**[1]

Kantayos, V.[1] and Paisooksantivattana, Y.[1]

Abstract

The rhizomes of the *Zingiber* are natural resources that provide many useful products for food in many asian countries and some species used as constituted a great part of Thai traditional medicine. In this study 10 *Zingiber* species from Thailand that were collected for screening antioxidant activity by using DPPH radical scavenging assay represented in a half maximal effective concentration (IC_{50}) and total curcuminoid content were determined. The results showed that *Z. montanum* is the highest of antioxidant activity and total curcuminoid content. The antioxidant activity of *Zingiber* were detected within range of 36.29-166.98 mg/ml and total curcuminoids content were detected within range 0.009-0.769% (w/w). The correlation between antioxidant activities and total curcuminoid content were negative with correlation coefficient (Pearson's r = -0.279).

Keywords: antioxidant activity, curcuminiods, *Zingiber* species

บทคัดย่อ

พืชสกุลขิงนับเป็นพืชสำคัญสกุลหนึ่งที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในด้านสมุนไพรและเครื่องเทศ ในประเทศแถบเอเชีย บางชนิดสามารถนำมาใช้เป็นยารักษาโรคได้ จึงสันนิษฐานว่าพืชสกุลนี้น่าจะมีศักยภาพในการเป็นแหล่งธรรมชาติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การศึกษานี้เพื่อคัดกรองพืช 10 ชนิดในสกุลขิง ที่พบในประเทศไทย โดยศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยใช้วิธี DPPH radical scavenging assay รายงานผลในหน่วยค่าความเข้มข้นที่ให้ผลต้านออกซิเดชันครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) จากผลการทดลองพบว่า *Z. montanum* (ไพลเหลือง) แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมสูงที่สุด โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสกุลขิงมีค่าระหว่าง 36.29 -166.98 mg/ml ส่วนปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมอยู่ในช่วงระหว่าง 0.009-0.769% (w/w) เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม พบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.279 จากผลการทดลองนี้แสดงว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ผลจากเคอร์คูมินอยด์ แต่อาจเกิดจากสารประกอบอื่น ซึ่งจะต้องพิสูจน์ต่อไป

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เคอร์คูมินอยด์รวม พืชสกุลขิง

คำนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา กระแสในเรื่องความห่วงใยสุขภาพ การป้องกัน และรักษาอาการเจ็บป่วยกำลังเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ผู้บริโภคในหลายๆ ประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจในการนำสมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรมารับประทานหรือเพื่อใช้บำรุงรักษาสุขภาพ งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์หลายชิ้นได้พิสูจน์ว่า สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง และโรคหัวใจ (Chew และคณะ, 2008) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก เช่น เคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) เป็นต้น ในประเทศไทยมีรายงานผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า มีพืชสกุลขิงบางชนิดมีความสามารถและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ การพัฒนาพืชสมุนไพรให้ได้มาตรฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตพืชสมุนไพรให้มีคุณภาพ โดยประเด็นที่สำคัญคือ สมุนไพรจะต้องมีปริมาณสารสำคัญสูง ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่เป็นแหล่งผลิตทางการเกษตรที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก จึงต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 พหลโยธิน กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Pahol Yothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900.

ทางด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารสำคัญของพืชสกุลขิงยังมีการศึกษาอยู่น้อย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการวิจัยเบื้องต้น เพื่อคัดกรองศักยภาพของพืชสกุลขิงชนิดต่างๆ ที่พบในประเทศไทยโดยหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด และตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดตัวอย่างพืช

นำเหง้าของพืชสกุลขิง 10 ชนิด ได้แก่ *Zingiber montanum, Z. leptostachys, Z. citriodorum, Zingiber* 'Plai-chompoo', *Z. mekongense, Z. parishii, Z. ottensii*, *Z. chrysostachys*, *Z. orbiculatum* และ *Z. spectabile* ที่มีอายุประมาณ 10-12 เดือน มาทำให้แห้งด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิ โดยปรับให้มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ ประมาณ 37 องศาเซลเซียส และสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% กลั่น ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำมากรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman No. 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการต่างๆ

การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Capacity Assay

การตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ใช้วิธีของ Bua-in and Paisooksantivatana (2009) โดยใช้วิธีวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 nm การรายงานผลเป็นค่า IC_{50} ซึ่งหมายถึง ปริมาณของสารต้านออกซิเดชัน ที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH เหลืออยู่ 50% ค่าที่มีค่าน้อยจะแสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าค่าที่มีค่ามาก เปรียบเทียบค่าที่ได้กับวิตามินซี ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวก (positive control) ในการทดลอง

การหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวม

ดัดแปลงจากวิธีของ Thaikert และ Paisooksantivatana (2009) ใช้สารเคอร์คูมินเป็นสารมาตรฐาน สารละลายมาตรฐานเตรียมโดยใช้วิธีของ Boonchoong และคณะ (2006) วัดการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และคำนวณหาค่าร้อยละของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์จากน้ำหนักแห้ง % (w/w) โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของเคอร์คูมินมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) แบบ Complete Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบในตัวอย่างสารสกัดของพืชสกุลขิง พบว่า *Z. montanum* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (IC_{50}) เท่ากับ 36.3±02.60 mg/ml รองลงมาคือ *Z. orbiculatum, Z. leptostachys, Z. citriodorum, Zingiber* ' Phai-chompoo', *Z. mekongense, Z. chrysostachys, Z. spectabile, Z. parichii* และ *Z. ottensii* ตามลำดับ (Table1) และไม่มีพืชสกุลขิงชนิดใดที่แสดงสมบัติการต้านอนุมูลอิสระแรงเท่ากับวิตามินซี สอดคล้องกับการทดลองของ ระวิวรรณ และทรงพร (2549) ซึ่งทำการวัดความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด โดยใช้วิตามินซีเป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวก การวิเคราะห์ความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยสาร DPPH มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในปัจจุบันเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วในการวิเคราะห์ (Molyneux, 2004) โดยกลไกการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารต้านอนุมูลอิสระเกิดจากการให้อิเล็คตรอนของสารต้านอนุมูลอิสระแก่อนุมูลอิสระ DPPH โดยที่อนุมูลอิสระ DPPH ในสารละลายจะมีสีม่วง เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระให้อิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH จะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระต่อไป ซึ่งจะเห็นเป็นสีเหลืองนวล ส่วน phenoxy radical ที่เกิดขึ้นจะจับกัน ทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระหมดไป (Ionita, 2005) แต่มีความแม่นยำน้อย เนื่องจากมีอิทธิพลของรงควัตถุอื่นในพืชที่สามารถรบกวนการดูดกลืนคลื่นแสง (Pathania และคณะ, 2006) และพบว่าสารบางอย่างในพืช เช่น เม็ดแป้ง (starch grain) สามารถตกตะกอนในตัวทำละลายเอทานอลได้ (Chen และคณะ, 2010)

ส่วนในการหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในพืชสกุลขิงพบว่า มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ตั้งแต่ 0.009-0.779 % (w/w) โดยสารสกัดของ *Z. montanum* มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมสูงที่สุด (Table 1) สารเคอร์คูมินอยด์เป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่ง มีสีเหลือง และพบมากในขมิ้นชัน (Timprasert และคณะ, 2005) ในการทดลองของ Sotanaphun และคณะ (2007) พบว่าในขมิ้นชันมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ตั้งแต่ 1.07-14.70 % (w/w) ในขณะที่ Thaikert และ Paisooksantivatana

(2009) กล่าวว่าปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมในขมิ้นมีค่าสอดคล้องกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แต่จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสกุลขิง (*Zingiber*) พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (Pearson's r = -0.279) อย่างไรก็ตามพืชสกุลขิงประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด เช่น 6-gingerol (Stoilova และคณะ, 2007), zerumbone (Rhode และคณะ, 2007) เป็นต้น ดังนั้นฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่แสดงออกมาอาจเกิดจากสารสำคัญชนิดอื่น นอกเหนือจากสารเคอร์คูมินอยด์

Table 1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) ของสารสกัดจากเหง้าพืชสกุลขิง

Zingiber species	IC_{50} (mg/ml)	curcuminoids % (w/w)
L-ascorbic acid	9.84±1.01	-
Z. montanum	36.30±2.60	0.769±0.078
Z. leptostachys	75.49±5.35	0.188±0.018
Z. citriodorum	75.82±1.92	0.060±0.027
Zingiber 'Plai-chompoo'	75.98±4.68	0.016±0.070
Z. mekongense	77.53±7.42	0.011±0.040
Z. parishii	165.01±7.86	0.068±0.002
Z. ottensii	166.98±6.17	0.009±0.030
Z. chrysostachys	100.70±12.88	0.240±0.008
Z. orbiculatum	62.13±16.53	0.243±0.004
Z. spectabile	116.37±14.93	0.214±0.006

สรุปผล

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชสกุลขิงมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิด ปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมไม่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จึงสันนิษฐานได้ว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่แสดงออกมาเป็นผลของสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่น นอกเหนือจากสารเคอร์คูมินอยด์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ เพื่อการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับชาติบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพร จึงมั่นคง, 2549, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด, วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 8 (2): 76-78.

Blois, M.S., 1958, Antioxidant Activity Determination by the use of a Stable Free Radical, Nature, 181: 1199-1200.

Boonchoong, P., Saohin, W., Kittijarukhajohn, B., Kriyasin, P. and Malithong, S., 2006, Quantitative Analysis of Major Components in Khamin Chan and Fathalai Capsules by High Performance Liquid Chromatography, Thai pharmaceutical and health science journal, 1: 45-55.

Bua-in, S. and Paisooksantivatana, Y., 2009, Essential Oil and Antioxidant Activity of Cassumunar Ginger (Zingiberaceae : *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.) Collected from Various Parts of Thailand, Kasetsart Journal (Natural Science), 43: 467-475.

Chen, H., Yan, M., Zhu, J. and Xu, X., 2010, Enhancement of Exo-polysaccharide Production and Antioxidant Activity in Submerged Cultures of Inonotus Obliquus by Lignocellulose Decomposition, Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 38(2): 291-298.

Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omar, M. and Khoo, K.S., 2008, Antioxidant Activity of Three Edible Seaweeds from Two Areas in South East Asia, Journal of food Science and Technology, 41(6): 1067-1072.

Ionita, P., 2005, Is Dpph Stable Free Radical a Good Scavenger for Oxygen Active Species, Chemicals papers, 59(1): 11-16.

Molyneux, P., 2004, The use of the Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 26(2): 211-219.

Pathania, V., Gupta, A.P. and Singh, B., 2006, Improved HPTLC Method for Determination of Curcuminoids from *Curcuma longa*, Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 29: 877–887.

Rhode, J., Fogoros, S., Zick, S., Wahl, H., Griffith, K.A., Huang, J. and Liu, J.R., 2007, Ginger Inhibits Cell Growth and Modulates Angiogenic Factors in Ovarian Cancer Cells, BMC Complementary and Alternative Medicine, 7: 44.

Sotanaphun, U., Phaechamud, T. and Dechwisissakul, P., 2007, Rapid Screening Method for Curcuminoid Content in Turmeric (*Curcuma longa* Linn.), Thai Pharmaceutical and Health Science Journal, 2(2): 125-130.

Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P. and Gargova, S.,2007, Antioxidant Activity of a Ginger Extract (*Zingiber officinale*), Journal of Food Chemistry, 102: 764-770.

Thaikert, R. and Paisooksantivatana, Y., 2009, Variation of Total Curcuminoids Content, Antioxidant Activity and Genetic Diversity in Turmeric (*Curcuma longa* L.) Collections, Kasetsart Journal (Natural Science), 43: 507-518

Timprasert, S., Boonruad, T., Nouchpramool, K., Setakanna, P. and Rattanasiri, J., 2005, Effect of Irradiation on Chemical Changes and Contaminated Microorganisms in Turmeric and Creat Powder [Online], Available: http://www.kmutt.ac.th/symposium/poster/26.pdf [June 20, 2010]

การศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้เปลือกไม้ต้นอินทรี (*Peltophorum dasyrachis*) และ เกลือในการดองแมงกะพรุนถ้วย (*Acromitus flagellatus*)

Comparative Study of the Use of Insee Peel of *Peltophorum dasyrachis* and Salt in the Production of Cured Cup Jellyfish (*Acromitus flagellatus*)

เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] จุรีพร เสือเดช[1] และ ดุษยา เบญจพงษ์วิมล[1]

Thumthanaruk, B.[1], Suadach, J[1] and Benjapongwimol, D.[1]

Abstract

The objective of this study was to compare the effect of Insee peel (*Peltophorum dasyrachis*) and salt on qualities of cured cup jellyfish. Results revealed that cured cup jellyfish in bark solvent (IPJ) had firmer and more rigid texture than salted cup jellyfish (SJ). Chemical analysis showed that IPJ had higher moisture content, but significantly lower protein, fat and ash than SJ. Color of IPJ was dark redness (+a*) but less lightness (L*) and yellowness (+b*) than SJ. Enzymatic hydrolysis of collagen protein by pepsin showed that protein of IPJ could not be hydrolysed because of the resulting from the formation of complex compound between protein and tannin.

Keywords: *Peltophorum dasyrachis,* cup jellyfish, tannin, pepsin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้เปลือกไม้ต้นอินทรีและการใช้เกลือในการดองต่อคุณภาพของแมงกะพรุนถ้วย ผลการศึกษาพบว่าแมงกะพรุนถ้วยที่ผ่านแช่น้ำเปลือกไม้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นและแข็งมากกว่าแมงกะพรุนถ้วยดองเกลือ ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าแมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้มีปริมาณความชื้นสูงกว่าแต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และ เถ้า น้อยกว่าแมงกะพรุนถ้วยดองเกลืออย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05\%$) สีของแมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้มีค่าสีแดง (+a*) มากกว่า แต่มีค่าความสว่าง (L*) และ ค่าสีเหลือง (+b*) น้อยกว่าแมงกะพรุนถ้วยดองเกลืออย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05\%$) ผลการย่อยโปรตีนคอลลาเจนในแมงกะพรุนถ้วยโดยใช้เอนไซม์เปปซินพบว่าไม่สามารถย่อยโปรตีนในแมงกะพรุนดองน้ำเปลือกไม้ได้เนื่องจากโปรตีนเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับแทนนินในเปลือกไม้

คำสำคัญ: *Peltophorum dasyrachis* แมงกะพรุนถ้วย แทนนิน เปปซิน

คำนำ

กรรมวิธีการดองแมงกะพรุนด้วยเปลือกไม้เป็นวิธีที่มีต้นทุนการผลิตต่ำและนิยมทำในท้องถิ่นของชาวประมงในจังหวัดตราดและพื้นที่ใกล้เคียง สามารถแปรรูปแมงกะพรุนสดทุกชนิด เช่น แมงกะพรุนหนัง แมงกะพรุนลอดช่องและแมงกะพรุนถ้วย เฉพาะแมงกะพรุนถ้วยเท่านั้นที่มีการดองด้วยน้ำเปลือกไม้เนื่องจากมีขนาดเล็ก และมีราคาต่ำ เมื่อนำมาแปรรูปด้วยการดองเกลือจะทำให้ได้ปริมาณผลผลิตต่ำ สำหรับวิธีการดองด้วยน้ำเปลือกไม้นี้มีขั้นตอนและส่วนผสมที่ไม่ยุ่งยากเริ่มจากนำแมงกะพรุนสดมาทำความสะอาด และหรือมีการตัดให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำมาแช่กับน้ำเปลือกไม้ เปลือกไม้ที่นิยมนำมาใช้คือไม้อินทรี ผลจากการแช่น้ำเปลือกไม้ซึ่งเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่งทำให้เนื้อสัมผัสแมงกะพรุนมีลักษณะแข็ง แน่น อวบน้ำ และเนื้อแมงกะพรุนมีความกรุบกรอบ ข้อดีจากการแช่แมงกะพรุนด้วยเปลือกไม้คือสามารถกำจัดกลิ่นคาวจากตัวแมงกะพรุนได้ดีกว่าการหมักด้วยเกลือ ผลิตภัณฑ์จะสามารถบริโภคได้ทันทีมักนิยมรับประทานกับน้ำจิ้มที่มีส่วนผสมของถั่ว มะนาว กระเทียมและพริก ส่วนแมงกะพรุนที่นิยมนำมาดองเกลือได้แก่แมงกะพรุนหนัง และแมงกะพรุนลอดช่องที่ส่วนผสมของเกลือประกอบด้วยเกลือ สารส้ม และโซเดียมไบคาร์บอเนต จะใช้เวลาในการดองนานกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่แห้งและเหนียวกว่า นิยมส่งเป็นสินค้าออกไปต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ เป็นต้น

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพ 10800

[1] Department of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pibulsongkharm road, Bangsue, Bangkok 10800

(กรมศุลกากร) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้เปลือกไม้อินทรีและการใช้เกลือในการดองต่อคุณภาพของแมงกะพรุนถ้วย (*Acromitus flagellates*)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบแมงกะพรุนถ้วย (*Acromitus flagellatus*) ดองด้วยเปลือกไม้ซื้อจากชาวประมง ตำบลท่าพริกเนินทราย อำเภอเมือง จังหวัดตราด และแมงกะพรุนถ้วยดองเกลือซื้อจาก บริษัท 22 ฟาร์ม ตำบล แหลมใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยกรรมวิธีการดองแมงกะพรุนถ้วยด้วยน้ำเปลือกไม้ เริ่มจากการล้างเอาเศษอาหารและเมือกออกด้วยน้ำประปา ตั้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาใส่น้ำที่แช่เปลือกไม้อินทรีที่โม่บดละเอียด อัตราส่วนของไม้อินทรี ต่อแมงกะพรุนประมาณ 1: 1 โดยน้ำหนัก การแช่ต้องแช่ให้ท่วมแมงกะพรุน และคนเป็นเวลานาน 30 นาที เพื่อให้เนื้อสัมผัสเริ่มแข็ง แล้วทิ้งไว้ในน้ำเปลือกไม้นี้เป็นเวลา 2 วัน จึงนำออกจำหน่าย สำหรับการดองด้วยส่วนผสมของเกลือใช้วิธีของพิสิฐ และ คณะ (2551) โดยนำแมงกะพรุนถ้วยล้างทำความสะอาดเกลือแล้วหมักด้วยเกลือปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน นำมาสะเด็ดน้ำแล้วนำมาเกลือ สารส้ม และโซเดียมไบคาร์บอเนต ปริมาณร้อยละ 9, 1.2 และ 0.12 โดยน้ำหนักตั้งทิ้งไว้ 1 คืน สะเด็ดน้ำ แล้วนำดองด้วยเกลือเข้มข้นร้อยละ 6 สารส้มร้อยละ 0.2 ทิ้งไว้ 1 คืน สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาดองด้วยเกลืออีกร้อยละ 5 และสารส้มร้อยละ 0.06 จากนั้นนำมาวางซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ เพื่อรอจำหน่าย

การเตรียมตัวอย่างแมงกะพรุนที่ผ่านการดองน้ำเปลือกไม้และการดองเกลือมาล้างทำความสะอาด โดยแช่น้ำกลั่นประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก และ สีของเปลือกไม้ที่ติดมากับวัตถุดิบ นำมาสะเด็ดน้ำ แล้วทำการลดขนาดวัตถุดิบด้วยการปั่นละเอียดเทใส่ถุงผ้าบางแล้วบีบตัวอย่างเพื่อกำจัดน้ำออกนำมาสกัดคอลลาเจนดัดแปลงวิธีของ Nagai และคณะ (2000) โดยนำตัวอย่างแมงกะพรุนไปสกัดด้วย 0.1 M NaOH ในอัตราส่วน 1:5 (w/v) โดยทำการเขย่าที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองแยกตะกอน และล้างด้วยน้ำกลั่น นำตะกอนตัวอย่างไปสกัดด้วยกรดอะซิติก 0.5 โมลาร์ ในอัตราส่วน 1:5 (w/v) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เขย่าที่ 4 องศาเซลเซียส กรองเอาสารละลายกรดอะซิติกออก และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นตะกอนที่ได้ไปย่อยด้วยเอนไซม์เปปซิน ใน กรดอะซิติก 0.5 โมลาร์ อัตราส่วน 1:5 (w/v) และใช้เอนไซม์เปปซิน 5 % (w/w) เขย่าที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนไม่เหลือเนื้อของตัวอย่าง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 20,000 g เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำส่วนใสที่สกัดได้ใส่ในถุงไดอะไลซิส (dialysis tube) และสกัดโดยใช้สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) 0.02 โมลาร์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการตกตะกอนคอลลาเจนโดยเติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ และนำไปเซนตริฟิวก์ที่ 20,000 g เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตะกอนที่ได้ คือ ส่วนของสารสกัดคอลลาเจน เก็บคอลลาเจนที่สกัดได้ในภาชนะพลาสติกมีฝาปิดในที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวัดหาปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ (soluble protein) ด้วยวิธี Lowry และคณะ (1951) และไฮดรอกซีโปรลีน (AOAC, 1995) เพื่อคำนวณหาปริมาณคอลลาเจน สำหรับตัวอย่างแมงกะพรุนดองเกลือและดองเปลือกไม้นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) หาปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น (AOAC,1995) และค่าสี (L*,a*,b*) ด้วยเครื่อง Hunter Lab Color Quest

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

วัตถุดิบแมงกะพรุนถ้วยที่ผ่านวิธีการดองที่แตกต่างมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันโดยที่แมงกะพรุนดองเกลือในส่วนร่ม (umbrella) และส่วนออรัลอาร์ม (oral arm) มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 76.92±0.29 และ 86.60±0.69 ตามลำดับ แมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้ในส่วนร่มและส่วนออรัลอาร์มมีความชื้นมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 96.18±0.25 และ 94.47±0.11 ตามลำดับ สำหรับแมงกะพรุนถ้วยดองเกลือมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้ามากกว่าแมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้ ดังแสดงใน Table 1

แมงกะพรุนถ้วยชนิดดองเกลือมีค่าความสว่าง (L*) และ สีเหลือง (+b*) มากกว่าแมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้ สำหรับแมงกะพรุนดองน้ำเปลือกไม้มีสีแดงอย่างชัดเจน (Table 2) เนื่องจากไม้อินทรีมีปริมาณสารแทนนินที่มีสีแดง เมื่อสารละลายแทนนินแพร่เข้าไปในเนื้อแมงกะพรุนจึงทำให้สีเนื้อของแมงกะพรุนเปลี่ยนเป็นสีแดง และแทนนินทำปฏิกิริยาจับกับโปรตีนทำให้เนื้อสัมผัสแข็ง ลักษณะอวบน้ำ และมีรสฝาดเล็กน้อย

การสกัดคอลลาเจนจากแมงกะพรุน ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ การสกัดด้วยสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล สารละลายกรดอะซิติก 0.5 โมลาร์ และเอนไซม์เปปซินในสภาวะที่เป็นกรด ผลการแช่แมงกะพรุนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ในอัตราส่วน 1:5 (w/v) เป็นเวลา 1 วัน พบว่าแมงกะพรุนถ้วย

ดองเกลือจะมีลักษณะใส เนื้อแมงกะพรุนจะยืดหยุ่นคล้ายเจล แต่มีสีที่เข้มขึ้นจากเดิม เนื่องจากโปรตีนที่มีคุณสมบัติในการละลายในสภาวะที่เป็นเบสได้ละลายออกจากเนื้อแมงกะพรุน คงเหลือแต่ส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลาย ซึ่งส่วนใหญ่คือโปรตีนคอลลาเจน (ธรรมวัฒน์, 2552; Hsieh, 2005) แต่ในแมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้ สีของสารละลายเป็นสีดำเข้มทำให้เนื้อของแมงกะพรุนมีสีดำไปด้วยเนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับสารแทนนินหรือสารอินทรีย์อื่นๆที่มีอยู่ในเปลือกไม้ เมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายกรดอะซิติก 0.5 โมลาร์ ในอัตราส่วน 1:5 (w/v) เป็นเวลา 2 วัน พบว่าลักษณะของเนื้อแมงกะพรุนมีความเปื่อยยุ่ยและละเอียดเพิ่มขึ้น ยกเว้นแมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่คล้ายกับวัตถุดิบเริ่มต้น โดยแมงกะพรุนถ้วยดองเกลือมีลักษณะเนื้อสัมผัสเปื่อยยุ่ยมากที่สุด โดยในการสกัดคอลลาเจน เมื่อใช้สารละลายกรด เช่น กรดอะซิติก,ซิเตรตบัฟเฟอร์ หรือกรดไฮโดรคลอริก ที่มี pH 2-3 จะมีผลทำให้เกิดการสลายพันธะของโมเลกุลคอลลาเจน โดยเกิดการผลักกันของประจุในสายพอลิเปปไทด์โครงสร้างเส้นใยคอลลาเจนจึงพองตัว (Friess, 1998) ทำให้เอนไซม์เข้าไปย่อยได้ง่ายขึ้น โปรตีนมีขนาดเล็กลงเกิดเป็นสารละลายคอลลาเจน ความหนืดจึงสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดด้วยกรดและเอนไซม์จะตัดพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลคอลลาเจน ทำให้ได้พอลิเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กมากขึ้น ส่งผลทำให้ความหนืดลดลง (นันทพร, 2550)

สรุปผล

กรรมวิธีในการดองแมงกะพรุนที่แตกต่างกันจะได้ผลิตภัณฑ์แมงกะพรุนถ้วยดองที่มีลักษณะแตกต่างกัน แมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้จะมีสีแดง เนื้อสัมผัสแข็ง มีปริมาณความชื้นสูงกว่าแมงกะพรุนถ้วยดองเกลือ การสกัดคอลลาเจนตามวิธีของ Nagai และคณะ (2000) ทำได้เฉพาะในแมงกะพรุนถ้วยดองเกลือ เนื่องจากในแมงกะพรุนถ้วยดองน้ำเปลือกไม้นั้นเกิดปฏิกิริยาของสารแทนนินในเปลือกไม้อินทรีจับกับโปรตีนของแมงกะพรุน

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปี 2552

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร, [สืบค้น] http://www. customs.go.th/Statistic /StatisticIndex 2553.jsp [8 / April / 2011]

ธรรมวัฒน์ คล้ายวงษ์, 2552, การเปรียบเทียบสมบัติของคอลลาเจนจากแมงกะพรุนสายพันธุ์หนัง (*Rhopilema hispidum*) และสายพันธุ์ลอดช่อง (*Lobonema smithii*), วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นันทพร อัคนิจ, 2550, การสกัดคอลลาเจนจากหนังปลาสีกูดและลักษณะบางประการของคอลลาเจนที่สกัดได้, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิสิฐ วงศ์สง่าศรี พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 2551, การศึกษากระบวนการผลิตแมงกะพรุนดองเค็มเชิงพาณิชย์, เอกสารวิชาการฉบับที่ 9/2551, กรมประมง.

AOAC, 1995, Official method of Analysis, 16th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Arlington, VA.

Friess, W., 1998, Collagen-biomaterial for Drug Delivery, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 45: 113–136.

Hsieh, Y.-H.P., 2005, Use of Jellyfish Collagen (type II) in the Treatment of Rheumatoid Arthritis, United States Patent No. 6894029.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin-phenol reagent, Journal of Biological Chemistry, 193: 265-275.

Nagai, T., Worawattanamateekul, W., Suzuki, N., Nakamura, T., Ito, T., Fujiki, K., Nakao, M. and Yano, T., 2000, Isolation and Characterization of Collagen from Rhizostomous Jellyfish (*Rhopilema asamushi*), Food Chemistry, 70: 205-208.

Table 1 Proximate analysis of cup jellyfish (*Acromitus flagellatus*)cured by Insee bark solvent and salt

Method of curing	Portion	Composition (%)			
		moisture	protein	fat	Ash
salt (SJ)	umbrella	76.92±0.29 [a]	1.57±0.09 [b]	0.91±0.03 [b]	0.81±0.04[b]
	oral arm	86.60±0.69 [b]	1.51±0.06 [b]	0.92±0.30 [b]	0.82±0.17[b]
Insee bark	umbrella	96.18±0.25 [d]	1.33±0.10 [a]	0.83±0.28 [a]	0.27±0.10[a]
solvent (IPJ)	oral arm	94.47±0.11[c]	1.29±0.25 [a]	0.86±0.27 [a]	0.33±0.02[a]

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

Table 2 Color of cup jellyfish (*Acromitus flagellatus*) cured by insee bark solvent and salt

L*, a* and b* representing lightness (dark (0) and white (100)), redness (+ positive value) and yellowness (+positive value)

Method of curing	Portion	L*	a*	b*
salt (SJ)	Umbrella	59.28±0.70 [d]	3.47±0.29 [b]	22.42±1.34 [d]
	oral arm	57.82±0.94 [c]	2.12±0.50 [a]	20.88±0.01[c]
insee bark	Umbrella	34.76±0.33 [b]	18.77±0.16[d]	13.88±0.19[b]
solvent (IPJ)	oral arm	24.81±0.43 [a]	17.57±0.36[c]	11.60±0.51[a]

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

Table 3 Soluble protein and collagen (g/100g) of extract) of salted cup jellyfish

Method of curing	Portion	Soluble protein (g/100g)	Collagen (g/100g)
salt (SJ)	Umbrella	17.77±0.53[a]	14.13±0.47[a]
	oral arm	17.66±1.07[a]	14.20± 0.56[a]
insee bark	Umbrella	ND	ND
solvent (IPJ)	oral arm	ND	ND

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

ND representing not detected

ความเสถียรทางความร้อนของสารสกัดฟีนอลิกและเอนแคปซูเลชันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง

Thermal Stability of Phenolic Extract and Encapsulation from Mango Seed Kernel

ลดาวัลย์ ช่างชุบ[1] และ พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1]
Changchub, L.[1] and Maisuthisakul, P.[1]

Abstract

Extracts from mango (*Mangifera indica* Linn.) cultivar Chok-Anan seed kernels have been studied as encapsulated bioactive substances, since they are known as a good source of phenolic antioxidants with metal chelating and tyrosinase inhibitory capacity. This finding showed new interest in thermal stability of non-encapsulation and encapsulation of mango seed kernel (MSK) phenolics. The thermal stability of samples was evaluated under 1, 3, 6 and 48 hour storage at 60°C for phenolic retention and UV-Vis spectrum. In addition, the heating effect of spray dry was also investigated. The encapsulated emulsion sample before spray dry was used to measure UV-Vis spectrum. The phenolic content and absorbance (200-400 nm) spectrum of non-encapsulation and encapsulation MSK exhibited up to 40% loss after 48 hour storage at 60°C. Moreover, the absorbance values of emulsion sample before spray drying showed higher than that of spray dried encapsulation form. These results suggested that heating process affected properties of MSK extract phenolics.

Keywords: thermal stability, phenolics, mango seed kernel, spectrum

บทคัดย่อ

สารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) สายพันธุ์โชคอนันต์ ได้ถูกนำมาศึกษาเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในรูปเอนแคปซูเลชัน เนื่องจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงเป็นแหล่งสารต้านออกซิเดชันอย่างดีจากสารฟีนอลิก โดยมีความสามารถในการคีเลตกับโลหะ และยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส งานวิจัยนี้จึงได้ให้ความสนใจในเรื่องความเสถียรทางความร้อนของรูปไม่เอนแคปซูเลชันและรูปเอนแคปซูเลชันของสารฟีนอลิกจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง โดยเก็บรักษาตัวอย่างที่ 1, 3, 6 และ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกที่หลงเหลือ และสเปกตรัมในช่วง UV-Visible นอกจากนี้ผลของความร้อนจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยได้ถูกนำมาศึกษาโดยการวัดสเปกตรัมในช่วง UV-Visible จากการวิจัยพบว่า ปริมาณฟีนอลิกและสเปกตรัมการดูดกลืนแสง (200-400 นาโนเมตร) ของเนื้อในเมล็ดมะม่วงในรูปไม่เอนแคปซูเลชันและเอนแคปซูเลชันมีการลดลงมากกว่าร้อยละ 40 หลังจากถูกความร้อนนาน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่วนค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างอิมัลชันก่อนผ่านเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีค่าสูงกว่ารูปเอนแคปซูเลชันผง จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการให้ความร้อนมีผลต่อสมบัติของสารฟีนอลิกจากสกัดเนื้อในเมล็ดมะม่วง

คำสำคัญ: ความเสถียรทางความร้อน ฟีนอลิก เนื้อในเมล็ดมะม่วง สเปกตรัม

Introduction

Mango (*Mangifera indica* L.) is a tropical fruit in plant family Anacadiaceae and originated in India and Southeast Asia (Karunasawat and Anprung, 2010). It is the most cultivated fruit in Thailand. Processed mango products are among the major goods exported from Thailand. Therefore, several million tons of mango seed wastes are produced annually from factories. There are several varieties of mango grown in Thailand; the better known cultivars are Nam-Dok-Mai, Kaew and Chok-Anan. The Chok-Anan cultivar is popular for processing in factories and is available in all seasons (Maisuthisakul and Gordon, 2009), which is normally discarded when the fruit is processed. Mango seed kernel extract and oil can be use as natural antioxidant and antimicrobial in different kind of foods, due to high content of different phenolic compounds, their fatty acid pattern rich with saturated fatty acids and with mono-unsaturated oleic acid besides tocopherols,

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400.

squalene, and different sterol fractions (Abdalla *et al.*, 2007). Extracts contained phenolic components by a high antioxidant and tyrosinase inhibitory properties of extracts of mango seed kernel (Maisuthisakul and Gordon, 2009). However, the potential changes on phenolic compounds of the extract following thermal treatment have not been investigated yet. This finding showed new interest in thermal stability of non-encapsulation and encapsulation of mango seed kernel (MSK) phenolics. The thermal stability of samples was evaluated under 1, 3, 6 and 48 hour storage at 60°C for phenolic retention and UV-Vis spectrum.

Materials and Methods

Materials; Sun dried seeds from ripened mango (Mangifera indica cultivar Chok-Anan) were donated from a mango processing manufacturer in Thailand from March to June in 2008 as by-products. Moisture content on a dry weight basis according to AOAC (1990) of dried mango seed kernel equaled to 9.81±0.34 %. The dried material was kept in freezer at -20°C no longer than two months.

Maltodextrin (DE = 16-20, 5% moisture, bulk density = 6000 kg m^{-3} was purchased from natural Starch and Chemical (Sydney, Australia). Arabic gum (food grade) was provided by Colloides Naturels International Co. (Rouen, France). Polyglycerol polyricinoleate (PGPR, 4150, HLB ≈ 3) was obtained from Palsgaard (New Jersey, USA). The emulsifier used was Tween 80 (Fisher Scientific, New Jersey, USA). The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany).

Extraction of mango seed kernel; The freezing kernel (80 g) was blended for 1 min with 95% ethanol and refluxed with 1.2 M hydrochloric acid in ethanol for 3 h. The supernatant, after filtration through cheesecloth and Whatman No 4 filter paper, was evaporated under vacuum. Sample was dried in a freeze dryer and stored in aluminum foil after flushing with nitrogen at -20°C until usage.

Preparation of $W_1/O/W_2$ multiple emulsions; The inner aqueous phase (W_1) was prepared by hydrating gelatin (1% w/w, Bloom 100), NaCl (0.8% w/w) and mango seed kernel (1% w/w) in distilled water at 40 °C for 2 min using moderate magnetic stirring. The oil phase was prepared by dispersing 8 wt % PGPR into soy bean oil (80.0%, w/w) and heating to 50 °C for 2 min under agitation with a magnetic stirrer and then blended together using a hand homogenizer at 12,000 rpm for 2 min (IKA-Ultra-Turrax T25, Germany). The coarse emulsions were passed through high-pressure homogenizer (Armfield model FT9, UK) three times at 3000 psi. The outer aqueous phase (W_2) was prepared by hydrating Tween 80 (0.5% w/w), gum arabic (10% w/w) and Maltodextrin (15% w/w) in distilled water under moderate magnetic stirring conditions. After adding the water-in-oil (W_1/O, 10 vol%) to the outer phase (W_2, 90vol%), the emulsion was homogenised for 2 min using a hand homogenizer at 12,000 rpm to produce the final double emulsion. The emulsions were analyzed for characterization and used for thermal stability study.

Preparation of spray dried encapsulated powders; The dispersions were spray dried using Nitro Minor Dryer (Gea Nitro A/S, Denmark) pilot scale spray dryer. The dispersion was fed by a peristaltic pump at a fixed rate of 30-35 ml/min. Drying was carried out in the concurrent mode. Inlet and outlet air temperatures were 180 °C and 90 °C, respectively. The microcapsule powder was collected at the dryer's cyclone. The microcapsules were analyzed for characterization and used for thermal stability study.

Thermal stability of mango seed kernel extract and its encapsulated powders; The thermal stability of samples was evaluated under 1, 3, 6 and 48 hour storage at 60°C. UV spectrum at 200-400 nm and total phenolics was determined. The total phenolic content of extracts was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent (modified from Maisuthisakul et al., 2008). The concentration of total phenolic compounds in all samples was expressed as mg of methyl gallate equivalent per g dry weight of MSK using a linear equation. All determinations were performed in triplicate.

Statistical analysis; The results were analysed ANOVA for significance (p<0.05) using data analysis tool.

Results and Discussions

The changes in the phenolic composition of mango seed kernel extract (MSKE), due to degradation of antioxidant compounds, after thermal treatment (60 °C) during different time intervals (1, 3, 6, 24 and 48 hours) were investigated.

The spectrum of each MSKE and microcapsules were similar. It is found that the spectra of MSKE and its emulsion and encapsulation showed maxima peak at 276 nm and shoulder at 252 and 321 nm (Figure1). The spectrum of MSKE increased in the spectral interval of 243 to 285 nm, especially at 276 nm (Figure 1a). Typically, different phenolic compound showed different UV spectral characteristics. It was also shown in the present work that effect of heat leads to results in terms of enhanced degradation, particularly at UV maxima wavelength. While at this stage, the observed limiting values cannot be convincingly explained, it may possibly be due to a degradation of large molecules of phenolic compound such as flavonoids to be many molecules of smaller phenolics. Therefore, it was shown that a higher value of absorbance occurred when the samples were heated. This was consistent to phenolic degradation data (Figure 2). The decrease of phenolic content was a little bit sharpened when the thermal treatment took more than 6 h. MSKE and its emulsion were stable during the first hour of heating (approximately), then the decrease was faster, and finally, after 48 h ~60% of the initial phenolic quantity remained in the MSKE. Phenolic in encapsulated MSKE showed to be very resistant to thermal treatment in the studies even though the initial value was decrease due to heating from spray drying. The results obtained in the research seem to be in agreement with the published by Brenes *et al*. (2002).

It is important to note that the phenolic compounds in MSKE decreased when it performed in emulsion or spray dried form. However, the stability of encapsulated form was better than extract and emulsion forms (Figure 1 and 2). Moreover, minor changes (<10%) were observed following storage at 60 °C, indicating excellent storage stability of encapsulated MSKE even under adverse handling conditions.

Summary

Heat from spray drying affected to phenolic compounds in MSKE. Hence, the phenolic content of MSKE emulsion was higher than that of spray dried encapsulation. However, encapsulated form of MSKE was more tolerance to heat at 60°C than that of extract and emulsion form.

Acknowledgements

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

Literature cited

Abdalla, A.E.M., Darwish, S.M., Ayad, E.H.E. and El-Hamahmy, R.M., 2007, Egyptian Mango by-product 1. Compositional Quality of Mango Seed Kernel, Food Chemistry, 103: 1134–1140.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Brenes, M., Garcıa, A., Dobarganes, M.C., Velasco, J. and Romero, C., 2002, Influence of Thermal Treatments Simulating Cooking Processes on the Polyphenol Content in Virgin Olive Oil, Journal of Agricultural and Food Chem, 50: 5962-5967.

Karunasawat, K. and Anprung, P., 2010, Effect of Depolymerized Mango Pulp as a Stabilizer in, Oil-in-water Emulsion Containing Sodium Caseinate, Food and Bioproducts Processing, 88: 202-208.

Maisuthisakul, P., Pasuk, S. and Ritthiruangdej, P., 2008, Relationship between Antioxidant Properties and Chemical Composition of some Thai plants, Journal of Food Composition and Analysis, 21: 229–240.

Maisuthisakul, P. and Gordon, M.H., 2009, Antioxidant and Tyrosinase Inhibitory Activity of Mango Seed Kernel by Product, Food Chemistry, 117: 332–341.

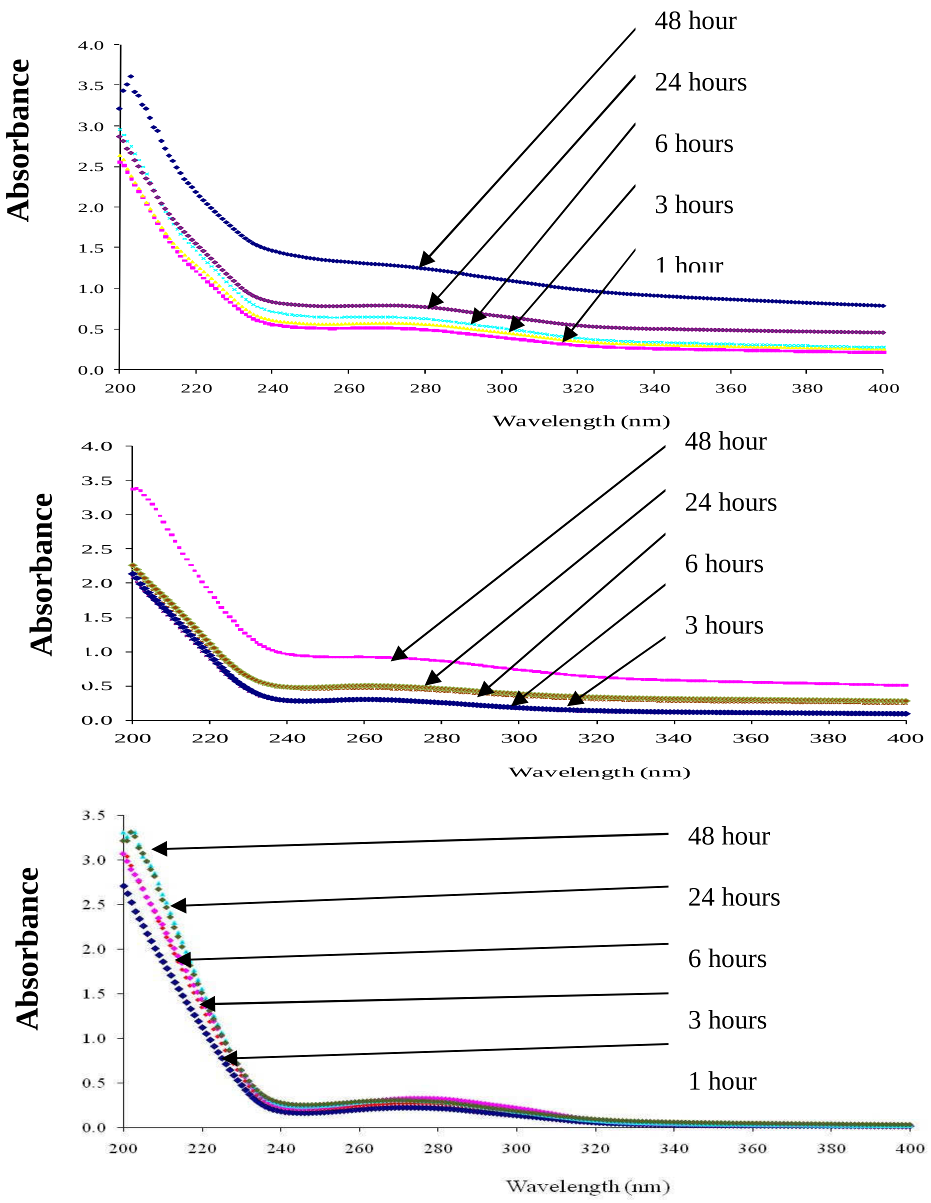


Figure 1 UV spectrum of (a) treated mango seed kernel extract and (b) its emulsion and (c) encapsulation forms.

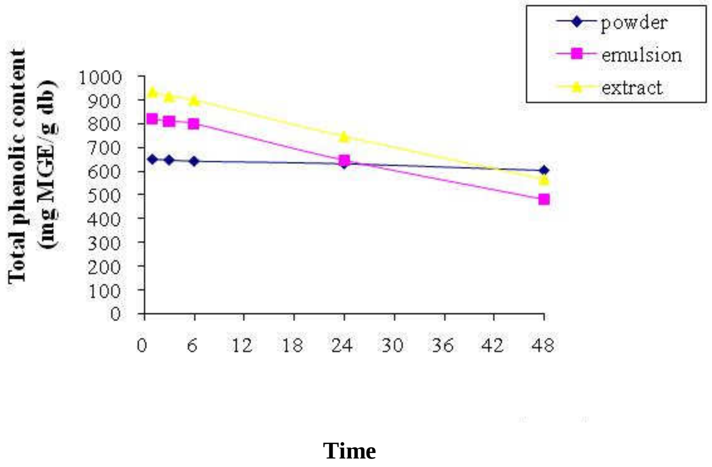


Figure 2 Kinetic phenolics degradation curve of mango seed kernel extract (MSKE) and emulsion including encapsulated sample.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวถั่วดำหุงสุกเร็ว

Development of Quick Cooking Sticky Rice with Black Bean in Coconut Milk

พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์[1] พรนภา ดำรงแท้[2] และ รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ[2]

Sirisoontaralak, P.[1], Damrongthae, P.[2] and Tanuttawongcharoen, R.[2]

Abstract

Optimum process conditions to produce dried black bean using soaking method were soaking black bean at 60°C, cooking and drying at 110°C. Whereas optimum process conditions to produce dried black bean using dry heat method were dry heating at 130°C, cooking and drying at 110°C. Rehydration time of black bean was 13-14 minutes. Quick cooking sticky rice was prepared by dry heating at 130°C for 10 minutes, cooking and drying. Rehydration time of quick cooking sticky rice was 7 minutes. Ingredients of quick cooking sticky rice with black bean in coconut milk were 25 g quick cooking sticky rice, 30 g dried black bean, 24 g powdered coconut milk, 25 g coconut sugar and 0.7 g salt. Optimum amount of water was 490 g and 530 g when using dried black bean from soaking method and dry heat method, respectively. Product preparation time was 15 minutes.

Keywords: sticky rice, black bean, quick cooking, desserts

บทคัดย่อ

สภาวะการผลิตถั่วดำแห้งด้วยวิธีแช่น้ำที่เหมาะสม คือ แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C ต้มสุก และทำแห้งที่ 110°C ในขณะที่สภาวะการผลิตถั่วดำแห้งด้วยวิธีให้ความร้อนแห้งที่เหมาะสม คือ ให้ความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 130°C ต้มสุก และทำแห้งที่ 110°C เวลาคืนรูปของถั่วดำแห้งประมาณ 13-14 นาที สำหรับข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว เตรียมโดยให้ความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 10 นาที หุงสุก และทำแห้ง เวลาคืนรูปข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 7 นาที ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวถั่วดำหุงสุกเร็วประกอบด้วย ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 25 กรัม ถั่วดำแห้ง 30 กรัม กะทิผง 24 กรัม น้ำตาลปี๊บ 25 กรัม และเกลือ 0.7 กรัม โดยปริมาณน้ำที่เหมาะสมเป็น 490 กรัม และ 530 กรัม เมื่อใช้ถั่วดำแห้งจากวิธีแช่น้ำและวิธีให้ความร้อนแห้ง ตามลำดับ เวลาเตรียมผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวถั่วดำหุงสุกเร็วเป็น 15 นาที

คำสำคัญ: ข้าวเหนียว ถั่วดำ หุงสุกเร็ว ขนมหวาน

คำนำ

ข้าวเหนียวถั่วดำเป็นขนมไทยที่คนไทยนิยมบริโภค เพราะวัตถุดิบหาง่าย ราคาถูก และรสชาติดี โดยข้าวเหนียวถั่วดำเป็นขนมหวานที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดต โปรตีนสูง แต่มีไขมันต่ำ ถั่วดำมีประโยชน์ต่อร่างกายเพราะนอกจากจะมีโปรตีนสูง ยังมีสารอาหาร ได้แก่ โฟเลท แมกนีเซียม กรดไขมัน α-linoleic วิตามินบี 6 และกากใย ขั้นตอนการทำข้าวเหนียวถั่วดำใช้เวลานานและค่อนข้างยุ่งยาก ตั้งแต่การแช่น้ำถั่วดำประมาณ 16-18 ชั่วโมง เพราะถั่วดำเป็นพืชตระกูลถั่วที่เปลือกแข็ง เนื้อแน่น และสุกยาก การแช่น้ำข้าวเหนียวก่อนนึ่งสุก จนถึงขั้นตอนการคั้นกะทิ ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำรงชีวิตของคนรุ่นใหม่ที่รีบด่วนทำให้ความนิยมบริโภคลดลง ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวถั่วดำหุงสุกเร็วที่ใช้เวลาในการเตรียมสั้นและสะดวกในการเตรียมด้วยอุปกรณ์ในครัวเรือนจะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และช่วยอนุรักษ์วัฒนธรรมขนมไทยอีกทางหนึ่ง สำหรับข้าวหุงสุกเร็วคือข้าวหุงสุกและเกิดเจลาติไนซ์ระดับหนึ่งก่อนจะทำแห้งเพื่อให้เกิดโครงสร้างแบบเป็นรูพรุนในเมล็ดข้าวเพื่อให้น้ำสามารถเข้าไปอย่างรวดเร็วเมื่อนำมาคืนรูป ซึ่งทำได้หลายวิธี แต่วิธีการ

---

[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

ให้ความร้อนแห้ง-หุงสุก-ทำแห้งเป็นวิธีที่ง่าย อุตสาหกรรมสามารถปรับใช้ด้วยเตาอบลมร้อนที่มีราคาไม่สูงมากนัก สำหรับข้าวเหนียวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากวิธีนี้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับจากผู้ชิมและใช้เวลาคืนรูปด้วยการต้มในน้ำเดือดเพียง 5-8 นาที (พรทิพย์ และคณะ, 2551) ส่วนประกอบอีกส่วน คือ ถั่วดำแห้ง พบว่ามีผู้ศึกษาการทำแห้งถั่วเหลือง เกาลัด กระเทียม กระจับ ฯลฯ ด้วยวิธีการทำแห้ง ได้แก่ เตาอบลมร้อน ไมโครเวฟ ไมโครเวฟสุญญากาศ ความร้อนแห้งร่วมกับไมโครเวฟ ซึ่งผู้วิจัยรายงานว่าการเตรียมวัตถุดิบเบื้องต้น เช่น การให้ความร้อนแห้ง การแช่น้ำ การทำให้สุก ขนาดวัตถุดิบ ฯลฯ และอุณหภูมิทำแห้งจะมีผลต่อเวลาการทำแห้ง คุณสมบัติการคืนรูปและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Gowen และคณะ, 2008; Singh และคณะ, 2008)

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการผลิตถั่วดำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด โดยเตรียมวัตถุดิบถั่วดำด้วยวิธีแตกต่างกัน ได้แก่ วิธีแช่น้ำ โดยแช่ถั่วดำในน้ำที่อุณภูมิห้อง ($28\pm2^{\circ}C$) 40 และ 60 °C จนถั่วดำมีความชื้น 60% (wb) และวิธีให้ความร้อนแห้ง โดยให้ความร้อนแห้งถั่วดำในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 130 และ 150 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำถั่วดำที่เตรียมแตกต่างกัน 2 วิธีมาต้มในน้ำเดือด (100°C) จนสุก จุ่มในน้ำเย็นจัด (5°C) ทันที นำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 90 และ 110°C จนถั่วดำมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 9-12% (wb) จากนั้นนำถั่วดำแห้งมาตรวจสอบคุณภาพก่อนคืนรูป ได้แก่ ความชื้น ค่าสี (ค่า L*, a*, b*) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และการยอมรับโดยรวม) จากนั้นนำถั่วดำแห้งมาคืนรูปในน้ำเดือด บันทึกเวลาคืนรูป และตรวจสอบคุณภาพถั่วดำหลังคืนรูป ได้แก่ ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม) สำหรับข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว เตรียมโดยนำข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 มาให้ความร้อนแห้งด้วยเตาอบลมร้อนอุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 10 นาที ทำให้สุกประมาณ 80% ในน้ำเดือด 100°C โดยใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวต่อน้ำเป็น 1:5 โดยน้ำหนัก นำข้าวเหนียวมาล้างน้ำเย็นอุณหภูมิ 5°C และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 90°C จนข้าวเหนียวมีความชื้นสุดท้าย 7-10% (wb) และตรวจสอบคุณภาพข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว ได้แก่ ค่าสี (b*) เวลาคืนรูป ความหนาแน่นรวม ค่าความแข็งข้าวสุก และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม) จากนั้นนำพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวถั่วดำหุงสุกเร็ว โดยใช้ส่วนประกอบข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว ถั่วดำแห้ง กะทิผง น้ำตาลปี๊บ และเกลือ สำหรับปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวถั่วดำจะประมาณจากปริมาณน้ำที่ใช้คืนรูปข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว ถั่วดำแห้ง และละลายกะทิผง โดยเตรียมผลิตภัณฑ์ด้วยปริมาณน้ำแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 490 กรัม 510 กรัม และ 530 กรัม นำมาทดสอบการยอมรับของผู้ชิม และทดลองหาขั้นตอนการเตรียมที่เหมาะสม สำหรับวิธีการตรวจสอบคุณภาพถั่วดำแห้งและข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 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* (ความสว่าง), ค่า a* (ความเป็นสีแดง) และค่า b* (ความเป็นสีเหลือง) ***ค่าความหนาแน่นรวม*** (น้ำหนักตัวอย่าง/ปริมาตรตัวอย่าง) โดยหาปริมาตรตัวอย่างที่ทราบน้ำหนัก โดยใส่ตัวอย่างสลับกับเมล็ดแมงลักที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน ***เวลาคืนรูปถั่วดำแห้ง*** ต้มถั่วดำแห้งในน้ำเดือด 100°C ด้วยอัตราส่วนถั่วดำแห้งต่อน้ำ 1:20 สุ่มตัวอย่างถั่วดำมาชิม บันทึกเวลาที่ถั่วดำสุกทั้งเมล็ด ***เวลาคืนรูปข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว*** ใส่ข้าวหุงสุกเร็วในน้ำเดือดอัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:5 บันทึกเวลาที่ข้าว 8 ใน 10 เมล็ดเกิดเจลาติไนซ์สมบูรณ์ ***ความแข็งของข้าวเหนียวสุก*** คืนรูปข้าวเหนียวหุงสุกเร็วในน้ำเดือดแบบน้ำปริมาณมากเกินพอตามเวลาคืนรูปที่ประเมินได้ จากนั้นหาความแข็งของข้าวสุกจากค่าแรงสูงสุดในขณะที่ข้าวไหลล้นขึ้นมา หน่วยเป็นนิวตัน (N) จากวิธี Back Extrusion Tests ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD Instrument model LRX 5 k, LLOYD Instrument Ltd.) ***คุณภาพทางประสาทสัมผัส*** ประเมินด้วยผู้ชิมกึ่งฝึกฝนซึ่งเป็นนิสิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน โดยใช้การประเมินความชอบแบบแบ่งสเกล 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด, 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำถั่วดำต้มสุกมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 70°C 90 °C และ 110 °C พบว่าเวลาการทำแห้งลดลงตามอุณหภูมิทำแห้ง โดยใช้เวลาทำแห้ง 4.00, 3.75 และ 2.50 ชั่วโมง ตามลำดับ ในระหว่างการทำแห้งน้ำจะเคลื่อนที่จากภายในอาหารและระเหยออกจากผิวหน้าของอาหารด้วยการเคลื่อนที่ผ่านแคพิลลารี่ในอาหารและการแพร่ของน้ำ ซึ่งอัตราการทำแห้งจะสัมพันธ์กับสภาวะลมร้อนและขนาดของวัตถุดิบ โดย Singh และคณะ (2008) รายงานอัตราการทำแห้งของแห้วเพิ่มขึ้น

ตามอุณหภูมิอากาศร้อน ถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีแช่น้ำใช้เวลาคืนรูปลดลงตามอุณหภูมิทำแห้ง โดยเวลาคืนรูปของถั่วดำแห้งน้อยที่สุด คือ 13-14 นาที (อุณหภูมิทำแห้ง 110°C) แต่ไม่พบผลของอุณหภูมิแช่น้ำต่อเวลาคืนรูป ค่าความสว่าง (L*) ของถั่วดำแห้งหลังคืนรูปมากกว่าถั่วดำสุกแห้ง โดยค่าความสว่างเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิแช่น้ำแต่ลดลงตามอุณหภูมิทำแห้ง ยกเว้นเมื่อแช่น้ำที่ 40°C ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิทำแห้ง ($p<0.05$) สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสำหรับถั่วดำแห้งหลังคืนรูปลดลงตามอุณหภูมิแช่น้ำ ($p<0.05$) เมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิ 70°C แต่ไม่พบผลของอุณหภูมิแช่น้ำเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิอื่น ทั้งนี้ที่อุณหภูมิแช่น้ำ 60°C ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับมากขึ้นตามอุณหภูมิทำแห้ง ($p<0.05$) โดยถั่วดำแห้งที่ผ่านการแช่น้ำที่อุณภูมิ 60°C ต้มสุก และทำแห้งที่ 110°C ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด (Table 1) สำหรับถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีให้ความร้อนแห้ง เวลาคืนรูปลดลงตามอุณหภูมิทำแห้ง โดยเวลาคืนรูปน้อยที่สุดคือ 14 นาที (อุณหภูมิทำแห้ง 110°C) แต่ไม่พบผลของอุณหภูมิความร้อนแห้งต่อเวลาคืนรูป ค่าความสว่างของถั่วดำแห้งหลังคืนรูปมากกว่าถั่วดำสุกแห้งมาก และค่าความสว่างลดลงตามอุณหภูมิให้ความร้อนแห้งโดยเฉพาะเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิสูง (90-110°C) ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ไม่พบผลของอุณหภูมิทำแห้งต่อค่าความสว่างที่ชัดเจน ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสำหรับถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีให้ความร้อนแห้งไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) แต่ถั่วดำแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนแห้งที่ 130°C ต้มสุก และทำแห้งที่ 110°C ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด (Table 2) พืชตะกูลถั่วใช้เวลาทำให้สุกนาน การแช่น้ำก่อนนำไปต้มสุกจะทำให้น้ำกระจายระหว่างสตาร์ชและโปรตีนทำให้ลดเวลาในการหุงสุก ส่วนการให้ความร้อนแห้งทำให้เกิดรอยแตกเล็กของเมล็ด น้ำจะถูกดูดซับง่ายในระหว่างการหุงสุก ถั่วดำแห้งจึงใช้เวลาทำให้สุกน้อยกว่าถั่วดำปกติ เวลาคืนรูปสัมพันธ์กับคุณสมบัติการดูดน้ำกลับ Singh และคณะ (2008) รายงานผลการทดลองขัดแย้งว่าอัตราการดูดน้ำกลับของแห้วสดลดลงตามอุณหภูมิทำแห้ง แต่ Gowen และคณะ (2008) รายงานว่าเมื่อทำแห้งถั่วเหลืองสุกด้วยอากาศร้อน เวลาในการคืนรูปจะลดลงตามอุณหภูมิทำแห้งและยังรายงานการเปลี่ยนแปลงสีของถั่วเหลืองหลังคืนรูปเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิทำแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่ค่าความสว่างของถั่วดำหลังคืนรูปลดลงตามอุณหภูมิทำแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการผลิตทั้ง 2 วิธี พบว่าเวลาคืนรูปของถั่วดำแห้งไม่แตกต่างกัน แต่ค่าความสว่างของถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีให้ความร้อนแห้งสูงกว่าถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีแช่น้ำมาก เนื่อง จากถั่วดำที่ได้รับความร้อนแห้งจะเกิดรอยแตก เมื่อหุงสุก ทำแห้ง และนำมาคืนรูปในน้ำเดือด เมล็ดถั่วดำจะแตก เนื้อภายในเมล็ดสีขาวจะปรากฏ ทำให้ความสว่างมากขึ้น ซึ่งการแตกและไม่สามารถคงรูปเป็นเมล็ดทำให้ผู้ชิมให้การยอมรับถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีให้ความร้อนแห้งน้อยกว่าถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีแช่น้ำ สำหรับข้าวเหนียวหุงสุกเร็วผลิตด้วยวิธีให้ความร้อนแห้งมีค่าความเป็นสีเหลือง 10.83 ความหนาแน่นรวม 0.84 g/cm^3 เวลาคืนรูป 7 นาที ความแข็งของข้าวเหนียวสุก 7.68 N และได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวม 6.65 ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของพรทิพย์และคณะ (2551)

เมื่อนำส่วนผสมข้าวเหนียวถั่วดำที่ประกอบด้วยข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 25 กรัม ถั่วดำแห้ง 30 กรัม กะทิผง 24 กรัม น้ำตาลปี๊บ 25 กรัม และเกลือ 0.7 กรัม มาเตรียมผลิตภัณฑ์โดยใช้ปริมาณน้ำ 490 510 และ530 กรัม พบว่าผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมแก่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 490 และ 530 กรัมมากที่สุด เมื่อใช้ถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีแช่น้ำและวิธีให้ความร้อนแห้ง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผู้ชิมให้การยอมรับโดยรวมแก่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ถั่วดำแห้งที่ผลิตด้วยวิธีให้ความร้อนแห้งมากกว่าวิธีแช่น้ำ (Table 3) สำหรับขั้นตอนการเตรียมข้าวเหนียวถั่วดำ เป็นดังนี้ ต้มน้ำ 80 กรัม ให้เดือดแล้วใส่ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 25 กรัม ลงไปต้ม 7 นาทีจนสุกแล้วพักไว้ จากนั้นต้มน้ำส่วนที่เหลือให้เดือด แบ่งน้ำประมาณ 1/7 ส่วน สำหรับละลายกะทิผง 24 กรัม น้ำตาลปี๊บ 25 กรัม และเกลือ 0.7 กรัม และใส่ถั่วดำแห้ง 30 กรัม ในน้ำต้มเดือดที่เหลือ ต้มถั่วดำนาน 15 นาที จนสุก แล้วใส่ส่วนผสมกะทิที่เตรียมไว้ลงไปครึ่งหนึ่ง ยกลงจากเตา ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วตักข้าวเหนียวใส่ถ้วย ราดด้วยถั่วดำ กะทิ พร้อมทั้งราดหน้าด้วยส่วนผสมกะทิอีกครึ่งหนึ่ง โดยเวลาที่ใช้เตรียมผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 15 นาที

สรุปผล

สภาวะการผลิตถั่วดำแห้งด้วยวิธีการแช่น้ำที่เหมาะสม คือ แช่น้ำที่อุณหภูมิ 60°C ต้มสุกและทำแห้งที่ 110 °C ส่วนสภาวะการผลิตถั่วดำแห้งด้วยวิธีการให้ความร้อนแห้งที่เหมาะสม คือ ให้ความร้อนแห้งที่ 130°C ต้มสุกและทำแห้งที่ 110°C เพราะใช้เวลาทำแห้งสั้น ถั่วดำแห้งคืนรูปเร็ว และได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด ข้าวเหนียวหุงสุกเร็วที่เตรียมโดยให้ความร้อนแห้งใช้เวลาคืนรูป 7 นาที ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวถั่วดำหุงสุกเร็วประกอบด้วย ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 25 กรัม ถั่วดำแห้ง 30 กรัม กะทิผง 24 กรัม น้ำตาลปี๊บ 25 กรัม เกลือ 0.7 กรัม โดยปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการ

เตรียมผลิตภัณฑ์เป็น 490 กรัม และ 530 กรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ถั่วดำแห้งจากวิธีการแช่น้ำและให้ความร้อนแห้ง ตามลำดับ ทั้งนี้เวลาในการเตรียมผลิตภัณฑ์ถั่วดำหุงสุกเร็วรวมทั้งสิ้น 15 นาที

Table 1 Qualities of dried black bean prepared by soaking pretreatment

Drying temperature (°C)	Rehydration time (min)	L* (after rehydration)			Overall acceptability scores (after rehydration)		
		Soaking temperature (°C)			Soaking temperature (°C)		
		RT[1]	40	60	RT	40	60
70	15-17	5.32a(1)[2]	4.27a(1)	13.54b(2)	5.23a(1,2)	5.43a(2)	4.80a(1)
90	14-15	6.21a(1)	7.18b (1)	5.08a(1)	5.13a(1)	5.23a(1)	5.03a(1)
110	13-14	4.14a(1)	7.47b(2)	8.08a(2)	5.43a(1)	5.33a(1)	5.73b(1)
Control[3]	-	5.27			-		

[1] RT = Room temperature (28±2°C); [2] 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 LSD test.; [3] Control = cooked black bean

Table 2 Qualities of dried black bean prepared by dry heat pretreatment

Drying temperature (°C)	Rehydration time (min)	L* (after rehydration)			Overall acceptability scores (after rehydration)		
		Dry heat temperature (°C)			Dry heat temperature (°C)		
		100	130	150	100	130	150
70	16	10.88a(1)	15.68a(1)	12.41b(1)	5.20a(1)	5.13a(1)	4.97a(1)
90	14-15	21.24b(3)	13.91a(2)	5.84a(1)	5.13a(1)	5.07a(1)	4.80a(1)
110	14	13.56a(2)	14.67a(2)	8.73ab(1)	5.13a(1)	5.23a(1)	5.13a(1)
Control[2]	-	5.27			-		

Table 3 Acceptability of sticky rice with black bean in coconut milk prepared with different amounts of water

Amount of water (g)	Overall acceptability scores of products (dried black bean from soaking pretreatment)	Overall acceptability scores of products (dried black bean from dry heat pretreatment)
490	6.43a[2]	6.43a
510	5.70a	6.50a
530	6.33a	6.60a

[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 LSD test.; [2] Control = cooked black bean

เอกสารอ้างอิง

พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ พิชญาภรณ์ สถาพรวจนา และพิมลพรรณ พูลสุขเสริม, 2551, การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีให้ความร้อนแห้ง, รายงานการเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, หน้า 1-14.

Gowen, A.A., Abu-Ghannam, N., Frias, J. and Oliveira, J., 2008, Modeling Dehydration and Rehydration of Cooked Soybeans Subjected to Combined Microwave–hot-air Drying, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9: 129-137.

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.

ผลของการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบ

Effect of Supplementation of Crispy Breadstick with Perilla Seed (*Perilla frutescens*)

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

Abstract

The perilla is a plant that grows on the high land throughout East Asia (especially on the hills and mountains). It is a genus of annual herb that is a member of the mint family. Perilla seed is traditionally used in Chinese medicine. Perilla leaves and seeds enrich of rosmarinic acid, a polyphenolic phytochemical which suppresses allergic immunoglobulin responses. The purpose of this study was to investigate the effect of supplement perilla seed on quality of crispy breadstick and acceptable level for panelist. The content of both grounded and not grounded perilla seed for supplement in crispy breadstick was 15% (Baker's Percent). Crispy Breadstick with Perilla Seed gave lower lightness (L*) and cutting force but higher in redness (a*), yellowness (b*) and chroma values. In addition, the supplement of Crispy Breadstick with Perilla Seed resulted to has better odor, taste and texture however a colour of product was darker.
Keywords: breadstick, perilla seed, *Perilla frutescens*

บทคัดย่อ

งามนเป็นพืชสมุนไพรตระกูลมิ้นท์ เจริญเติบโตดีในพื้นที่สูงในประเทศทางแถบเอเชียตะวันออก และใช้เป็นยาแผนจีนโบราณมาเป็นเวลานานแล้ว ส่วนใบและเมล็ดพบสารกลุ่มโพลีฟีนอล คือ กรดโรสมารินิก ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการแพ้ ได้ดี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบ และปริมาณการใช้งามนที่เหมาะสม ผลการทดลองพบว่าสามารถใช้งามนในรูปแบบของงามนบด และแบบเมล็ดงามน เสริมลงไปในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบในปริมาณ 15% (โดยน้ำหนักแป้ง) ซึ่งการเติมงามนลงไปในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบนั้น มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าแรงตัดขาดลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่า chroma เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การนำงามนมาเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่น รสชาติ และลักษณะทางเนื้อสัมผัสดีขึ้นด้วย แต่ทำให้ขนมปังมีสีเข้มขึ้น
คำสำคัญ: ขนมปังแท่ง งามน งาขี้ม้อน

คำนำ

งามน งาม่อน หรืองาขี้ม้อน (*Perilla frutescens*) เป็นพืชที่เพาะปลูกในภาคเหนือของประเทศไทย ในภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า ชิโซะ (shiso) ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรตระกูลมิ้นท์ ในวงศ์ Lamiaceae โดยประเทศทางแถบเอเชียตะวันออกใช้บริโภคเป็นอาหารและเป็นยาแผนจีนโบราณมาเป็นเวลานานแล้ว สามารถบริโภคได้ทั้งส่วนใบและเมล็ด เมล็ดเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งโอเมก้า-3 (omega-3 fatty acid) และกรดอัลฟ่าไลโนเลนิก (Alfa-linolenic acid) (Farlex, 2011) นอกจากนี้ในส่วนใบและเมล็ดยังพบสารสำคัญในกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) คือ กรดโรสมารินิก (Rosmarinic acid) ซึ่งการวิจัยจำนวนมากยืนยันผลว่า กรดโรสมารินิก มีฤทธิ์ต้านการแพ้ การอักเสบได้ดี และยังช่วยลดอาการหอบเหนื่อยจากอาการแพ้ (Allergic asthma) (Makino และคณะ, 2003) ลดอาการแพ้อากาศจากการเปลี่ยนฤดู (Takano และคณะ, 2004) นอกจากนี้ยังช่วยปกป้องตับจากการถูกทำลาย และยับยั้งการเจริญของมะเร็งตับด้วย (Lin และคณะ, 2007) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการนำงามนมาเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบ เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถบริโภคงานมนได้อย่างสะดวกในรูปแบบของอาหารขบเคี้ยวที่มีคุณประโยชน์สูง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบ และศึกษาปริมาณการใช้งามนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบ

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[1] Department of Food Business Management, School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindang Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง แบ่งเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ศึกษาการใช้งามนบดเสริมในขนมปังแท่งอบกรอบ โดยใช้งามนบดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 เมช เสริมลงไปในแป้งสำหรับทำขนมปัง โดยแปรปริมาณของงามนบดที่ใช้เป็น 0 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

ตอนที่ 2 ศึกษาการใช้เมล็ดงามนเสริมลงไปในขนมปังแท่งอบกรอบเสริมงามนบดที่คัดเลือกได้จากขั้นตอนที่ 1 โดยแปรปริมาณของเมล็ดงามนเป็น 0 5 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมโดยการวัดค่าสี ด้วยเครื่อง HunterLab Digital Color Difference Meter รุ่น DP-9000 วัดค่าแรงตัดขาดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น textureLRX ของ LLOYE instrument

วางแผนการทดลองโดยวิธี Completely randomized design และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9- points hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน วางแผนการทดลองโดยวิธี Completely randomized block design วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างโดยใช้ Duncan's New Multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการใช้งามนบดเสริมในขนมปังแท่งอบกรอบ

จากการใช้งามนบดเสริมในขนมปังแท่งอบกรอบ ได้ผลการทดลองดัง Table 1 และ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณการใช้งามนบดเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากงามนมีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อนำมาเสริมเข้าไปในขนมปังในส่วนของแป้งสำหรับทำขนมปังจึงทำให้ค่าความสว่างของขนมปังลดลง ในขณะที่งามนซึ่งมีสีเข้มในโทนสีน้ำตาลดำ จึงมีผลให้ ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และ ค่า Chroma มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณงามนเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ดังนั้นเมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบเสริมงามนบดไปทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงมีผลต่อคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ และ สี ที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณงามนบดเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำไปวัดค่าแรงตัดขาด พบว่า เมื่อปริมาณงามนบดเพิ่มขึ้น ขนมปังมีความกรอบมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าแรงตัดขาดลดลงเมื่อปริมาณงามนบดเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบชิมจะชอบความกรอบที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณงามนบดที่เสริมเข้าไปในขนมปังแท่งอบกรอบ ยังส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมมีความชอบทางด้านกลิ่น และรสชาติมากขึ้น ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมแล้ว ผู้บริโภคชอบขนมปังแท่งอบกรอบที่เสริมงามนบด 15% มากที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกปริมาณการเสริมงามนบดในขนมปังแท่งอบกรอบที่15% เพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 2 ต่อไป

Table 1 Hunter Lab color and cutting force on supplemented crispy breadstick with grounded perilla seed

Grounded perilla seed (%)	Hunter Lab Color				Cutting force (N)
	L*	a*	b*	Chroma	
0	81.18[a]	1.50[e]	22.05[c]	22.10[d]	15.33[a]
5	74.03[b]	2.41[d]	23.67[c]	23.79[d]	10.93[b]
10	74.03[b]	3.85[c]	23.88[c]	24.19[c]	9.71[c]
15	61.79[c]	6.69[b]	28.71[b]	29.48[b]	9.26[c]
20	55.24[d]	10.17[a]	32.94[a]	34.47[a]	5.42[d]

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

Table 2 Sensory evaluation (9- points hedonic scale) on supplemented crispy breadstick with grounded perilla seed

Grounded perilla seed (%)	Hedonic score					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall linking
0	7.74^{ab}	7.20^{a}	5.67^{b}	6.53^{bc}	6.67^{b}	6.20^{d}
5	7.60^{a}	7.27^{a}	6.07^{b}	6.73^{ab}	6.80^{b}	6.67^{c}
10	6.80^{bc}	6.87^{b}	6.27^{b}	7.33^{ab}	7.27^{a}	7.10^{b}
15	6.67^{bc}	6.69^{bc}	7.13^{a}	7.47^{a}	7.43^{a}	7.53^{a}
20	6.27^{c}	6.67^{c}	7.27^{a}	6.27^{c}	7.33^{a}	6.53^{c}

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

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการใช้เมล็ดงามนเสริมในขนมปังแท่งอบกรอบ

จากการใช้เมล็ดงามน เสริมลงไปในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบที่มีงามนบดเสริมอยู่ 15% ได้ผลการทดลอง ดังTable 3 และ 4 ซึ่งพบว่า ค่าสี และค่าแรงตัดขาด มีแนวโน้มเช่นเดียวกับ การทดลองในตอนที่ 1 สำหรับการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมชอบผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบที่เสริมเมล็ดงามนในระดับที่เพิ่มขึ้นถึง 15% เท่านั้น เมื่อเพิ่มปริมาณเมล็ดงามนถึง 20% คะแนนความชอบในทุกๆ ด้านลดลง ยกเว้นในเรื่องกลิ่นที่มีคะแนนความชอบสูงขึ้นเนื่องจากงามนมีกลิ่นหอม เมื่อเติมลงไปในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ผู้ทดสอบชิมมีความชื่นชอบมากขึ้น

Table 3 Hunter Lab color and cutting force on supplemented crispy breadstick with perilla seed

perilla seed (%)	Hunter Lab Color				Cutting force (N)
	L*	a*	b*	Chroma	
0	61.68^{a}	6.71^{e}	28.68^{c}	29.45^{d}	9.33^{a}
5	60.51^{a}	6.87^{c}	28.67^{c}	29.48^{d}	8.93^{b}
10	59.03^{b}	7.71^{b}	29.88^{b}	30.86^{c}	7.71^{c}
15	58.38^{c}	7.77^{b}	29.97^{b}	30.96^{b}	6.26^{d}
20	58.09^{c}	8.25^{a}	30.14^{a}	31.25^{a}	6.02^{d}

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

Table 4 Sensory evaluation (9- points hedonic scale) on supplemented crispy breadstick with perilla seed

perilla seed (%)	Hedonic score					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall linking
0	7.47^{a}	6.20^{c}	6.74^{c}	6.60^{c}	7.02^{b}	7.10^{bc}
5	7.40^{a}	6.33^{c}	6.87^{bc}	7.07^{b}	7.12^{b}	7.23^{b}
10	7.33^{ab}	6.93^{b}	7.07^{b}	7.34^{a}	7.23^{a}	7.25^{b}
15	7.00^{b}	7.27^{a}	7.23^{a}	7.47^{a}	7.53^{a}	7.63^{a}
20	6.40^{c}	6.87^{b}	7.29^{a}	6.27^{c}	6.98^{c}	6.93^{c}

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

สรุปผล

การใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบ ทำให้ขนมปังมีสีที่เข้มขึ้น ซึ่งมีผลให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่า chroma เพิ่มขึ้น นอกจากนี้งามนยังมีผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบมีความกรอบมากขึ้น รวมทั้งมีกลิ่นและรสชาติดีขึ้นด้วย ดังนั้นจึงสามารถใช้งามนเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแท่งอบกรอบได้ โดยปริมาณการใช้งามนที่เหมาะสม คือ ใช้ในรูปของงามนบด โดยเสริมลงไปผสมกับแป้งสำหรับทำขนมปังในปริมาณ 15% โดยน้ำหนักแป้ง และยังสามารถใช้งามนในรูปของเมล็ดงาเสริมเพิ่มลงไปได้อีก 15% โดยน้ำหนักแป้ง

คำขอบคุณ

ขอบคุณนางสาวปิยนุช บุดดา และนางสาวจารุพักตร์ ประณีตพลกรัง ที่เป็นผู้ช่วยทำงานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณนางปทุมทิพย์ ชาญสวัสดิ์ ผู้ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบงามน จาก อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน

เอกสารอ้างอิง

Farlex, 2011, The free dictionary [Online], Available: http://encyclopedia.the free dictionary.com/perilla. [January 16, 2011].

Lin, C.S., Kuo, C.L., Wang, J.P., Cheng, J.S., Huang, Z.W. and Chen, C.F., 2007, Growth Inhibitory and Apoptosis Inducing Effect of *Perilla frutescens* Extract on Human Hepatoma HepG2 cells, Journal of Ethnopharmacology, 112(3): 557-67.

Makino, T., Furuta, Y., Wakushima, H., Fujii, H., Saito, K.-I. and Kano, Y., 2003, Anti-allergic Effect of *Perilla frutescens* and its Active Constituents, Phytotherapy Research, 17(3): 240-243.

Takano, H., Osakabe, N., Sanbongi, C. Yanagisawa, R., Inoue, K.-I., Yasuda, A., Natsume, M., Baba, S., Ichiishi, E.-I. and Yoshikawa, T., 2004, Extract of *Perilla frutescens* Enriched for Rosmarinic acid, a Polyphenolic Phytochemical, Inhibits Seasonal Allergic Rhinoconjunctivitis in Humans, Experimental Biology and Medicine, 229: 247-254.

ผลของรีซิสแทนต์สตาร์ช ซูโครสเอสเทอร์ และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของโดและขนมปัง

Effect of Resistant Starch, Sucrose Ester and Hydroxypropylmethylcellulose on Dough and Bread Qualities

จริยา สุขสวัสดิ์[1] จุติมา คล้ายจันทร์[1] ยุวรินทร์ สุทธิพงศ์พาณิช[1] อรวรรณ ทองเรือง[1] และ อาภัสรา แสงนาค[1]

Suksawat, C.[1], Klaichan, C.[1], Sutthipongpanit, Y.[1], Thongruang, O.[1] and Sangnark, A.[1]

Abstract

The effect of resistant starch (RS) on dough and bread qualities were investigated. RS was added at 10, 20 and 30g/100g into a bread formulation based on wheat flour. The 20 g/100 g RS could be added into bread formulation with the highest qualities in terms of specific volume, firmness and consumer acceptance. The formulation contained 20 g/100 g RS was then selected to improve qualities by adding 3.0 g/100 g sucrose ester (SE) with 1.5 and 3 g/100 g hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), respectively. Results showed that 3.0 g/100 g SE could significantly improve bread qualities ($p<0.05$) while addition 3.0g/100g SE with 1.5 and 3 g/100 g HPMC significantly decreased bread qualities ($p<0.05$). Therefore, bread added 20g/100g RS and 3.0g/100g SE was the best formulation which dietary fibre content increased 93.9% compared with control.

Keywords: resistant starch, sucrose ester, hydroxypropylmethylcellulose

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการเติมรีซิสแทนต์สตาร์ช (RS) 10 20 และ 30 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ต่อคุณภาพของโดและขนมปังพบว่า ขนมปังที่เติม RS 20 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง มีคุณภาพด้านปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และคะแนนความชอบของผู้บริโภคระดับปานกลาง ต่อมาปรับปรุงคุณภาพของขนมปังโดยเติมซูโครสเอสเทอร์ (SE) 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ร่วมกับการเติมไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) 1.5 และ 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ตามลำดับ พบว่า SE สามารถปรับปรุงคุณภาพของขนมปังที่เติม RS ให้ดีขึ้นได้ ขณะที่การเติมไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) ปริมาณ 1.5 และ 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ส่งผลให้คุณภาพของขนมปังที่เติม RS ลดลง ดังนั้นสูตรของขนมปังที่เติม RS 20 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง และ SE 3 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง จึงเป็นสูตรที่ดีที่สุด โดยมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นร้อยละ 93.9 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ: รีซิสแทนต์สตาร์ช ซูโครสเอสเทอร์ ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส

คำนำ

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่นิยมบริโภคกันมากและมีแนวโน้มบริโภคเพื่อสุขภาพเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีใยอาหารต่ำ จึงมีการเสริมใยอาหารเพื่อปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของขนมปังให้เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากขึ้น Korus และคณะ (2009) ศึกษาผลของการเติม RS จากสตาร์ชข้าวโพดต่อคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของขนมปังปราศจากกลูเตน (Gluten Free Bread) พบว่า การเติม RS ปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้ขนมปังมีปริมาตรลดลง และมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าตัวอย่างควบคุม และมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุม 1.5-1.9 เท่า จากงานวิจัยของ Sangnark และ Noomhorm (2004) ศึกษาผลของการเติมซูโครสเอสเทอร์ (SE) ต่อสมบัติของโดและขนมปัง พบว่าการเติม SE 1.5 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ส่งผลให้คุณภาพของขนมปังที่เติมใยอาหารจากกากอ้อยดีขึ้นได้และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ในขณะที่ Barcenas และ Rosell (2005) ศึกษาผลของไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 149 ถนนเจริญกรุง แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

[1] Food Science and Technology Division, Home Economics Technology Faculty, Rajamangala University of Technology Krungthep, Yannawa, Sathorn, Bangkok 10120

(HPMC) ที่มีต่อโครงสร้างของขนมปัง พบว่า การใช้ HPMC ทำให้ขนมปังมีโครงสร้างภายในที่เรียบเนียน และมีการกระจายตัวของโพรงอากาศที่สม่ำเสมอ เนื่องจาก HPMC มีความสามารถในการดูดซึมน้ำและเกิดเป็นฟิล์มบางๆ ได้ในระหว่างการหมัก จึงช่วยให้โดสามารถกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักได้ดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำ RS ซึ่งเป็นแหล่งใยอาหารชนิดหนึ่งเติมลงในขนมปังร่วมกับการใช้ SE และ HPMC เพื่อปรับปรุงคุณภาพของขนมปังให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

รีซิสแทนต์สตาร์ช (Resistant starch, RS ชื่อทางการค้า Hi-maize™ 260 จากบริษัท เนชัลแนลสตาร์ช จำกัด) ซูโครสเอสเทอร์ (Sucrose ester, SE ชนิด S-1170S จากบริษัท คาลเทค คอปอเรชั่น จำกัด) และไฮดรอกซีโพรเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropylmethylcellulose, HPMC, ชื่อทางการค้า Methocel K4M จากบริษัท วิคกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด)

2. ศึกษาผลของรีซิสแทนต์สตาร์ชต่อคุณภาพของขนมปัง

2.1 การทำขนมปัง

ขนมปังสูตรควบคุม ดัดแปลงจากสูตรของ Sangnark และ Noomhorm (2004) ส่วนผสมประกอบด้วยแป้งสาลี 100 กรัม น้ำ 52 กรัม น้ำตาลทราย 7 กรัม เนยขาว 5 กรัม นมผง 2.5 กรัม เกลือ 1.5 กรัม และยีสต์ 1 กรัม การศึกษาถึงผลของรีซิสแทนต์สตาร์ช ทำโดยเติมรีซิสแทนต์สตาร์ช ลงไป 3 ระดับ คือ 10 20 และ 30 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้งสาลี โดยใช้น้ำในส่วนผสม 56 62 และ 68 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้งตามลำดับ การผลิตขนมปังทำโดยร่อนแป้งสาลีโดยใช้ตะแกรงร่อน หลังจากนั้นชั่งส่วนผสมตามสูตร เทแป้ง นมผง ยีสต์ และรีซิสแทนต์สตาร์ช (ในสูตรควบคุมไม่มีรีซิสแทนต์สตาร์ช) ลงในอ่างผสม เปิดเครื่องผสมโดยใช้ความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 1 นาที ละลายน้ำตาลและเกลือในน้ำ หลังจากนั้นเทลงในอ่างผสม เปิดเครื่องผสมโดยใช้ความเร็วระดับ 2 นาน 2 นาที เติมเนยขาวแล้วผสมต่อ นาน 20 นาที จนได้โดที่เรียบเนียน นำก้อนโดหนัก 200 กรัม มารีดให้เป็นแผ่น แล้วม้วนลงในพิมพ์ขนาด 5.5x10.5x5.4 เซนติเมตร ที่ทาเนยขาวแล้ว หมักโดเป็นเวลา 90 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ในตู้หมักโด หลังจากนั้นนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที แล้วนำออกจากพิมพ์ทันที ทิ้งให้ขนมปังเย็นที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบคุณภาพต่อไป

2.2 วิเคราะห์คุณภาพของขนมปัง

2.2.1 ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง (Specific volume of bread) โดยใช้วิธีการแทนที่เมล็ดงา (Sangnark และ Noomhorm, 2003)

2.2.2 ความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นของขนมปัง (Firmness and Springiness of bread) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (AACC, 2000)

2.2.3 วิเคราะห์สัดส่วนพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ขนมปังโดยใช้เครื่องสแกนเนอร์ ทำโดยนำขนมปังจำนวน 1 แผ่น ที่หั่นให้มีความหนา 12.5 มิลลิเมตร มาวางบนเครื่องสแกนเนอร์ จากนั้นนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์สัดส่วนพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ขนมปัง 1 ตารางเซนติเมตร โดยใช้โปรแกรม UTHSCSA Image tool for windows version 3.00

2.3 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อขนมปัง

ทำโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนตามลำดับความชอบแบบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scale) โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การตรวจสอบคุณภาพของขนมปัง โดยใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วน การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ (Randomized completely block design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 13.0

3. ศึกษาผลของซูโครสเอสเทอร์และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของขนมปัง

ศึกษาผลของซูโครสเอสเทอร์ต่อคุณภาพของขนมปังเติมซูโครสเอสเทอร์ 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส 2 ระดับ คือ 1.5 และ 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ประเมินคุณภาพของขนมปังโดยใช้เครื่องมือและทดสอบทางประสาทสัมผัสตามข้อ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่เติม RS 10 20 และ 30 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ลดลงร้อยละ 19.1 33.9 และ 41.7 ตามลำดับ ขณะที่ความแน่นเนื้อของขนมปังเพิ่มขึ้น 0.68 1.77 และ 5.06 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p<0.05$, Table 1) เนื่องจากปริมาตรจำเพาะ และความแน่นเนื้อของขนมปังมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บก๊าซของโครงสร้างกลูเตนในโด เมื่อภายในโดมีโครงสร้างของกลูเตนมาก จะส่งผลให้โดมีความสามารถในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักของยีสต์ได้มากขึ้น หลังจากอบจึงมีส่วนของโพรงอากาศมาก เนื้อของขนมปังจึงนุ่ม แต่ในกรณีที่เติม RS ลงในขนมปัง RS จะแทรกเข้าไปอยู่ในโครงร่างของขนมปัง ส่งผลให้การรวมตัวกันของกลูเตนินและไกลอะดินเพื่อเป็นโครงสร้างของกลูเตนเกิดขึ้นน้อย จึงกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักได้ไม่ดี (Korus และคณะ, 2009) จึงเลือกขนมปังที่เติม RS 20 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Table 2) ไปปรับปรุงคุณภาพต่อไป โดยเติม SE และ HPMC พบว่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่เติม SE 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ร่วมกับ HPMC 1.5 และ 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง ลดลงร้อยละ 20.8 และ 23.9 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติม HPMC (Table 3) แสดงว่า HPMC ไม่สามารถปรับปรุงปริมาตรจำเพาะของขนมปังให้ดีขึ้นได้อาจเนื่องจาก HPMC จัดเป็นสารไฮโดร-คอลลอยด์ มีความสามารถในการกระจายตัวในน้ำได้ดี (นิธิยา, 2551) หมู่ไฮดรอกซิล ของ HPMC จึงเข้าจับกับน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการสลายสตาร์ชไปเป็นน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารของยีสต์มีน้อยลง กระบวนการหมักจึงเกิดขึ้นได้ไม่ดี ปริมาตรจำเพาะของขนมปังจึงลดลง ดังนั้นขนมปังที่เติม RS 20 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง และ SE 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง จึงเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด เนื่องจาก SE จัดเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้โปรตีนกลูเตนินและไกลอะดินละลายน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดกลูเตนได้ดี จึงสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักของยีสต์ได้เพิ่มขึ้น (Selomulyo และ Zhou, 2007 อ้างถึงใน อัมพิกา ชาติกุล, 2549) ทำให้โพรงอากาศภายในเนื้อขนมปังที่เติม SE มีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอ มีขนาดของโพรงอากาศที่เท่ากัน และมีจำนวนโพรงอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม (Figure 1) และมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นร้อยละ 93.9 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

สรุปผล

ขนมปังที่เติมรีซิสแทนต์สตาร์ช 20 กรัมต่อ 100 กรัม เป็นปริมาณสูงสุดที่สามารถเติมรีซิสแทนต์สตาร์ช โดยซูโครสเอสเทอร์สามารถปรับปรุงคุณภาพของขนมปังให้ดีขึ้นได้ ขณะที่ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสทำให้ขนมปังมีคุณภาพลดลง ขนมปังที่เติมรีซิสแทนต์สตาร์ช 20 กรัม ต่อ 100 กรัมของแป้ง และซูโครสเอสเทอร์ 3.0 กรัมต่อ 100 กรัมของแป้ง มีคุณภาพที่ดีที่สุด และมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นร้อยละ 93.9 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

AACC, 2000, Approved Methods of the AACC (methods 74-09) (10th ed.), St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.

Barcenas, M.E. and Rosell, C.M., 2005, Effect of HPMC Addition on the Microstructure, Quality and Aging of Wheat Bread, Food Hydrocolloids, 19: 1037-1043.

Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R. and Juszczak, L., 2009, The Impact of Resistant Starch on Characteristics of Gluten-free Dough and Bread, Food Hydrocolloids, 23: 988–995.

Sangnark, A. and Noomhorm, A., 2003, Effect of Particle Sizes on Functional Properties of Dietary Fibre Prepared from Sugarcane Bagasse, Food Chemistry, 37: 697-704.

Sangnark, A. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Dietary Fiber from Sugarcane Bagasse and Sucrose Ester on Dough and Bread Properties, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technology, 37: 697-704.

Selomulyo, V.O. and Zhou, W., 2007, Frozen Bread Dough: Effects of Freezing Storage and Dough Improvers, Journal of Cereal Science, 45, 1-17. อ้างถึงใน อัมพิกา ชาติกุล, 2549, ผลของซูโครสเอสเทอร์และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวกล้องแทนที่แป้งสาลีบางส่วน, ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

Table 1 Effect of resistance starch on bread qualities

Samples	Specific volume (cm^3/g)	Firmness (N)	Springiness ^{ns}(%)	Aircell area (%)
control	4.51±0.10^a	3.37±0.25^a	55.37±0.63	60.07±5.74^a
RS10	3.65±0.06^b	4.05±0.40^{ab}	54.52±1.52	55.56±1.23^{ab}
RS20	2.98±0.01^c	5.14±0.60^b	53.76±0.14	52.57±1.56^{bc}
RS30	2.63±0.73^c	8.43±0.73^c	52.26±0.88	47.67±4.31^c

$^{a, b, c}$ means with different superscripts in a column are significantly difference at p<0.05, ^{ns} means non significantly different (p≥0.05)

Table 2 Effect of resistance starch on consumer acceptance of bread

Samples	Color^{ns}	Odor^{ns}	Taste	Texture	Overall acceptability
control	6.95±1.28	7.25±1.29	7.55±1.15^a	7.85±0.88^a	7.90±0.55^a
RS10	7.30±1.03	6.70±1.30	7.05±1.23^{ab}	7.00±1.41^b	7.35±1.23^{ab}
RS20	7.50±1.15	7.00±1.21	6.8 5±1.46^{bc}	6.75±1.65^{bc}	7.05±1.39^b
RS30	6.85±1.42	6.60±1.23	6.35±1.46^c	6.15±1.42^c	6.40±1.35^c

$^{a, b, c}$ means with different superscripts in a column are significantly difference at p<0.05, ^{ns} means non significantly different (p≥0.05)

Table 3 Effect of sucrose ester and hydroxypropyl methylcellulose on bread qualities

Samples	Spefific volume (cm^3/g)	Firmness (N)	Springiness (%)	Aircell area (%)
Control	4.09±0.01^a	3.01±0.75^a	55.22±0.30^a	60.54±3.19^a
RS20	3.03±0.05^c	5.43±0.29^b	52.61±0.37^c	51.55±0.95^b
RS20-SE3	3.85±0.01^b	3.45±0.15^a	53.48±0.12^b	57.12±3.41^{ab}
RS20-SE3HPMC1.5	3.05±0.08^c	7.87±0.38^c	48.91±0.21^d	52.28±3.86^b
RS 20-SE3-HPMC3	2.93±0.12^c	8.35±1.00^c	48.16±0.26^e	51.21±2.40^b

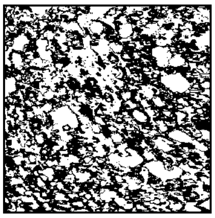
$^{a, b, c}$ means with different superscripts in a column are significantly difference at p<0.05

Table 4 Effect of resistance starch, sucrose ester and hydroxypropyl methylcellulose on consumer acceptance bread

Sample	color^{ns}	Odor^{ns}	Taste	Texture	Overall acceptability
Control	6.45±1.47	6.85±1.39	7.20±1.35^a	7.15±1.35^a	7.45±0.89^a
RS20	6.50±1.32	6.30±1.22	5.95±1.28^b	5.60±1.50^c	5.75±1.77^b
RS20-SE3	7.20±1.40	6.80±1.32	7.00±1.30^a	7.20±1.28^a	7.20±1.32^a
RS20-SE3-HPMC1.5	6.85±1.39	6.70±1.30	6.50±1.19^{ab}	6.20±1.40^{bc}	6.40±1.43^b
RS 20-SE3-HPMC3	6.95±1.15	6.40±1.54	6.50±1.24^{ab}	6.75±1.00^{ab}	6.30±1.26^b

$^{a, b, c}$ means with different superscripts in a column are significantly difference at p<0.05

Control



RS20-SE3

Figure 1 Aircell area of bread (Black color = bread texture, White color = Aircell)

สารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme®

Volatile Components of Flavourzyme® Enzymatic Protein Hydrolysate from *Gracilaria fisheri*

อรพรรณ เสลามาศสกุล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Selamassakul, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Seaweed protein hydrolysate hydrolysed with 10% Flavourzyme® for 0.5, 3, 6, 12, 18 and 24 hrs (enzymatic-Flavourzyme® seaweed protein hydrolysate; ef-SWPH) were analyzed. The degree of hydrolysis was 48.10, 70.35, 70.24, 71.90, 76.80 and 76.61, respectively. Volatile compounds were identified by headspace solid-phase microextraction gas chromatoghaphy mass spectrometry (DHS-SPME-CG-MS). The major volatiles compounds found in ef-SWPH at all condition were benzaldehyde, hexadecanoic acid, nonanoic acid, 3-ethyl-4-methyl-1H-pyrrole-2,5-dione and dihydroactindiolide which their odor descriptions of seaweed, seafood, sweet and green. The volatile compounds of ef-SWPH were increased when hydrolysis times and degree of hydrolysis were increased. The %relative peak area of 2-pentyl-furan, (E)-2-octen-1-al and methoxy-phenyl-oxime were decrease but octanoic acid, nonanoic acid, dodecanoic acid, tetradecanoic acid and hexadecanoic acid were increase which consistent with sensory evaluation. A sensory evaluation revealed that intensity of seaweed and seafood flavor were increased. Thus, the limitation of enzyme dosage could be desired flavor profile of protein htdrolysate.

Keywords: volatile compound, degree of hydrolysis, enzymatic-Flavourzyme® seaweed protein hydrolysate

บทคัดย่อ

โปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme® (enzymatic-Flavourzyme® seaweed protein hydrolysate; ef-SWPH) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 0.5, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง มีระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 48.10, 70.35, 70.24, 71.90, 76.80 และ 76.61 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ headspace solid-phase microextraction gas chromatoghaphy mass spectrometry (DHS-SPME-CG-MS) พบว่า ef-SWPH แต่ละภาวะการย่อยสลายมีสารหอมระเหยหลัก ได้แก่ benzaldehyde, hexadecanoic acid, nonanoic acid, 3-ethyl-4-methyl-1H-pyrrole-2,5-dione และ dihydroactindiolide ซึ่งให้ลักษณะกลิ่นสาหร่าย กลิ่นอาหารทะเล กลิ่นหอมหวานและกลิ่นเขียว เมื่อเวลาการย่อยสลายมากขึ้นระดับการย่อยสลายสูงขึ้น ชนิดขององค์ประกอบสารหอมระเหยของ ef-SWPH มากขึ้นด้วย โดย %relative peak area ของ 2-pentyl-furan, (E)-2-octen-1-al และ methoxy-phenyl-oxime ลดลง แต่พบ octanoic acid, nonanoic acid, dodecanoic acid, tetradecanoic acid และ hexadecanoic acid มากขึ้น สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่ากลิ่นสาหร่ายลดลงและมีกลิ่นอาหารทะเลมากขึ้น แสดงว่าการกำหนดร้อยละปริมาณของเอนไซม์ทำให้สามารถกำหนดลักษณะของกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทได้

คำสำคัญ: สารหอมระเหย ระดับการย่อยสลาย โปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme®

คำนำ

กลิ่นรสเป็นคุณลักษณะที่สำคัญในการบอกถึงคุณภาพของอาหาร Hydrolysate Vegetable Protein (HVP) เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสโปรตีนจากพืชด้วยกรด ด่างหรือเอนไซม์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน เพปไทด์และสารประกอบอื่นๆ เช่น เกลือ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของ HVP คล้ายคลึงกับสารประกอบที่เกิดขึ้นในระหว่างการหุงต้มเนื้อ ทำให้ HVP มีสมบัติในการปรับปรุงและเสริมกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อสัตว์ (Olsman, 1979) กลิ่นรสของ HVP ขึ้นกับปริมาณกรดอะมิโน เพปไทด์สายสั้น เกลือและสารหอมระเหยชนิดต่างๆ เนื่องจากกรดอะมิโนแต่ละชนิดให้รสชาติที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะกรดกลูตามิกซึ่งให้รสอร่อย (umami) เป็นรสพื้นฐานที่พบได้ในผลิตภัณฑ์ HVP ทุกชนิด (Maga, 1994) ส่วนเพปไทด์ที่ประกอบด้วย hydrophobic amino acid ให้รสขม (Ney,

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

1979) อรพรรณ และคณะ (2553) รายงานว่าสารหอมระเหยที่สำคัญในโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายสกุลกราซิลาเรีย (*Gracilaria* spp.) ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน ได้แก่ 1-hexanol, 1-nonen-3-ol, hexanoic acid, benzaldehyde, nonanoic acid, decanoic acid, dihydroactindiolide, hexadecanoic acid และ lauric acid ซึ่งเป็นสารหอมระเหยที่พบในสาหร่ายและปลาสด (Josephson และคณะ, 1987) และพบกรดไขมันตั้งแต่คาร์บอน 2-16 อะตอมซึ่งเป็นสารตั้งต้นให้เกิดกลิ่นรสของอาหารทะเลในสาหร่ายและสามารถพบได้เช่นเดียวกับในสัตว์ทะเล เมื่อเอนไซม์ lipoxygenase และ fatty acid hydroperoxide lyase ย่อยสลายกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) เกิดเป็นองค์ประกอบสารหอมระเหยต่างๆ ซึ่งชนิดและปริมาณกรดไขมันที่ต่างกัน ทำให้สาหร่ายและสัตว์ทะเลแต่ละชนิดมีกลิ่นรสที่แตกต่างกัน (Le Pape และคณะ, 2004; Kuo และคณะ,1996) แต่กลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทย่อยสลายด้วยเอนไซม์นั้นขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณและลำดับของกรดอะมิโน และการจัดเรียงตัวของเพปไทด์ในโปรตีน ระดับการย่อยสลาย รวมทั้งองค์ประกอบของไฮโดรไลเซทที่ได้ นอกจากนี้องค์ประกอบอื่นๆ ในอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรตหรือไขมันยังมีผลต่อกลิ่นรสของ HVP ด้วย (Whitaker และ Tannenbaun, 1977) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาสารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme® ที่ภาวะการย่อยสลายต่างกันด้วยเครื่อง dynamic headspace gas chromatoghaphy mass spectrometry

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียสกัดสารพอลิแซคคาไรด์ออกด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องนึ่งความดันไอน้ำ อบให้แห้งด้วย hot air oven ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียด นำสาหร่ายเติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ (1:50 W/V) ปรับ pH เป็น 7.0 จากนั้นใส่เอนไซม์ Flavourzyme® ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (activity ของเอนไซม์เท่ากับ 69,714.3 unit/ g bromelain) แปรระยะเวลาการย่อยสลายที่ 0.5, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นกรองแยกกากออกด้วยกระดาษกรอง No. 1 และนำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์ระดับการย่อยสลาย (%degree of hydrolysis; %DH) ตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) และทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง rotary evaporator วิเคราะห์สารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายทุกภาวะโดยใช้ headspace solid-phase microextraction gas chromatoghaphy mass spectrometry (DHS-SPME-CG-MS) อุ่นสารตัวอย่างเข้มข้นปริมาตร 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 และก๊าซฮีเลี่ยมเป็นตัวพาที่อัตราการไหลคงที่ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส ให้เวลาในการชะสารระเหยออกจากไฟเบอร์เป็นเวลา 20 นาที ด้วยวิธี splitless โปรแกรมอุณหภูมิของ oven โดยเริ่มจากอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส คงไว้เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 เป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที คงไว้ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan range 33-350 amu) ภาวะเครื่อง 70 eV ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส และแปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ % quality match ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 และเทียบกับสารละลายมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkanes) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1997) ส่วนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ quantitative descriptive analysis (QDA) ให้คะแนนแบบ 9-point scoring test ได้แก่ กลิ่นสาหร่าย กลิ่นเค็ม กลิ่นหวาน กลิ่นเปรี้ยว กลิ่นซีอิ้ว กลิ่นอาหารทะเล รสขม รสเค็ม และรสเปรี้ยว โดยรวม โดยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 15 คน และผู้ทดสอบฝึกฝนจำนวน 5 คน จากบริษัท Firminich (Firminich Thailand Ltd.)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ระดับการย่อยสลายพบว่า %DH เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาในการย่อยสลาย 0-0.5 ชั่วโมง และเริ่มคงที่หลังจากที่เวลาการย่อยสลาย 6 ชั่วโมง เนื่องจากที่ความเข้มข้นเอนไซม์ต่ำๆ โปรตีนตั้งต้นมีปริมาณมากกว่าเอนไซม์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับปริมาณของเอนไซม์และโปรตีนตั้งต้น (first order reaction) ทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเวลาการย่อยสลายมากขึ้นค่าระดับการย่อยสลายมีแนวโน้มคงที่ เพราะเมื่อปริมาณเอนไซม์มากเกินพอกับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ขึ้นกับปริมาณเอนไซม์ (zero order reaction) อธิบายได้ตามทฤษฎีของ Michaelis และ Menten

หรืออาจเกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme substrate saturation) ค่า %DH ที่วิเคราะห์ได้จึงคงที่ (Wilkinson, 1961) โดยมี %DH เท่ากับร้อยละ 48.10, 70.35, 70.24, 71.90, 76.80 และ 76.61 ตามลำดับ (Table 1) เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยใน ef-SWPH ที่ทุกภาวะการย่อยสลายด้วย DHS SPME GC-MS พบว่าทุกภาวะการย่อยสลายมีสารหอมระเหยเหมือนกัน โดยสารหอมระเหยหลัก ได้แก่ benzaldehyde, hexanoic acid และ octanoic acid เป็นสารหอมระเหยที่พบในสาหร่าย กุ้งและปลา (Boonprab และคณะ, 2006; Morita และคณะ, 2001; Chung, 1999; Yu และ Chen, 2011) ส่วน methoxy-phenyl-oxime พบในปูและกุ้งแต่ไม่พบในหอย (Zhang และคณะ, 2010) และกรดไขมันได้แก่ heptanoic acid, octanoic acid, nonanoic acid, dodecanoic acid, tetradecanoic acid, pentadecanoic acid, และ hexadecanoic acid เป็นสารระเหยได้ที่พบในปลา (Josephson และคณะ, 1987) ทำให้ลักษณะของกลิ่นรสที่ได้มีกลิ่นสาหร่าย กลิ่นอาหารทะเล กลิ่นหอมหวานและกลิ่นเขียว เมื่อเวลาการย่อยสลายมากขึ้นระดับการย่อยสลายสูงขึ้น ทำให้ชนิดขององค์ประกอบสารหอมระเหยของ ef-SWPH มากขึ้นด้วย (Table 2) โดย 2-pentyl-furan, (E)-2-octen-1-al และ methoxy-phenyl-oxime ซึ่งให้กลิ่นเขียว มี %relative peak area ลดลง แต่พบกรดไขมัน octanoic acid, nonanoic acid, dodecanoic acid, tetradecanoic acid และ hexadecanoic acid ซึ่งเป็นสารตั้งต้นให้เกิดกลิ่นรสของอาหารทะเลมากขึ้น โดย ef-SWPH ที่ได้จากการย่อยสลายเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง มี flavor profile ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าลักษณะของกลิ่นรสของ ef-SWPH ที่เวลาการย่อยสลาย 18-24 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับระดับการย่อยสลาย ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ef-SWPH จากทุกภาวะมีกลิ่นสาหร่าย กลิ่นอาหารทะเล และมีกลิ่นเค็มเล็กน้อย แต่ไม่มีกลิ่นซีอิ้ว กลิ่นหวาน กลิ่นเปรี้ยว รสเค็ม รสเปรี้ยวและรสขม (Figure 2) โปรตีนไฮโดรเซทที่มีระดับร้อยละย่อยสลายสูงมีคะแนนกลิ่นรสสาหร่ายลดลง แต่มีคะแนนกลิ่นรสอาหารทะเลมากขึ้นสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วย GC-MS และ %DH

สรุปผล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสารหอมระเหยและการทดสอบทางประสาทสัมผัส สรุปได้ว่าการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme® เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์มากขึ้น ทำให้ระดับการย่อยสลาย และกลิ่นรสสาหร่าย กลิ่นรสอาหารทะเล และกลิ่นรสหวานสูงขึ้น แสดงว่าการใช้ร้อยละความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการย่อยสลายต่างกันโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายที่ได้มีระดับการย่อยสลายต่างกันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เพปไทด์ และกรดอะมิโน ซึ่งให้กลิ่นรสที่แตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดร้อยละปริมาณของเอนไซม์ทำให้สามารถกำหนดลักษณะของกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมกรวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Boonprab, K., Matsui, K., Akakabe, Y., Yoshida, M., Yotsukura, N., Chirapart, A. and Kajiwara, T., 2006, Formation of Aldehyde Flavor (*n*-hexanal, 3*Z*-nonenal and 2*E*-nonenal) in the Brown Alga, *Laminaria angustata*, Journal of Applied Phycology, 18: 409–412.

Chung, H.Y., 1999, Volatile Components in Crabmeats of *Charybdis feriatus*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 2280-2287.

Josephson, D.B. and Lindsay, R.C., 1986, Enzymatic Generation of Volatile Aroma from Fresh Fish, In Biogeneration of Aroma, American Chemical Society, Washington DC, pp 201-221.

Kuo, J.M., Hwang, A., Hua Hsu, H. and Sun Pan, B., 1996, Preliminary Identification of Lipoxygenase in Algae (*Enteromorpha intestinalis*) for Aroma Formation, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 2073-2077.

Le Pape, M.A., Grua-Priol, J., Prost, C. and Demaimay, M., 2004, Optimization of Dynamic Headspace Extraction of the Edible Red Algae *Palmaria palmata* and Identification of the Volatile Components, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 550-556.

Maga, J.A. Flavor Potentiators, 1994, In Food Additive Toxicology*;* Maga, J.A., Tu, A.T., Eds.; Marcel Dekker, Inc.: New York, Basel, Hong Kong, pp 379-411.

Morita, K., Kubota, K. and Aishima, T., 2001, Sensory Characteristics and Volatile Components in Aromas of Boiled Prawns Prepared According to Experimental Designs, Food Research International, 34: 473–481.

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.

Ney, K.H. Bitterness of Peptides: Amino Acid Composition and Chain Length, In Food Taste Chemistry; Boudreau, J.C., Ed.; American Chemical Society: Washington, DC, 1979; pp 149-173.

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

Whitaker, J.R. and Tannenbaum, S.R., 1977, Food Proteins, Pages 121-174, 245-259 in Food Proteins. Whitaker, J.R. and Tannenbaum, S.R., eds. Avi Pub. Co, USA.

Wilkinson, G.N., 1961, Statistical Estimations in Enzyme Kinetics, Journal of Biochemical, 80(2): 324-32.

Yu, H.Z. and Chen, S.S., 2010, Identification of Characteristic Aroma-active Compounds in Steamed Mangrove Crab (*Scylla serrata*), Food Research International, 43: 2081–2086.

Zhang, J., Zhang, H., Wang, L., Guo, X., Wang, X. and Yao, H., 2010, Isolation and Identification of Antioxidative Peptides from Rice Endosperm Protein Enzymatic Hydrolysate by Consecutive Chromatography and MALDI-TOF/TOF MS/MS, Food Chemistry, 119: 226–234.

Table 1 %Degree of hydrolysate of 10% ef-SWPH at various hydrolysis times.

10% enzyme	Time (h)	%DH
	0.5	$48.10^{c}\pm3.35$
	3	$70.35^{b}\pm0.71$
	6	$70.24^{b}\pm0.33$
	12	$71.90^{b}\pm0.39$
	18	$76.80^{a}\pm0.06$
	24	$76.61^{a}\pm0.77$
F-test		**
LSD		3.55
C.V. (%)		2.45

NS mean in the same column are not significant difference ($p > 0.05$)
[a, b, c] Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) by DMRT

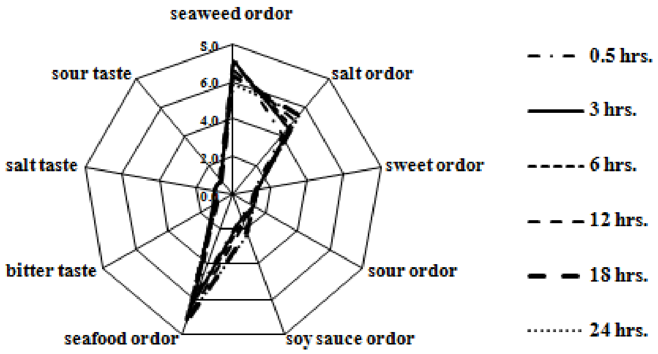


Figure 1 Spider web of sensory profile of 10% ef-SWPH at various hydrolysis times.

Table 2 Volatile compounds of 10% ef-SWPH at various hydrolysis times.

Volatile compounds	RI	Relative peak area (%)						Odor description*
		0.5 h	3 h	6 h	12 h	18 h	24 h	
2-pentyl-furan	1235**	4.42	4.07	2.56	5.32	1.01	2.2	fruity, green
(E)-2-octen-1-al	1408	9.79	5.92	5.69	6.53	2.74	1.89	fresh, fatty, green
benzaldehyde	1429	8.77	10.54	4.54	10.52	5.14	5.1	sweet, oily, almond
benzeneacetaldehyde	1575	-	-	3.2	4.96	2.9	6.64	sweet, almond, nutty
methoxy-phenyl-oxime	1671	5.75	7.53	6.3	5.74	2.39	2.75	sweet, green
hexanoic acid	1741	6.02	21.35	7.93	8.6	15.58	12.13	sour, fatty, sweat, cheese
benzyl alcohol	1800	-	-	-	-	2.46	2.6	cheesy, waxy, sweaty
heptanoic acid	1746	6.68	6.16	4.77	6.52	5.71	4.79	cheesy, sweaty, fermented
octanoic acid	1942	4.07	3.81	6.5	4.51	9.42	6.9	fatty, rancid, vegetable
nonanoic acid	2202*	10.95	7.55	13.16	10.78	21.14	6.9	green, fat
3-ethyl-4-methyl-1H-pyrrole-2,5-dione	2244*	10.89	11.57	14.11	1.19	0.31	9.21	-
dihydroactindiolide	2315**	13.09	8.7	10.52	11.68	9.89	2.21	sweet, fruity, wood
dodecanoic acid	2361*	4.62	2.46	3.42	2.98	6.02	6.74	coconut, fatty, waxy
tetradecanoic acid	2585**	1.66	0.87	1.3	1.25	2.58	5.22	waxy, soapy, creamy
dibutyl phthalate	2678**	0.78	0.98	0.84	0.59	0.46	0.68	faint odor
4-amino-2,6-dihydroxy pyrimidine	>2000**	3.29	1.87	2.8	2.82	1.65	2.77	-
hexadecanoic acid	2875**	3.05	1.67	9.45	9.9	7.91	18.17	heavy waxy, creamy

Note: RI = Retention indices, *http://flavoumet.org, **http://webbook.nist.gov

ศักยภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด

Antioxidant Potential of Acid-Sesame Meal Protein Hydrolysate

รัชฎาภรณ์ คะประสบ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Kaprasob, R.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Antioxidant potential of acid-sesame meal protein hydrolysate (a-SPH) was studied. HCl concentrations were varied at 0.5, 1 and 6N and hydrolysis time was 12 and 24 hrs. Results showed that a-SPH hydrolyzed with 6N HCl at hydrolysis time for 24 hrs had the highest calcium content was 161.89 mg/100 g, but oxalate content was not significantly different in all treatment ($p>0.05$). The a-SPH hydrolyzed with 1 N HCl for 12 hrs had free radical scavenging activity of 82.25% DPPH and total phenolic compounds of 1,539.32 mg GAE/100 g sample. It was efficiency in lipid peroxidation inhibition (86-94%) equal to those of BHT (89-95%) and α-tocopherol (85-88%) during 7 days of incubation. Furthermore, the results related to free amino acid found in a-SPH.

Keywords: sesame meal, hydrolysed vegetable protein, antioxidant activity, total phenolic compounds

บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงา ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl (a-SPH) ใช้ความเข้มข้นกรด HCl 0.5, 1 และ 6 นอร์มัล และระยะเวลาย่อยสลาย 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า a-SPH ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl เข้มข้น 6 นอร์มัล เวลาย่อยสลาย 24 ชั่วโมง มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด เท่ากับ 161.89 mg/ 100 g ส่วนปริมาณออกซาเลตใน a-SPH จากทุกภาวะการไฮโดรไลซ์ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ a-SPH ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มัล เวลาย่อยสลาย 12 ชั่วโมง เป็นภาวะที่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูง เท่ากับร้อยละ 82.25 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1,539.32 mg GAE/ตัวอย่าง 100 g และสามารถยับยั้งการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้ร้อยละ 86-94 ตลอดระยะเวลาบ่ม 7 วัน เทียมเท่ากับระบบอิมัลชันที่เติม BHT (ร้อยละ 89-95) และมากกว่าระบบอิมัลชันที่เติม α-tocopherol (ร้อยละ 85-88) ซึ่งสอดคล้องกับชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่พบใน a-SPH

คำสำคัญ: กากงา โปรตีนไฮโดรไลเซท สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

คำนำ

โปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืช (hydrolysate vegetable protein: HVP) ซึ่งได้จากการไฮโดรไลซ์วัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง (ถั่วเหลือง รำข้าว ถั่วเขียวและถั่วลิสง) ได้เป็นกรดอะมิโน เพปไทด์ และสารประกอบอื่นๆ (Radha และคณะ, 2008) ซึ่งกรดอะมิโนบางชนิดและอนุพันธ์ของซิสทิอีน ฮีสติดีน ทริปโตเฟน ไลซีน อาร์จินีน ลิวซีน วาลีนและ β-hydroxyl tryptophan มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Uchida และ Kawakishi, 1992) และยังมีรายงานว่าสายพอลิเพปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำที่ประกอบด้วย ฮีสติดีน ทริปโตแฟนและไทโรซีน มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Xie และคณะ, 2008) รวมทั้งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (Cigic และ Zelenik-Blatnik, 2004) ดังนั้นกากงา (defatted sesame meal) ที่เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมัน จึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการนำมาผลิตเป็น HVP ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของกากงา เนื่องจากมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 40-50 มีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบสูง คือ เมทไธโอนีน และซิสทิอีน ซึ่งพบน้อยในพืชชนิดอื่น (Bandyopadhyay และ Ghosh, 2002) ยังพบกลูตามิกซึ่งช่วยให้กลิ่นรสที่ดี นอกจากนี้งามีแคลเซียมสูง มากกว่าพืชอื่นๆ ถึง 40 เท่า (ประวิทย์, 2547) และมากกว่านมวัวถึง 6 เท่า ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการผลิต HVP ใช้กรดในการย่อยสลายโปรตีนในพืชเนื่องจากต้นทุนต่ำ ใช้เวลาสั้นและมีกลิ่นรสที่ดี โดยนิยมใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4-6 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 100-130°C เป็นเวลา 4-24 ชั่วโมง และทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Dzanic และคณะ, 1985) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาที่ย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก เพื่อพัฒนาเป็นสารเสริมสุขภาพต่อไป

---

[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

อุปกรณ์และวิธีการ

สกัดน้ำมันออกจากเมล็ดงาด้วยเครื่องหีบน้ำมัน และเฮกเซนอีก 2 ครั้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช นำกากงามาย่อยสลายด้วยกรด HCl โดยใช้อัตราส่วนกากงาต่อกรดเป็น 1:10 แปรความเข้มข้นกรด 0.5, 1 และ 6 นอร์มัล และเวลาย่อยสลาย 12 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 95°C ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 โมลาร์ จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลาย a-SPH ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) และออกซาเลตตามวิธีของ Adeniyi และคณะ (2009) นำ SPH เข้มข้นมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี folin-ciocalteau phenol test ตามวิธีของ Singleton และ Rossi (1965) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ คำนวณปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 0.2-1 mg/mL และทดสอบการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-l-picrylhydrazyl (DPPH) (ดัดแปลงวิธีของ Pan และคณะ, 2009) ปิเปต a-SPH เข้มข้น 50 µL เติมน้ำกลั่น 950 µL และเติม 0.1 mM DPPH ปริมาตร 2 mL ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืด 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณ %DPPH scavenging effect จากค่าการดูดกลืนแสง

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

เมื่อ A_{cont} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ control (น้ำกลั่น + DPPH)

A_{blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสีตัวอย่าง (โปรตีนเข้มข้น + น้ำกลั่น + เอทานอล)

A_{test} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (โปรตีนเข้มข้น+ น้ำกลั่น + DPPH)

จากนั้นนำภาวะที่เหมาะสมมาทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) (ดัดแปลงวิธีของ Mendis และคณะ, 2005 และ Chanput และคณะ, 2009) ปิเปต 99% เอทานอล ปริมาตร 2.5 mL และ 50 mM ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7.0) ปริมาตร 2.5 mL ลงหลอดทดลอง เติมกรดไขมันลิโนเลอิค 32.5 µL จากนั้นปิเปต a-SPH ลงในแต่ละหลอดปริมาตร 12.5 µL ปรับปริมาตรเป็น 10 mL ด้วยน้ำกลั่น ปิดฝาหลอดทดลอง และปิดด้วย parafilm หุ้มหลอดทดลองด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บในที่มืด 40°C ระยะเวลา 7 วัน และเก็บตัวอย่างทุกๆ 24 ชั่วโมง วิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันตามวิธีของ Ferric thiocyanate (FTC) โดยปิเปตสารที่บ่มไว้ในอิมัลชันกรดลิโนเลอิค ปริมาตร 100 µL ผสมกับ 75% เอทานอล ปริมาตร 4.7 mL เติม 30% (w/v) ammonium thiocyanate ปริมาตร 100 µL และ 0.02 M เฟอรัสคลอไรด์ ใน HCl 0.4 นอร์มัล ปริมาตร 100 µL เป็นเวลา 3 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร โดยใช้ BHT และ vitamin E เป็น positive controls และใช้น้ำกลั่นเป็น negative control แล้วนำมาคำนวณการยับยั้งการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันดังสมการ

$$\%\text{Inhibition} = \frac{\text{absorbance}_{control} - \text{absorbance}_{sample}}{\text{absorbance}_{control}} \times 100$$

เมื่อ $\text{absorbance}_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของระบบออกซิเดชัน

$\text{absorbance}_{sample}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (ระบบอิมัลชันที่เติมตัวอย่าง)

วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนของ a-SPH ภาวะที่เหมาะสมด้วยเครื่อง HPLC วางแผนการทดลองแบบ 3 x 2 Factorial in Completely Randomized Design ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาที่ย่อยสลายด้วยกรด HCl (a-SPH) พบว่า ความเข้มข้นกรดและเวลาย่อยสลายมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณแคลเซียม ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณออกซาเลต ($p > 0.05$) โดยความเข้มข้นกรดที่มากขึ้นนั้นสามารถสลายพันธะเพปไทด์ในโปรตีนและองค์ประกอบอื่นๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต และไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ พบว่าภาวะความเข้มข้นกรด HCl 6 นอร์มัล เวลาย่อยสลาย 24 ชั่วโมง มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด เท่ากับ 161.89 mg/100 g (Figure 1) ซึ่งสูงกว่าในน้ำนมพาสเจอไรซ์ (80.65 mg/100 g) แต่มีแคลเซียมน้อยกว่าตัวอย่างกากงาเริ่มต้น (2,274.95±160.23 mg/100 g) เนื่องจากแคลเซียมอาจอยู่ในส่วนกากงาที่ผ่านการกรองแยกออกไป ส่วนปริมาณออกซาเลตของ a-SPH มีแนวโน้มลดลง โดยการใช้กรด HCl ทั้งภาวะรุนแรง (6 นอร์มัล) และไม่รุนแรง (0.5 และ 1 นอร์มัล) มีปริมาณออกซาเลตไม่ต่างกัน (Figure 2) และ

น้อยกว่าตัวอย่างกากงา (1,031.37±60.95 mg/100 g) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใน a-SPH พบว่าความเข้มข้นของกรด HCl มากขึ้น เวลาย่อยสลายนานขึ้น มี %DH มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง โดย a-SPH มีค่าสูงสุดที่ภาวะความเข้มข้นกรด HCl 0.5 นอร์มัล ย่อยสลาย 12 และ 24 ชั่วโมง (Table 1) และ a-SPH มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำสุดที่ภาวะการย่อยด้วยกรด HCl เข้มข้น 6 นอร์มัล นาน 24 ชั่วโมง เนื่องจากการย่อยสลายด้วยกรดที่อุณหภูมิ 95°C เป็นอุณหภูมิสูง ทำให้สารประกอบฟีนอลิกเสื่อมสลายไปในระหว่างการย่อยสลาย (Liazid และคณะ, 2007) ส่วนประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของ a-SPH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 1) โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ภาวะย่อยสลายด้วยกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มัล นาน 24 และ 12 ชั่วโมง และ 0.5 นอร์มัล ย่อยสลาย 24 ชั่วโมง และพบว่า a-SPH จากการใช้กรด HCl เข้มข้น 6 นอร์มัล (ภาวะรุนแรง) สามารถย่อยสลายโปรตีนได้เป็นกรดอะมิโน จึงทำให้มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่า a-SPH การใช้กรด 1 นอร์มัล ดังนั้นภาวะที่เหมาะสม คือ a-SPH การย่อยสลายด้วยกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มัล นาน 12 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเติม a-SPH ในระบบกรดลิโนเลอิค สามารถยับยั้งการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้ดี (ร้อยละ 86-94) ตลอดระยะเวลาบ่ม (7 วัน) โดยใกล้เคียงกับระบบอิมัลชันที่เติม BHT (ร้อยละ 89-95) และมากกว่าระบบอิมัลชันที่เติม α-tocopherol (ร้อยละ 85-88) (Figure 3) ซึ่งถ้าปลายสาย N-terminal ประกอบด้วย aromatic amino acids เช่น ฟีนิลอะลานีน และไทโรซีน (Chanput และคณะ, 2009) เป็นกรดอะมิโนชนิดไฮโดรโฟบิก สามารถเพิ่มการทำปฏิกิริยากันระหว่างเพปไทด์กับกรดไขมันในระบบอิมัลชัน (Mendis และคณะ, 2005) สอดคล้องกับชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่พบใน a-SPH (Table 2) พบกรดอะมิโนวาลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน ไทโรซีน ทริปโตแฟน ฮิสติดีน เมทไธโอนีน ไกลซีนและฟีนิลอะลานีน ที่แสดงสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Zhang และคณะ, 2010)

สรุปผล

a-SPH จากภาวะย่อยสลายด้วยกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มัล เวลา 12 ชั่วโมง เป็นภาวะไม่รุนแรง พบปริมาณแคลเซียมปานกลาง มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูง สามารถยับยั้งการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้ดี ใกล้เคียงกับสารต้านอนุมูลอิสระทางการค้า (BHT) และมีประสิทธิภาพมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ (วิตามินอี) เหมาะสำหรับนำมาพัฒนาเป็นสารเสริมสุขภาพได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ประวิทย์ ตันติสุวิทย์กุล, 2547, งามีคุณค่ามากกว่าที่คิด, วารสารยาสมาคมร้านขายยา, 23(2): 54-55.

Adeniyi, S.A., Orjiekwe, C.L. and Ehiagbonare, J.E., 2009, Determination of Alkaloids and Oxalates in Some Selected Food Samples in Nigeria, African Journal of Biotechnology, 8(1): 110-112.

Bandyopadhyay, K. and Ghosh, S., 2002, Preparation and Characterization of Papain-Modified Sesame (*Sesamum indicum* L.) Protein Isolates, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(23): 6854-6857.

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(3): 422-428.

Cigic, B. and Zelenik-Blatnik, M., 2004, Preparation and Characterization of Chicken Egg White Hydrolysate, Acta Chimica Slovenica, 51(1): 177-188.

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.

Liazid, A., Palma, M., Brigui, J. and Barroso, C.G., 2007, Investigation on Phenolic Compounds Stability During Microwave-Assisted Extraction, Journal of Chromatography A, 1140(1-2): 29-34.

Mendis, E., Rajapakse, N., Byun, H.-G. and Kim, S.-K., 2005, Investigation of Jumbo Squid (*Dosidicus Gigas*) Skin Gelatin Peptides for Their in Vitro Antioxidant Effects, Life Sciences, 77(17): 2166-2178.

Pan, M., Jiang, T.S. and Pan, J.L., 2009, Antioxidant Activities of Rapeseed Protein Hydrolysates, Food and Bioprocess Technology, 1-9.

Radha, C., Kumar, P. R. and Prakash, V., 2008, Preparation and Characterization of a Protein Hydrolysate from an Oilseed Flour Mixture, Food Chemistry, 106(3): 1166-1174.

Singleton, V. and Rossi, J., 1965, Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents, Am J Enol Vitic, 16: 144 - 158.

Uchida, K. and Kawakishi, S., 1992, Sequence-Dependent Reactivity of Histidine-Containing Peptides with Copper (Ii)/Ascorbate, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40(1): 13-16.

Xie, Z., Huang, J., Xu, X. and Jin, Z., 2008, Antioxidant Activity of Peptides Isolated from Alfalfa Leaf Protein Hydrolysate, Food Chemistry, 111(2): 370-376.

Zhang, J., Zhang, H., Wang, L., Guo, X., Wang, X. and Yao, H., 2010, Isolation and Identification of Antioxidative Peptides from Rice Endosperm Protein Enzymatic Hydrolysate by Consecutive Chromatography and Maldi-Tof/Tof Ms/Ms, Food Chemistry, 119(1): 226-234.

Table 1 Effect of %DH on total phenolic compounds and DPPH-radical scavenging of a-SPH.

Concentration of HCl (N)	Hydrolysis time (hours)	% Degree of hydrolysis (%DH)	Total phenolic compounds (mg GAE/ 100 g sample)	DPPH scavenging (%)
0.5	12	37.00	2069.23±122.08^{a}	63.45±0.63^{d}
	24	41.84	1944.44±20.55^{a}	85.10±0.05^{b}
1	12	44.69	1539.32±22.97^{bc}	82.25±2.15^{ab}
	24	45.99	1642.74±22.82^{b}	85.74±0.21^{a}
6	12	51.49	1268.38±12.09^{cd}	78.68±0.21^{c}
	24	53.21	1231.62±95.49^{d}	79.42±0.69^{c}
F-test			*	*
LSD			274.78	2.45
C.V. (%)			6.95	1.21

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

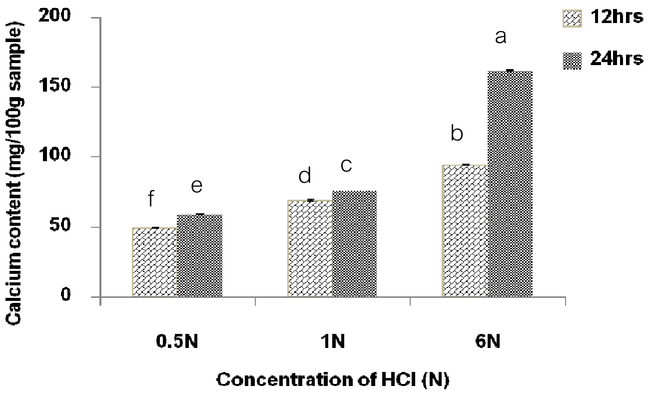


Figure 1 Calcium content of a-SPH.

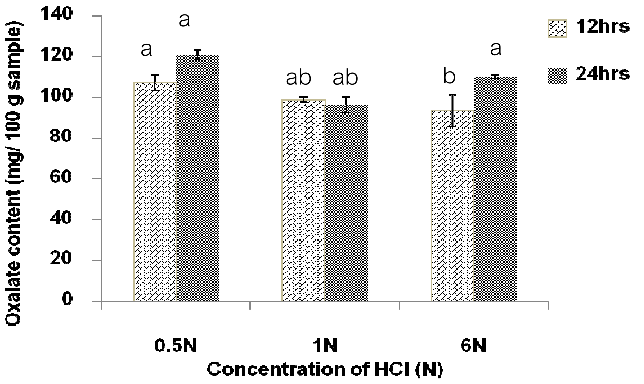


Figure 2 Oxalate content of a-SPH.

Table 2 amino acid composition of a-SPH at 1N HCl and hydrolysis time at 12 hrs.

amino acid	content	
	mg/100 g solution	Percentage (%)
Essentrial amino acid		
histidine	3.86	1.22
threonine	9.94	3.15
cystine	15.88	5.02
tyrosine	10.13	3.21
valine	4.71	1.49
methionine	7.22	2.28
lysine	18.14	5.74
isoleucine	3.12	0.99
leucine	9.38	2.97
Phenylalanine	5.27	1.67
Non essential amino acid		
aspartic acid	75.1	23.76
serine	10.81	3.42
glutamic acid	64.27	20.34
glycine	30.08	9.52
arginine	24.22	7.66
alanine	14.65	4.64
proline	9.27	2.93

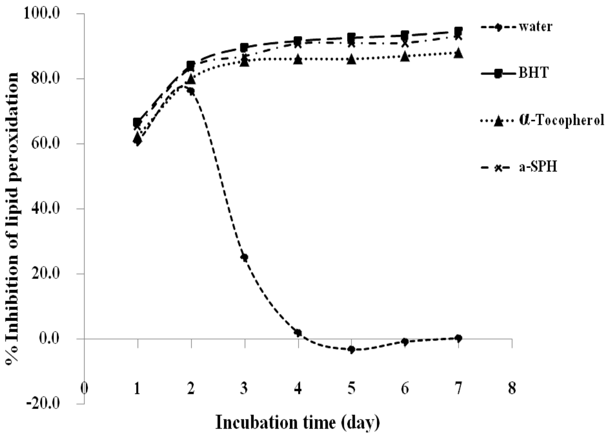


Figure 3 Lipid peroxidation measured in a linoleic acid model system for 7 days in the presence of a-SPH. α-tocopherol and BHT were used as positive control and distilled water was used as negative control.

สารหอมระเหยและสารอาหารของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาย่อยสลายด้วย Flavourzyme®

Volatile compounds and Bionutrient of Sesame Meal Protein Hydrolysate by Flavourzyme®

รัชฎาภรณ์ คะประสบ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Kaprasob, R.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Enzymatic Flavourzyme®-sesame meal protein hydrolysate (ef-SPH) were varied at 6 different enzyme concentrations at 0, 5, 10, 15, 20 and 25% (w/w of sesame meal) and hydrolysis times at 0.5, 3, 6, 12, 18 and 24 hrs under controlled pH 7.0 and temperature 50°C. Results showed that hydrolysis at 25% Flavourzyme® for 6 hrs served the optimum hydrolyzed condition to produce ef-SPH with the high degree of hydrolysis (DH) and %yield at 68.84 and 45.40%, respectively. Calcium and oxalate content of ef-SPH were 35.31 and 101.75 mg/100 g, respectively. Color of ef-SPH was light brown color which hue angle and L* values were 77.81 and 51.47, respectively. Volatile compounds of ef-SPH were identified by Dynamic headspace solid phase micro-extraction gas chromatography-mass spectrometry (DHS-SPME GC-MS). It was found that the predominant odorants were benzaldehyde, benzeneacetaldehyde, (E)-geranyl acetone, phenyl ethyl alcohol, octanoic acid, nonanoic acid and vinylguaiacol which % relative peak area was 6.75, 33.88, 7.73, 3.38, 3.23, 5.11 and 3.65, respectively. It had odor description with sweet, almond, chocolate, woody, honey, nutty, sweat and fatty. Sensory evaluation of ef-SPH was caramel and malt odor. Ef-SPH contained 17 free amino acids with arginine as the major amino acid.

Keywords: sesame meal, hydrolysed vegetable protein, enzymatic hydrolysis, volatile compounds

บทคัดย่อ

โปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme® (ef-SPH) โดยแปรปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 (%w/w ของกากงา) และระยะเวลาการย่อยสลาย 0.5, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ที่ pH 7 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 25 ย่อยสลายเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุด มีค่า %DH สูงเท่ากับร้อยละ 68.84 และได้ %yield เท่ากับ 45.40 มีปริมาณแคลเซียมและออกซาเลต เท่ากับ 35.31 และ 101.75 mg/100 g ตามลำดับ ef-SPH มีสีน้ำตาลอ่อน (hue angle = 77.81, L* = 51.47) และวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace solid phase micro-extraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME GC-MS) พบองค์ประกอบของสารหอมระเหยสำคัญ ได้แก่ benzaldehyde, benzeneacetaldehyde, (E)-geranyl acetone, phenyl ethyl alcohol, octanoic acid, nonanoic acid และ vinylguaiacol ซึ่งมี % relative peak area เท่ากับ 6.75, 33.88, 7.73, 3.38, 3.23, 5.11 และ 3.65 ตามลำดับ โดยมีลักษณะเป็นกลิ่นหวาน อัลมอลต์ กลิ่นช็อคโกแลต กลิ่นเนื้อไม้ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นถั่ว กลิ่นเปรี้ยวและกลิ่นน้ำมัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบลักษณะกลิ่นคาราเมล และมอลต์ และมีปริมาณกรดอะมิโน 17 ชนิด โดยพบอาร์จินีนมากที่สุด

คำสำคัญ: กากงา โปรตีนไฮโดรไลเซท การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ สารหอมระเหย

คำนำ

โปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืช (hydrolysate vegetable protein: HVP) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญและเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในอาหารแปรรูป เช่นซุปก้อน ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์นมและกาแฟ เป็นต้น (Bandyopadhyay และคณะ, 2008) ซึ่งได้จากการไฮโดรไลซ์วัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง (ถั่วเหลือง รำข้าว ถั่วเขียวและถั่วลิสง) ได้เป็นกรดอะมิโน เพปไทด์ และสารประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ วัตถุดิบที่น่าสนใจซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมัน ได้แก่ กากงา (defatted sesame meal) มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 40-50 มีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบสูง คือ เมทไธโอนีน และซิสทิอีน ซึ่งพบน้อยในพืชชนิดอื่น ยังพบกลูตามิกซึ่งช่วยให้กลิ่นรสที่ดี นอกจากนี้งามี

[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

แคลเซียมสูง มากกว่าพืชอื่น ๆ ถึง 40 เท่า (ประวิทย์, 2547) และมากกว่านมวัวถึง 6 เท่า ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของกากงา คือการนำมาผลิตเป็น HVP ถึงแม้มีรายงานการผลิต HVP จากกากงาด้วยเอนไซม์โบรมิเลน รวมทั้งปาเปนใช้เป็นสารปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (Bandyopadhyay และ Ghosh, 2002) ความสามารถในการจับกับน้ำและน้ำมัน (Taha และ Ibrahim, 2002) ความสามารถในการเกิดโฟม (Khalid และคณะ, 2003; Onsaard และคณะ, 2010) การละลายน้ำ การเกิดเจล และความสามารถในการไหล (Moure และคณะ, 2006) แต่ไม่มีงานวิจัยผลิต HVP จากกากงาย่อยสลายด้วย Flavourzyme® ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส รวมทั้งเป็นแหล่งของสารอาหาร มีกรดอะมิโน เพปไทด์และแคลเซียมสูง ดังนั้นงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากงา ซึ่งมีสารอาหารเพปไทด์ และกรดอะมิโนที่จำเป็นรวมทั้งมีแคลเซียมสูง ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ไม่ต้องผ่านกระบวนการย่อยภายในร่างกาย รวมทั้งเป็นแหล่งของโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์ และแคลเซียมจากนม เหมาะสำหรับผู้ที่แพ้นมวัว

อุปกรณ์และวิธีการ

สกัดน้ำมันออกจากเมล็ดงาด้วยเครื่องหีบน้ำมัน และเฮกเซนอีก 2 ครั้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ แล้วเติมน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อในอัตราส่วน 1:20 ผสมให้เข้ากัน และนำมาปรับ pH ให้เป็น 7.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1N ตั้งย่อยที่อุณหภูมิ 50°C นาน 15 นาที เติมเอนไซม์ Flavourzyme® โดยแปรปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 ต่อน้ำหนักกากงาเริ่มต้น และระยะเวลาการย่อยสลาย 0.5, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นแยกตะกอนออกโดยนำใส่หลอดเซนตริฟิวส์ ปั่นที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที และนำ ef-SPH ที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี–กายภาพ ดังนี้ วิเคราะห์ร้อยละการย่อยสลาย (degree of hydrolysis, DH) โดยวิธี Trichloroacetic acid (TCA) ตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) ร้อยละผลผลิตได้ (%yield) โดยทำการระเหยน้ำออกจนได้สารละลายข้นหนืด ค่า L*, a*, b* และ hue angle ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab รุ่น MiniScan®EZ) และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ปริมาณแคลเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) และออกซาเลตตามวิธีของ Adeniyi และคณะ (2009) และส่วนที่ทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง rotary evaporator นำไปวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace solid phase micro-extraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME GC-MS) ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 2cm-50/30µm DVB/Carboxen™/PDMS StableFlex™ อุ่นสารตัวอย่างปริมาตร 4 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหยเป็นเวลา 20 นาที และนำเข้าเครื่อง GC ที่อุณหภูมิ injector 240°C นาน 20 นาที ด้วยวิธี splitless ใช้คอลัมน์ DB-WAX และก๊าซฮีเลี่ยมเป็นตัวพา ที่อัตราการไหลคงที่ คือ 1.0 mL/นาที ตั้งโปรแกรมระบบ อุณหภูมิของ oven ที่ 55°C คงไว้ 2 นาที จากนั้นเพิ่มทีละ 5°C/นาที จนถึง 180°C คงไว้ 5 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิอีกทีละ 8°C/นาที จนถึง 220°C คงไว้ 10 นาที วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan rage 33-350 amu) ที่อุณหภูมิ 230°C และแปลผลเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ % quality match ร้อยละ 80 คำนวณ Retention Indices (RI) เทียบกับสารมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkanes) วางแผนการทดลองแบบ 6 x 6 Factorial in Completely Randomized Design ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1997) และทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบ Quantitative descriptive analysis (QDA) ด้วย 5 point scoring test โดยผู้ทดสอบฝึกฝน 5 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนของ ef-SPH ภาวะที่เหมาะสมด้วยเครื่อง HPLC

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาที่ย่อยสลายด้วย Flavourzyme® (activity 174,285 unit/g Flavourzyme®) (ef-SPH) พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาย่อยสลายมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าระดับการย่อยสลาย (%DH) ปริมาณแคลเซียมและออกซาเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อ%yield ($p > 0.05$) โดย ef-SPH มีค่า %DH สูงสุดที่ความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 25 ย่อยสลาย 12 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 81.23 ซึ่งไม่แตกต่างจากการย่อยสลาย 24 และ 18 ชั่วโมง (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับ %yield มีค่าสูงสุดที่เวลาย่อยสลาย 18 ชั่วโมง (Figure 2) เท่ากับร้อยละ 61.31 โดย %DH และ %yield เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาย่อยสลาย 0-0.5 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึง 3 ชั่วโมง และอัตราการย่อยสลายมีค่าไม่แตกต่างกัน หรือเริ่มคงที่ เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งเป็นผลมาจากบริเวณตัดจำเพาะในสายเพปไทด์ลดลง และเอนไซม์อาจไม่อยู่ในสภาพที่ทำงานได้ (enzyme inactivation) (Constantinides และ Adu, 1980) นอกจากนี้

ef-SPH ที่ปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 20 และ 25 นาน 24 ชั่วโมง มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด เท่ากับ 49.35 และ 45.86 mg/100g ตามลำดับ แต่ปริมาณออกซาเลตสูงสุดที่ปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 25 นาน 3 ชั่วโมง เท่ากับ 112.75 mg/100g ซึ่งไม่แตกต่างกับภาวะความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 20 ย่อยสลาย 24 ชั่วโมง แต่ทุกภาวะย่อยสลายมีแคลเซียมและออกซาเลตน้อยกว่าตัวอย่างกากงาเริ่มต้น (แคลเซียมและออกซาเลต เท่ากับ 2,274.95 และ 1,584.32 mg/100g ตามลำดับ) และ ef-SPH จากทุกภาวะการย่อยสลายมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 43.41-63.97 มีค่าความเป็นสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 0.15-4.77 และมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 7.59-18.26 โดยลักษณะปรากฏมีสีน้ำตาลอ่อน (hue angle = 74.07-89.05) และพบว่าภาวะที่มีค่า ΔE มากสุด คือ ef-SPH ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 20, 25 และ 15 ย่อยสลาย 0.5 ชั่วโมง มีค่า ΔE เท่ากับ 10.70, 9.80 และ 9.13 ตามลำดับ และพบสารหอมระเหยของ ef-SPH เพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณเอนไซม์ และเวลาย่อยสลายนานขึ้น มี %relative peak area ของสารแตกต่างกันไปตามภาวะย่อยสลาย ซึ่งสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นน้ำมันและกลิ่นวนิลาลดลง แต่ลักษณะของกลิ่นควัน (vinylguaiacol) เพิ่มมากขึ้น โดยพบ sorbic acid มากขึ้น แต่พบ benzaldehyde และ benzeneacetaldehyde น้อยลง ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ef-SPH คือ Flavourzyme® เข้มข้นร้อยละ 25 ย่อยสลาย 6 ชั่วโมง มี %DH และ %yield สูง เท่ากับร้อยละ 73.84 และ 45.39 ตามลำดับ มีปริมาณแคลเซียมและออกซาเลต เท่ากับ 35.32 และ 101.75 mg/100g ตามลำดับ และพบสารหอมระเหย 23 ชนิด ดังโครมาโทแกรม (Figure 3, Table 1) มีลักษณะเป็นกลิ่นหวาน อัลมอลต์ ช็อคโกแลต เนื้อไม้ เปรี้ยวและกลิ่นไขมัน ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Figure 4) รวมทั้งพบกรดอะมิโน 17 ชนิด กรดอะมิโนที่พบมากสุด คือ อาร์จินีน พบร้อยละ 16.38 ของกรดอะมิโนทั้งหมด รองลงมาคือ กรดกลูตามิก ลิวซีน เซอรีน และวาลีน และพบว่ารสชาติของกรดอะมิโนที่พบส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนที่มีรสขม ได้แก่ ลิวซีน และวาลีน ส่วนอาร์จินีนและเซอรีน เป็นกรดอะมิโนที่มีรสหวาน อีกทั้งยังพบกรดกลูตามิก ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ให้รสอูมามิ หรือรสอร่อย (Tsai และคณะ, 2009) ให้ผลสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบรสขม (Figure 4) นอกจากนี้ ef-SPH ยังประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็น เห็นได้ว่าการย่อยสลายด้วยเอนไซม์สามารถกำหนดขอบเขตของการย่อยสลายได้ โดยการย่อยที่ความเข้มข้นอนไซม์ต่ำ กลิ่น ef-SPH เป็นแนวหวาน อัลมอลต์ แต่การใช้ความเข้มข้นเอนไซม์สูง ทำให้ลักษณะแนวกลิ่นของสารหอมระเหยของ ef-SPH เป็นแนวอาหารคาว และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลิ่นซีอิ๊ว

สรุปผล

ภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต ef-SPH จากกากงาด้วยเอนไซม์ Flavourzyme® คือปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 25 ย่อยสลาย 6 ชั่วโมง มีค่า %DH และ %yield สูง มีปริมาณแคลเซียมสูงและออกซาเลตต่ำ และพบสารหอมระเหยให้กลิ่นรสแบบกลิ่นหวาน อัลมอลต์ กลิ่นช็อคโกแลต กลิ่นเนื้อไม้ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นถั่ว กลิ่นเปรี้ยวและกลิ่นน้ำมัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบลักษณะกลิ่นคาราเมลและมอลต์ รวมทั้งประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ ฮีสติดีน ทรีโอนีน ไทโรซีน วาลีน เมทไธโอนีน ไลซีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน และฟีนิลอะลานีน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. – อุตสาหกรรม (MAG Window I) บริษัท ซองเดอร์ ไทยออร์กานิค ฟูด จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเมล็ดงา

เอกสารอ้างอิง

ประวิทย์ ตันติสุวิทย์กุล, 2547, งามีคุณค่ามากกว่าที่คิด, วารสารยาสมาคมร้านขายยา, 23(2): 54-55.

Adeniyi, S.A., Orjiekwe, C.L. and Ehiagbonare, J.E., 2009, Determination of Alkaloids and Oxalates in Some Selected Food Samples in Nigeria, African Journal of Biotechnology, Vol. 8, No. 1, pp. 110-112.

Bandyopadhyay, K. and Ghosh, S., 2002, Preparation and Characterization of Papain-Modified Sesame (*Sesamum indicum* L.) Protein Isolates, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(23): 6854-6857.

Bandyopadhyay, K., Misra, G. and Ghosh, S., 2008, Preparation and Characterization of Protein Hydrolysates from Indian Defatted Rice Bran Meal, Journal of Oleo Science, Vol. 57, No. 1, pp. 45-52.

Constantinides, A. and Adu-Amankwa, B., 1980, Enzymatic Modification of Vegetable Protein: Mechanisms, Kinetics and Production of Soluble and Partially Soluble Protein in a Batch Reactor, Biotechnology and Bioengineering, 30: 1543-1565.

Khalid, E.K., Babiker, E.E. and El Tinay, A.H., 2003, Solubility and Functional Properties of Sesame Seed Proteins as Influenced by pH and/or Salt Concentration, Food Chemistry, 82(3): 361-366.

Moure, A., Sineiro, J., Dominguez, H. and Parajo, J.C., 2006, Functionality of Oilseed Protein Products: A Review, Food Research International, 39(9): 945-963.

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.

Onsaard, E., Pomsamud, P. and Audtum, P., 2010, Functional properties of sesame protein concentrates from sesame meal, Asian Journal of Food and Agro-Industry, 3(4): 420-431.

Sinha, R., Radha, C., Prakash, J. and Kaul, P., 2007, Whey Protein Hhydrolysate: Functional Properties, Nutritional Quality and Utilization in Beverage Formulation, Food Chemistry, 101(4): 1484-1491.

Tsai, S.-Y., Huang, S.-J., Lo, S.-H., Wu, T.-P., Lian, P.-Y. and Mau, J.-L., 2009, Flavour Components and Antioxidant Properties of Several Cultivated Mushrooms, Food Chemistry, 113(2): 578-584.

Taha, F.S. and Ibrahim, M.A., 2002, Effect of Degree of Hydrolysis on the Functional Properties of Some Oilseed Proteins, Grasas y Aceites, 53(3): 273-281.

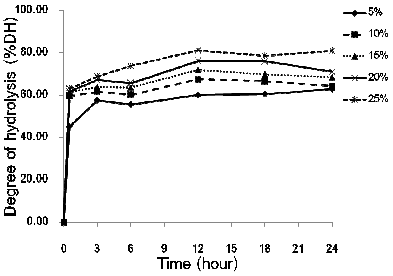


Figure 1 Degree of hydrolysis of ef-SPH.

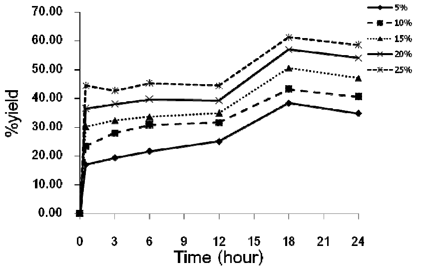


Figure 2 Yield percentage of ef-SPH.

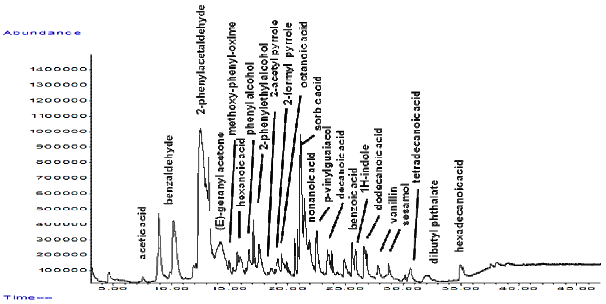


Figure 3 GC-MS chromatogram of volatile compounds from ef-SPH at 25% Flavourzyme® 6 hrs.

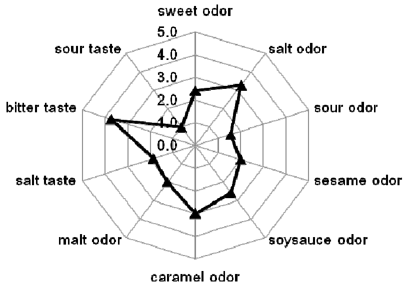


Figure 4 Flavor profile of sensory evaluation of ef-SPH at concentration of enzyme 25% (%w/w of sesame meal) and hydrolysis time at 6 hrs.

Table 1 Volatile compounds in sesame meal protein hydrolysate at 25% Flavourzyme® and hydrolysis time at 6 hrs.

Volatile compounds	RI	% relative peak area	odor description*
benzaldehyde	1429	6.75	almond, burnt sugar
Benzeneacetaldehyde (2-phenylethanal)	1553	33.88	apple, apricot, chocolate, honey, green, nutty, sweet
(E)-geranyl acetone	1665	7.73	apple, rose, woody, green, vegetable
methoxy-phenyl-oxime	1684	0.83	-
hexanoic acid	1740	4.13	sweat
phenyl alcohol	1807	2.43	sweet, flower
phenylethyl alcohol	1855	3.38	honey, rose
2-acetyl pyrrole	1912	1.49	walnut, nut, sweet, licorice
2-formyl pyrrole	1937	1.74	ethereal
octanoic acid	1954	3.23	sweat, cheese
sorbic acid	1964	9.13	bland
nonanoic acid	2110**	5.11	fatty
2-methoxy-4-vinylphenol (vinylguaiacol)	2190**	3.65	medicinal, woody, spicy, smoke, clove, curry
decanoic acid	2264**	3.42	rancid, fat
benzoic acid	2432**	1.75	urine
1H-indole	2426**	1.76	floral odor
dodecanoic acid	2488**	3.50	fatty
vanillin	2543**	1.96	vanilla
1,3 benzodioxol-5-ol (sesamol)	-	0.37	-
tetradecanoic acid	2679**	1.17	waxy, oily
dibutyl phthalate	2726**	1.14	-
hexadecanoic acid	2756**	1.07	oily

RI = Retention indices,* มาจาก http://flavornet.org/flavornet.html, ** มาจาก http://webbook.nist.gov

อิทธิพลของการพรีเจลาติไนเซชั่นต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 1

Effects of Pregelatinization on Physico-chemical Properties of Flour of Germinated Brown Rice cv. Chainat 1

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

The physico-chemical properties of pregelatinized flour of germinated brown rice cv. Chainat 1 were conducted. Single screw extruder was used to produce pregelatinized flour which extruded conditions were controlled at three varied levels of barrel temperature (60, 80, 100 °C) and flour: water ratio (3:1, 2:1, 1:1). Result showed that barrel temperature and flour: water ratio did not effect on GABA content but vitamin B1 content was decreased with the increasing of temperature. Pasting temperature and viscosity of pregelatinized flour were lower compared to the control flour. Increasing barrel temperature caused less values of pasting temperature but swelling power of pregelatinized flour was increased. Pregelatinized flour produced from 1:1 flour: water ratio at 60 ºC barrel temperature had the greatest solubility.

Keywords: germinated brown rice, pregelatinized flour, extrusion, vitamin B1, GABA

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านกระบวนการพรีเจลาติไนซ์ โดยเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ ที่แปรอุณหภูมิ 3 ระดับ (60, 80, 100 °C) และแปรอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำ 3 ระดับ (3:1, 2:1, 1:1) พบว่า อุณหภูมิ และอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำไม่มีผลพลต่อปริมาณกาบ้า แต่มีผลให้ปริมาณวิตามินบี 1 ลดลงเมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้น อุณหภูมิในการเกิดเจล และความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับแป้งที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ และเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการพรีเจลาติไนเซชั่นสูงขึ้น อุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งมีค่าลดลง และค่าการพองตัวมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ที่สภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 60 °C และใช้อัตราส่วนของแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:1 แป้งข้าวกล้องงอกผ่านกระบวนการพรีเจลาติไนซ์มีค่าการละลายสูงที่สุด

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก แป้งพรีเจล เอกซ์ทรูชั่น วิตามินบี 1 กาบ้า

Introduction

Pregelatinization is a process which suspensions of flour or starch are cooked and dried. The pregelatinized flour can disperse readily in cold water and form moderately stable suspensions. Pregelatinized rice flour has been widely used as a bulking agent or thickening agent or major ingredient in instant foods due to its easily soluble in cold water property (Mason, 2009). Production of pregelatinized rice flour gives a value added to rice. There are many researches study the production of pregelatinized rice flour but less is related to germinated brown rice flour. Germinated brown rice (GBR) is brown rice soaked in water to induce slight germination, which was shown by 1-2 millimeters of grown out root. During the process, endosperm is softened and enzymes are activated, nutrients in the brown rice change markedly such as protein, dietary fiber, γ-aminobutyric acid (GABA), γ-oryzanol, inositols, tocotrienols, vitamin B_1, magnesium, potassium and zinc are increase and phytic acid is decrease (Watchraparpaiboon, 2007). Not only the chemical properties of

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนน ราชวิถี แขวง/ตำบล ทุ่งพญาไท เขต/อำเภอ ราชเทวี จังหวัด กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10400

[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi RD., Ratchathewi District, Bangkok 10400

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

germinated brown rice are changed, in the germination process, enzymes are activated, α-amylase is an important enzyme that affects amylose content, it causes reduction of amylose content in germinated brown rice, resulting in loss of viscosity (Jiamyangyuen and Ooraikul, 2008). With all these changes, physical properties of flour are altered. However, the gelatinization temperature of flour is not low enough to make the flour soluble in cold water. Thus this study aims to evaluate the physico-chemical properties of pregelatinized flour of germinated brown rice cv. Chainat 1 by single screw extruder.

Materials and Methods

Chainat 1 brown rice was 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 of rice was long for 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 flours 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 physico-chemical properties of pregelatinized germinated brown rice flour. Vitamin B1 and GABA were analyzed according Liu *et al*. (2002) and Kitaoka and Nakano (1969). Pasting properties were determined by using RVA. Swelling power and solubility were determined by the method of Schoch (1964) and Unnikrishnan and Bhattacharya (1981).

Results and Discussion

GABA content in germinated brown rice and pregelatinized flour was 27.34 and 27.06 to 27.91 mg/100 g (dry basis). GABA content of pregelatinized flour from all conditions were not difference from the unprocessed germinated brown rice flour (Figure 1). This is in agreement with Ohtsubo *et al.* (2005), who reported that GABA content of extruded germinated brown rice by twin screw extruder at 150 °C was not decreased, compared to unprocessed germinated brown rice. This is due to GABA can withstand temperature exceed than 135°C (Hayakawa *et al.,* 2004). In this study the temperature was lower therefore GABA was not destroyed. Vitamin B1 content in germinated brown rice and pregelatinized flour was 0.6027 and 0.4829 to 0.6083 mg/100 g (dry basis). Increasing the temperature caused losing the vitamin B1 content. Vitamin B1 content in pregelatinized flour produced at 60°C was similar to the unprocessed flour but increasing temperature to 80 and 100 °C caused reduction of vitamin B1 content. Highest reduction was found in pregelatinized flour produced at 100 °C (Figure 2). In this study water content of flour had no effect on the vitamin B1 content. Although extrusion is a high temperature short time (HTST) processing, but vitamin B1 is one of the most unstable B vitamins and can be destructed at the temperature of 70 °C (Asadullah *et al*., 2010). Increasing temperature also caused the reduction of pasting temperature of pregelatinized flour. At 60 °C, pasting temperature was not reduced but at 80 °C, pasting temperature was decreased and lowest at 100 °C (Figure 3). Peak viscosity of pregelatinized flour also decreased (Figure 4). This finding is due to the fact that when starch granule was heated with water, swelling, rupture, crystallinity loss and amylose leaching were occurred thus pregelatinized flour could absorb water and raise viscosity instantly. Consequently, when the pregelatinized flour was reheated, it caused a decrease in paste viscosity (Musiliu and Oludele, 2009). The pregelatinized flour showed higher swelling ability and percentage of solubility than the unprocessed flour (Figure 5 and 6). This showed that during pregelatinization the disruption of the starch granule took place (Chinnasarn and Manyasi, 2010). In this study increasing temperature and water in pregelatinization process caused higher swelling ability due to the fact that hydrogen bonds were destroyed with increasing of temperature and water acts as a plasticizer, which diminishes the degradation of starch granules, resulted in increasing capacity of water absorption therefore the flour had high swelling ability (Hagenimana *et al*., 2005). Percentage solubility was highest when the lowest temperature (60 °C) and highest moisture content (1:1

flour:water ratio) was used. This indicated that the starch granule of pregelatinized flour in this condition had greatest degradation. This outcome was in agreement with Rolfe *et al*. (2001) who reported that higher barrel temperature diminished solubility.

Summary

Pregelatinization by extrusion had no effect on GABA content. Vitamin B1 content was decreased with the increasing of temperature. Pregelatinization caused decrease pasting temperature and viscosity. Higher temperature in pregelatinization gave lower pasting temperature of pregelatinized flour. Swelling power was increased when the barrel temperature increased. Pregelatinized flour produced from 1:1 flour: water at 60 ºC had highest solubility.

Literature cited

Watchraparpaiboon, W., 2007, Development of High Nutritional Product of Germinated Brown Rice (Dissertation), King mongkut's university of technology thonburi, 107p.

Mason, WR., 2009, Starch use in Foods. In: BeMiller JN, Whistler RL, editor. Starch: Chemistry and Technology, 3rd ed. New York: Academic Press, p. 746-795.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T., 2005, Bio-functional Components in the Processed Pre-germinated Brown Rice by a Twin-screw Extruder, Journal of Food Composition and Analysis, 8: 303-306.

Hayakawa, K., Kimura, M., Kasaha, K., Matsumoto, K., Sansawa, H. and Yamori, Y., 2004, Effect of a Gamma-aminobutyric acid-enriched Dairy Product on the Blood Pressure of Spontaneously Hypertensive and Normotensive Wistar-Kyoto Rats, British Journal of Nutrition, 92(3): 411-417.

Asadullah, K., Omer, M.T., Syed, A.A., Khalid, J. and Askari, B., 2010, Study to Evaluate the Impact of Heat Treatment on Water Soluble Vitamins in Milk, Journal Pakistan Medical Association, 60(11): 909-912.

Musiliu, O.A. and Oludele, A.I., 2010, Material Properties and Compaction Characteristics of Natural and Pregelatinized forms of Four Starches, Carbohydrates Polymer.

Chinnasarn, S. and Manyasi, R., 2010, Chemical and Physical Properties of Taro Flour and the Application of Restructured Taro Strip Product, World Applied Science Journal, 9(6): 600-604.

Hagenimana, A., Ding, X. and Fang, T., 2006, Evaluation of Rice Flour Modified by Extrusion Cooking, Journal of Cereal Science, 43: 38–46.

Rolfe, J.B., Kadan, R.S., Champagne, B.T. And Boykin, D., 2001, Functional and Digestive Characteristics of Extruded Rice Flour, Cereal Chemistry, 78(2): 131–137.

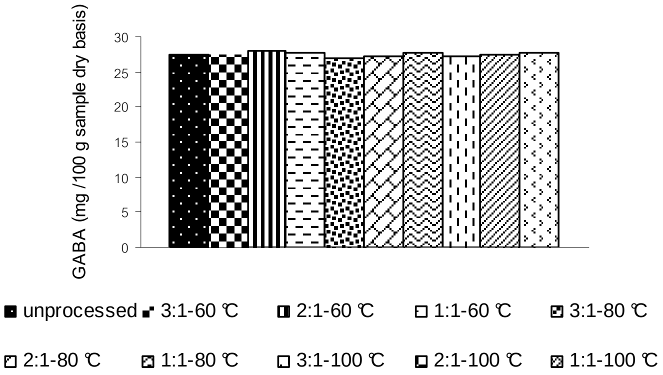


Figure 1 GABA contents of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

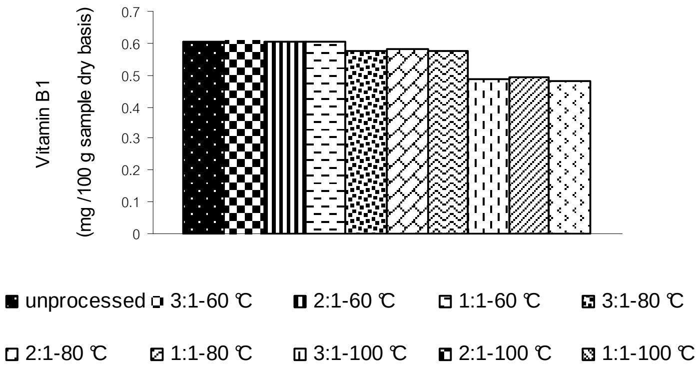


Figure 2 Vitamin B1 contents of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

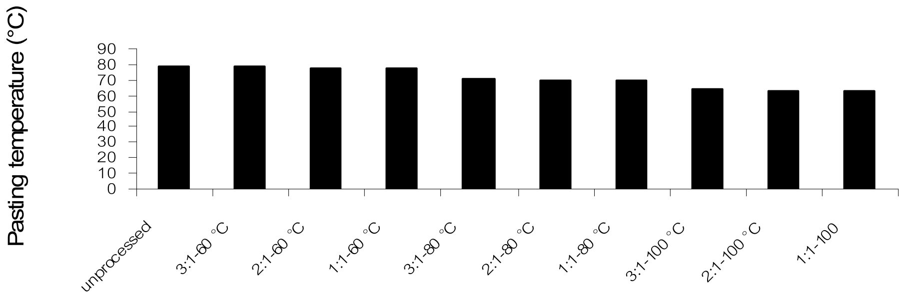


Figure 3 Pasting temperature of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

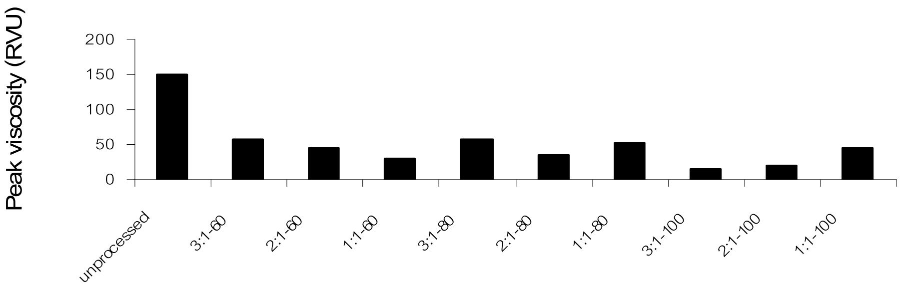


Figure 4 Peak viscosity of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

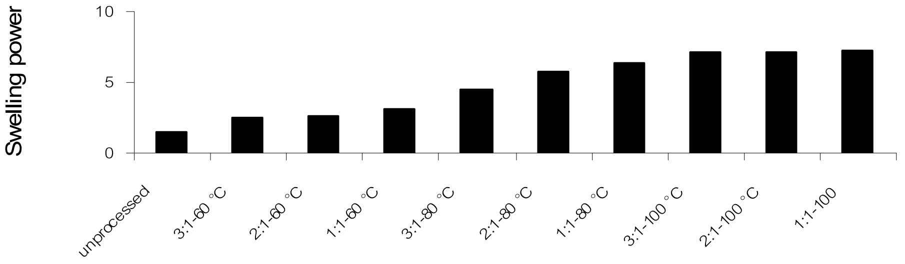


Figure 5 Swelling power of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

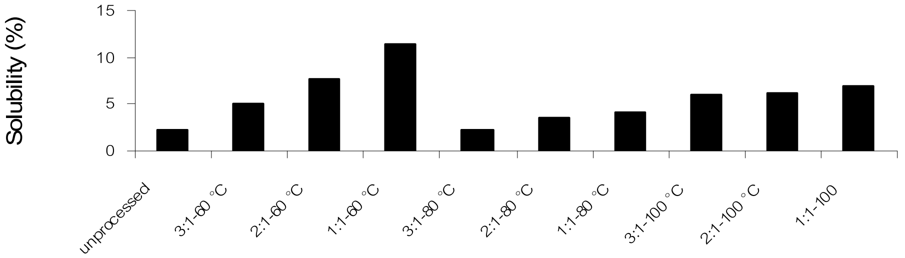


Figure 6 Solubility of germinated brown rice and pregelatinized germinated brown rice flours.

คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรด

Antioxidant Capacity of *Ulva intestinalis* 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

Hydrolysates from *Ulva intestinalis* was hydrolyzed by hydrochloric acid (HCl) at 1 and 6 N and hydrolysis time for 6 and 12 h compared with hydrolyzed by hot water at 121°C for 1 h. Results showed that *Ulva intestinalis* hydrolysate with 6 N HCl for 12 h gave the highest percentage of degree hydrolysis (%DH) at 71.09%. The highest antioxidant activity of hydrolysate determined according to the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity assays was found that hydrolysates hydrolyzed with 1 N HCl for 12 h was 92.4% or 0.48 mMTrolox/L. However, hydrolysate with 1 N HCl for 6 h exhibited the highest total phenolic content (741.19 mg/100g) determined by Folin-Ciocalteau method

Keywords: *Ulva intestinalis*, antioxidant activity, DPPH, total phenolic content

บทคัดย่อ

การไฮโดรไลซ์สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 และ 6 นอร์มัล เป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการใช้น้ำร้อน 121 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง พบว่า การไฮโดรไลซ์สาหร่ายไส้ไก่ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มัล เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้ค่าระดับการย่อยสลายสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 71.09 เมื่อศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity method พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 1 นอร์มัล 12 ชั่วโมง มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 92.40 ซึ่งเท่ากับ 0.48 mMTrolox/L แต่การไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล 6 ชั่วโมง มีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุดเท่ากับ 741.19 mg/100g วิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteau

คำสำคัญ: *Ulva intestinalis* สารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

คำนำ

สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) จัดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) มีลักษณะเป็นท่อกลวง ต้นอ่อนอาจเรียบ ต้นแก่มีรอยยับย่นคล้ายไส้ไก่ สีเขียวเหลือง ถึงเขียวเข้มที่ส่วนโคนต้นมีรากเล็กๆ ยึดเกาะกับวัสดุต่างๆ เช่น ก้อนหิน เปลือกหอย เศษกิ่งไม้ โดยทั่วไปนิยมนำสาหร่ายไส้ไก่มาใช้ในการบำบัดคุณภาพน้ำในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ประหยัด, 2550) และนำมาเลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำ (ชลอ และคณะ, 2551) สาหร่ายไส้ไก่ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 35.5 และโปรตีน ร้อยละ 10.5 แต่มีไขมันต่ำ เพียงร้อยละ 2.9 (Rohani-Ghadikolaei และคณะ, 2011) มีแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญ ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส เหล็ก และอุดมด้วยวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบีรวม ทั้งบี1 บี3 บี9 และบี12 (ปัทมา และคณะ, 2552) อีกทั้งยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น ทริโอนีน ไลซีน ทริปโตเฟน ซิสเตอีน เมทไทโอนีน และฮิสทิดีน (Galland-Irmouli และคณะ, 1999) มีรายงานการวิจัยพบว่า สารสกัดสาหร่ายไส้ไก่มีคุณสมบัติทางการแพทย์ โดยเป็น ยาปฏิชีวนะ สารต้านแบคทีเรีย รา และเนื้องอก เป็นต้น (ชลอ และคณะ, 2551) ถึงแม้การบริโภคสาหร่ายไส้ไก่จะได้สารอาหารประเภทโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่เป็นกากใยสูง แต่ร่างกายไม่สามารถย่อยสารอาหารนี้ได้ในระบบทางเดินอาหารและดูดซึมสารอาหารได้โดยตรง (Fitzgerald และคณะ, 2011) จากการที่สาหร่ายไส้ไก่มีคุณค่าสารอาหารที่ดี และยังมีสารพฤกษเคมีที่หลากหลาย จึงเหมาะในการนำมาทำเป็นสารเสริมสุขภาพ โดยการนำสาหร่ายมาแปรรูปโดยการไฮโดรไลเซท หลังการไฮโดรไลซ์ได้โพลีแซคคาไรด์ โปรตีนสายสั้นและสารประกอบอื่นๆ เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามิน แร่ธาตุ (Arranz และ Calixto, 2010) วิธีการไฮโดรไลเซทที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ การใช้กรด ด่าง และเอนไซม์ (Hudson, 1992) ซึ่งการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดมีข้อดี คือ ใช้ระยะเวลาสั้น ระดับการย่อยสลายสูง และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสดี มีรายงานการศึกษาการไฮโดรไลเซทพืชด้วยกรด เช่น กากถั่วเหลืองและถั่ว

[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

เขียว (อัญชลี, 2548) กากถั่วเหลือง (Manley และ Fagerson, 1970) และเห็ด (มัลลิกา, 2552) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

นำสาหร่ายไส้ไก่ล้างทำความสะอาด บดให้ละเอียดด้วยเครื่อง Hammer mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช จากนั้นบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสาหร่ายไส้ไก่มาไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริก โดยใช้ความเข้มข้นกรดที่ 1 และ 6 นอร์มัล เวลาย่อยสลาย 6 และ 12 ชั่วโมง ย่อยที่ 95 องศาเซลเซียส และใช้น้ำร้อน 121 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 นอร์มัล โดยให้มีพีเอชประมาณ 6 จากนั้นกรองแยกกากออกด้วยกระดาษกรอง No. 1 วิเคราะห์ระดับการย่อยสลาย (%DH) หลังจากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่ความดัน 57 บาร์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ระดับการย่อยสลาย (%DH)

วัดระดับการย่อยสลายตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) นำไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ไม่ได้ระเหยตัวทำละลายออก 2.5 มิลลิลิตร ใส่หลอด centrifuge เติมกรดไตรคลอโรอะซิติก (trichlotoacetic acid: TCA) เข้มข้นร้อยละ 20 ในปริมาตร 2.5มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันประมาณ 2 นาที แล้วนำไปเซนตริฟิวส์ด้วยความเร็ว 6,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที นำส่วนของเหลวใสด้านบนไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl และนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร

$$\text{ระดับการย่อยสลาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{20 \% TCA soluble–N}}{\text{Total-N}} \times 100$$

โดยที่ Total –N = ร้อยละไนโตรเจนในวัตถุดิบ

20% TCA soluble-N = ร้อยละไนโตรเจนที่ละลายได้ใน TCA

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds)

วิเคราะห์ปริมาณ total phenolics compounds ของไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีของ Singleton และคณะ (1965) โดยใช้ไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ 50 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 950 ไมโครลิตร เติม 10% Folin-Ciocalteu phenol reagent และ 7.5% Na_2CO_3 ผสมให้เข้ากัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตรคำนวณปริมาณ total phenolic compounds เทียบจากกราฟมาตรฐานของ gallic acid (0.2-1 mg/ml)

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) scavenging activity method ดัดแปลงวิธีของ Devi และคณะ. (2008) โดยผสมไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ 1 ml กับสารละลาย $DPPH^{\bullet}$ 1 ml ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณ %DPPH scavenging effect ดังสมการ

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

เมื่อ A_{cont} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ control (น้ำกลั่น + $DPPH^{\bullet}$)

A_{blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสีตัวอย่าง (ไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ + น้ำกลั่น + เอทานอล)

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

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการไฮโดรไลซ์สาหร่ายไส้ไก่ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 1 และ 6 นอร์มัล ย่อยเป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง และน้ำร้อน 121 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มัล ที่เวลา 6 และ 12 ชั่วโมง มีร้อยละระดับการย่อยสลาย (%DH) เท่ากับ 32.6 และ 44.87 ตามลำดับ ส่วนการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl เข้มข้น 6 นอร์มัล ที่เวลา 6 และ 12 ชั่วโมง มี %DH เท่ากับ 58.23 และ 71.09 ตามลำดับ แต่การไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อน 121 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง มี %DH ต่ำที่สุด เท่ากับ 23.39 (Figure 1) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรด HCl และเวลาการไฮโดรไลซ์นานขึ้น ทำให้ %DH สูงขึ้น เนื่องมาจากความเข้มข้นของกรด HCl ที่สูงสามารถไฮโดรไลซ์คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Peterson และ Johnson, 1978; Kaewka และคณะ, 2009) ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่เมื่อใช้กรด HCl และน้ำร้อน พบว่าการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มัล ที่เวลา 6 และ 12 ชั่วโมง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงเท่ากับ 731.19 และ 730.29 มิลลิกรัม GAE/ตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ (Figure 2a) รองลงมาคือการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl เข้มข้น 6 นอร์มัล ส่วนการไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อน ได้ฟีนอลิกทั้งหมดต่ำ เนื่องมาจากกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้เป็นกรดแก่ สามารถไฮโดรไลซ์ผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์และโปรตีนได้ดีกว่าน้ำ ทำให้สารประกอบฟีนอลิกออกมาได้ง่าย (Arranz และ Calixto, 2010) การศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl ทั้งความเข้มข้น 1 และ 6 นอร์มัล ย่อยเป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อน (Figure 2b) ซึ่งการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด HCl ความเข้มข้น 1 นอร์มัล 12 ชั่วโมง มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 92.40 หรือเท่ากับ 0.48 มิลลิโมลาร์โทรล็อกซ์ สอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกโดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงทำให้มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย (Rice-Evans และคณะ, 1997) นอกจากนี้ระยะเวลาการไฮโดรไลซ์ที่นานขึ้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น (Moure และคณะ, 2001)

สรุปผล

สภาวะในการไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่มีค่าระดับการย่อยสลายสูงสุด คือ การไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มัล เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แต่การไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 1 นอร์มัล 12 ชั่วโมง มีปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ชลอ ลิ้มสุวรรณ ชัชรี แก้วสุรลิขิต นิติ ชูเชิด ประยูร หงส์รัตน์ และเดชา บันลือเดช, 2551, การเลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่, 4-5 หน้า.

ประหยัด มะหมัด, 2550, การใช้สาหร่ายทะเลบำบัดคุณภาพน้ำในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปัทมา ระตะนะอาพร นงนุช รักสกุลไทย ชัชรี แก้วสุรลิขิต นิติ ชูเชิด และประยูร หงส์รัตน์, 2552, การใช้ประโยชน์สาหร่ายไส้ไก่ จากบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อการบริโภค, 4-5 หน้า.

มัลลิกา ธนสุคนธ์ ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และปนิดา บรรจงสินศิริ, 2552, ผลของการย่อยสลายโปรตีนเห็ดด้วยกรดต่อคุณภาพเคมีกายภาพ และสารหอมระเหย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 40, กันยายน-ธันวาคม, หน้า 37-40.

อัญชลี กนึกรัตน์, 2548, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่วเหลืองและกากถั่วเขียวเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Arranz, S. and Calixto, F.S., 2010, Analysis of Polyphenols in Cereals may be Improved Performing Acidic Hydrolysis: A study in Wheat Flour and Wheat Bran and Cereals of the Diet, Journal of Cereal Science, 51: 313-318.

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

Fitzgerald, C., Gallagher, E., Tasdemir, D. and Hayes, M., 2011, Heart Health Peptides from Macroalgae and their Potential Use in Functional Foods, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59: 6829-6836.

Galland-Irmouli, A., Fleurence, J., Lamghari, R., Lucon, M., Rouxel, C., Barbaroux, O., Bronowicki, J., Villaume, C. and Gueant, J., 1999, Nutritional Value of Proteins from Edible Seaweed *Palmaria palmata* (dulse), The Journal of Nutritional Biochemistry, 10: 353–359.

Hudson, B.J.F., 1992, Biochemistry of Food Proteins, Elsevier Applied Science, London, pp. 235-248.

Kaewka, K., Therakulkait, C. and Cadwallader, K.R., 2009, Effect of Preparation Conditions on Composition and Sensory Aroma Characteristics of Acid Hydrolyzed Rice Bran Protein Concentrate, Journal of Cereal Science, 50: 56-60.

Manley, C.H. and Fagerson, I.S., 1970a, Major Volatile Neutral and Acid Compounds of Hydrolyzed Soy Protein, Journal of Food Science, 35(3): 286-291.

Moure, A., Cruz, J.M., Franco, D., Domõnguez, J.M., Sineiro, J., Domõnguez, H. and Nunez, M.J., 2001, Review: Natural Antioxidants From Residual Sources, Food Chemistry, 72: 145-171.

Netto, F.M. and Galeazzi, M.A.M., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 31: 624-63.

Peterson, M.S. and Johnson, A.H., 1978, Encyclopedia of Food Science, AVI Publishing Company, Connecticut, pp. 1005.

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

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.

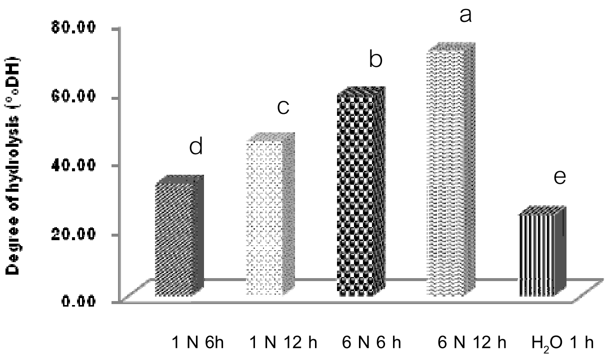


Figure 1 Degree hydrolysis (%DH) of *U. intestinalis* hydrolysate

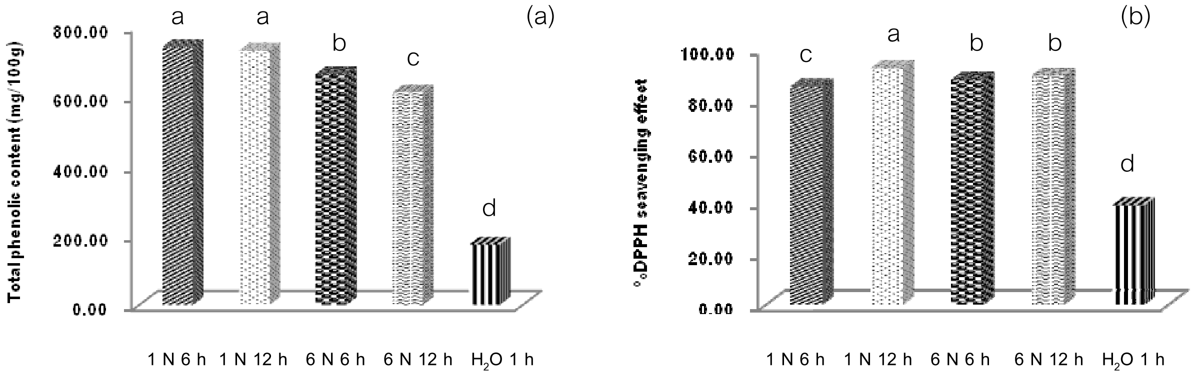


Figure 2 Total phenolic contents (a) and antioxidant activity (b) and of *U. intestinalis* hydrolysate

การเปลี่ยนแปลงสารพฤกษเคมีของข้าวกล้องหมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum*

Phytochemical Changes of Fermented Brown Rice with *Bifidobacterium longum*

จิราภา มาอินทร์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Marin, J.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

The change of phyochemical of fermented brown rice cv Khaw Doak Mali 105, Pathum Thani 1, Chainat 1 and fermented black and white glutinous brown rice by *Bifidobacterium longum* at 37°C for 72 hrs was conducted. Results showed that fermented rice cv Pathum Thani 1 had the greatest protein (11.25%). Fermented rice cv. Khaw Doak Mali 105 consisted of the highest fat and ash contents at 2.37% and 2.89%, respectively. In addition, the highest of vitamin B1, fiber and phenolic compounds was found in fermented black glutinous brown rice which their values were 0.72 mg/100g, 1.36% and 2.36 mg/g, respectively. Furthermore, the protein size of all five fermented rice was ranged at 32 kD.

Keywords: brown rice, glutinous brown rice, fermentation, *Bifidobacterium longum*

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารสำคัญในข้าวเจ้ากล้องหมัก ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวเหนียวกล้องหมัก ได้แก่ ข้าวเหนียวกล้องขาว ข้าวเหนียวกล้องดำ โดยใช้เชื้อ *Bifidobacterium longum* อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ข้าวกล้องหมักพันธุ์ปทุมธานี 1 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 11.25% ตามลำดับ สำหรับข้าวกล้องหมักพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณไขมันและเถ้าสูงที่สุดเท่ากับ 2.37% และ 2.89% ตามลำดับ ในส่วนของข้าวเหนียวกล้องดำหมักมีปริมาณวิตามินบี 1 เยื่อใย และสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดเท่ากับ 0.72 mg/100g, 1.36% และ 2.36 mg/g ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบขนาดโปรตีนในข้าวหมักกับโปรตีนในข้าวสาลี พบว่าขนาดโปรตีนของข้าวกล้องทั้ง 5 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการหมักมีขนาดอยู่ในช่วง 32 kD

คำสำคัญ: ข้าวเจ้ากล้อง ข้าวกล้องเหนียว กระบวนการหมัก *Bifidobacterium longum*

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นธัญพืชที่สำคัญและเป็นอาหารหลักของหลายประเทศในแถบเอเชีย (Benzel และคณะ, 2001) และถูกนำมาบริโภคเป็นอาหารหลักของประชากรมากกว่าร้อยละ 50 ของประชากรทั่วโลก (Charoenthaikij และคณะ, 2009) ซึ่งข้าวที่ปลูกเพื่อบริโภคนั้นสามารถแบ่งตามชนิดของแป้งในเมล็ด ได้แก่ ข้าวเจ้า (non-waxy rice) และข้าวเหนียว (waxy rice) โดยเมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้งอะมิโลสประมาณร้อยละ 15-30 และเมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งอะมิโลเพกทินเป็นส่วนใหญ่ และมีอะมิโลสเป็นส่วนน้อยประมาณร้อยละ 5-7 ข้าวนอกจากอุดมด้วยสารอาหาร ได้แก่ โปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิด คาร์โบไฮเดรต วิตามิน ใยอาหาร ยังมีสารพฤกษเคมี ซึ่งสะสมอยู่ในส่วนของคัพภะ (embryo) หรือจมูกข้าว (germ) และส่วนของ starchy endosperm (Juliano และคณะ, 1993; Ohtsubo และคณะ, 2005; Das และคณะ, 2008) ทั้งนี้ข้าวขาวที่นิยมบริโภคนั้นมีสารสำคัญในปริมาณน้อย ในปัจจุบันจึงหันมาสนใจบริโภคข้าวกล้องกันมากขึ้นในกลุ่มผู้รักสุขภาพ โดยข้าวกล้องคือข้าวที่กะเทาะเปลือกออกแต่ยังไม่ได้ขัดสี จึงยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวติดอยู่กับเมล็ด ซึ่งประกอบไปด้วยสารอาหารที่มากกว่าข้าวขาว (Champagne และคณะ, 2004) โดยมีปริมาณโปตีน 7.1-8.3% ไขมัน 1.6-2.8% ใยอาหาร 0.6-1.0 และคาร์โบไฮเดรต 72.9-75.9% (Willis และคณะ, 1982) ซึ่งกระบวนการหมักเป็นกระบวนการที่นิยมใช้ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการโดยการใช้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ซึ่งสามารถเพิ่มสารเสริมฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน ไขมัน และวิตามินต่างๆ (Abiodun และคณะ, 1999) โดยเฉพาะเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียสามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณไลซีนให้เพิ่มขึ้นได้ (Hamad และคณะ, 1979) และยังมีรายงานเพิ่มเติมว่าข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการหมักมีปริมาณ crude protein, total sugars,

---

[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

reducing sugar, total free amino acid contents, thiamin, niacin และ pyridoxine เพิ่มขึ้น (Moongngarm และคณะ, 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารพฤกษเคมีของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี ชัยนาท 1 ข้าวเหนียวกล้องขาว และข้าวเหนียวกล้องดำ หมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมเชื้อ *Bifidobacterium longum* โดยเขี่ยเชื้อจาก stock แล้ว streak ลงplate บ่มที่ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าเชื้อเจริญ จากนั้นแตะโคโลนีเดี่ยวลง flask ที่บรรจุ nutrient broth (NB) 50 ml. เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่ามีความขุ่น ที่มีค่า OD เทียบกับ Mc farland standard no. 0.5

นำวัตถุดิบข้าวเจ้ากล้อง 3 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี และชัยนาท 1 และข้าวเหนียวกล้อง 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ มาหมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* โดยinoculatedเชื้อ 10% หมักที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียด แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น และเถ้า ตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

วิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1 ดัดแปลงตามวิธีของ Moongngarm และคณะ (2010) โดยชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติม NH_4Cl-NH_3H_2O buffer เติม 1% Tween 20 และหยด 0.05% phenol red 1-2 หยด ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงโดยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 427 นาโนเมตร

สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal (2005) โดยสกัดตัวอย่าง 3 กรัมด้วย 80% เมทานอล 30 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 950 ไมโครลิตร เติม 10% Folin-Ciocalteu phenol reagent และ 7.5% Na_2CO ผสมให้เข้ากัน ทิ้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร ส่วนขนาดโมเลกุลของโปรตีนในข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับโปรตีนในข้าวสาลี (wheat gluten) โดยวิธี sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสารสำคัญในข้าวเจ้ากล้อง 3 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี และชัยนาท 1 และข้าวเหนียวกล้อง 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น เถ้า วิตามินบี 1 และ สารประกอบฟีนอลิค พบว่า ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนมากที่สุดคือ ข้าวกล้องหมักพันธุ์ปทุมธานี 1 (11.25%) รองลงมาคือพันธุ์ชัยนาท 1 ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวเหนียวกล้องขาวหมัก และข้าวเหนียวกล้องดำหมัก สาเหตุที่โปรตีนของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์อาจส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์เพิ่มขึ้นและเกิดการย่อยสลายโปรตีนในระหว่างการหมัก (Sripriya และคณะ, 1997) สำหรับปริมาณไขมันพบมากที่สุดในข้าวกล้องหมักพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 2.37% รองลงมาคือ พันธุ์ปทุมธานี 1 พันธุ์ชัยนาท 1 ข้าวเหนียวกล้องดำหมัก และ ข้าวเหนียวกล้องขาวหมัก โดยในเมล็ดข้าวจะประกอบด้วยไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งในข้าวกล้องจะมีปริมาณไขมันมากกว่าในข้าวขาวเพราะในระหว่างกระบวนการขัดสีจะส่งผลให้เยื่อหุ้มเมล็ดหลุดออก ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำเกิดการสูญเสียปริมาณไขมันในข้าวขัดสี ทั้งนี้สายพันธุ์ที่มีปริมาณเยื่อใย วิตามีนบี 1 และสารประกอบฟีนอลิคสูงที่สุดคือ ข้าวเหนียวกล้องดำหมักมีปริมาณเท่ากับ 0.72 mg/100g, 1.36% และ 2.36 mg/g ตามลำดับ ทั้งนี้สาเหตุที่พบสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุดในข้าวเหนียวกล้องดำเป็นเพราะข้าวที่มีสีดำมีปริมาณสารแอนโธไซยานินสูง (Escribano-Bailon และคณะ, 2004) ต่อมาเมื่อนำข้าวกล้องหมักทั้ง 5 สายพันธุ์มาหาขนาดของโปรตีนเปรียบเทียบกับ wheat gluten ในข้าวสาลี พบว่า ขนาดโปรตีนของข้าวกล้องหมักทั้ง 5 พันธุ์อยู่ที่ 32 kD

สรุปผล

กระบวนการหมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ส่งผลให้ข้าวกล้องเจ้าและข้าวเหนียวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น ทั้งนี้สายพันธุ์ของข้าวจัดเป็นตัวแปรสำคัญที่จะส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของ

สารสำคัญ โดยข้าวต่างสายพันธุ์กันจะมีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นไม่เหมือนกัน แต่ขนาดของโปรตีนในข้าวกล้องเจ้าและข้าวเหนียวกล้องที่ผ่านและไม่ผ่านการหมักมีขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Abiodun, I.S., 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.

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.

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.

Chang. L.W., Yen, W.J., Huangb, S.C. and DerDuh, P., 2002, Antioxidant Activity of Sesame Coat, Food Chemistry, 78: 347–354.

Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S.S. and Webb, C., 2002, Application of Cereals and Cereal Components in Functional Food, International Journal of food microbiology, 79: 131-141.

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.

Das, M., Gupta, S., Kapoor, V., Banerjee, R. and Bal, S., 2008, Enzymatic Polishing of Rice: A New Processing Technology, Food Science and Technology, 41: 2079-2084.

Escribano-Bailon, M.T., Santos-Buelga, C. and Rivas-Gonzalo, J.C., 2004, Anthocyanins in Cereals, Journal of Chroma-tography A, 1054: 129–141.

Hamad, A.M. and Fields, M.L., 1979, Evaluation of the Protein Quality and Available Lysine of Germinated and Fermented Cereals, Journal of Food Science, 44: 456–459.

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.

Juliano, B.O., 1993, Rice Consumption and Nutrition Problem in Rice-Consuming Countries; Rice in human nutrition, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), xxx: 17-34.

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.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T., 2005, Bio-functional Components in the Processed Pre-germinated Brown Rice by a Twin-screw Extruder, Journal of Food Compost Anal, 18: 303-316.

Sripriya, G., Antony, U. and Chandra, T.S., 1997, Changes in Carbohydrate, Free Amino Acids, Organic Acids, Phytate and HCl Extractability of Minerals During Germination and Fermentation of Finger Millet (Eleusine coracana), Food Chemistry, 58: 345-350.

Willis, R.B.H., Palipane, L.B. and Green field, H., 1982, Composition of Australian Foods. B: Rice, Food Technology Association of Australia, 34: 66-68.

Table1 Nutritional values of fermented brown rice with *Bifidobacterium longum.*

Brown rice	Protein (%)	Fat (%)	Fibre (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Vitamin B1 (mg/100g)	Phenolic (mg/g)
Khaw Doak Mali 105	10.66±0.07	2.37±1.28	1.07±0.16	11.54±0.88	2.89±1.98	0.63±0.05	0.45±1.23
Pathum Thani 1	11.25±1.24	2.15±1.44	0.82±0.04	11.81±0.76	1.51±0.06	0.68±0.01	0.57±0.62
Chai-nat 1	10.80±0.33	2.04±1.24	0.98±0.04	11.20±0.16	1.64±0.07	0.67±0.02	0.44±0.61
black glutinous rice	9.61±0.13	1.39±0.15	1.21±0.04	10.79±0.14	1.58±0.03	0.66±0.08	0.55±2.44
white glutinous rice	10.44±0.06	1.53±0.03	1.36±0.78	10.51±0.10	1.56±0.11	0.72±0.07	2.36±13.37

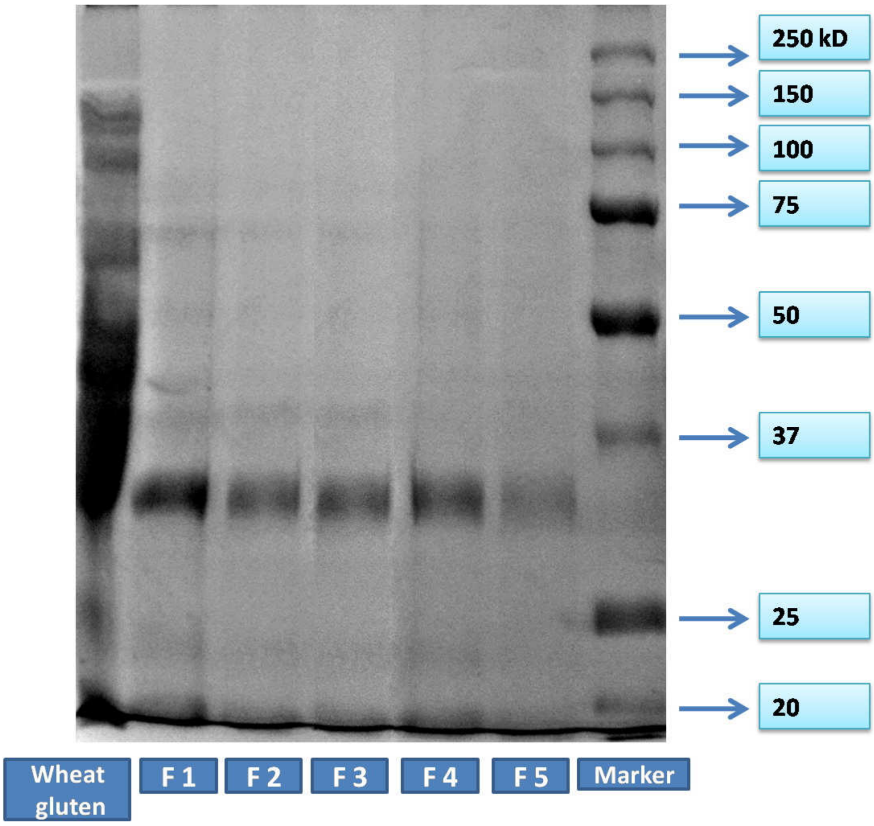


Figure1 Molecular size of protein from fermented rice compared with wheat gluten; F1=rice cv KDML 105, F2= Pathumthani 1, F3=Chainat 1, F4= white waxy rice, and F5= black waxy rice.

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลลำแพนและการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเพื่อสุขภาพ

Determination of Nutritive Value and Development of Healthy Jam Product from *Sonneratia ovata* Fruit

สิริมา ชินสาร[1]
Chinnasarn, S.[1]

Abstract

The objective of this research was to develop the healthy jam product from *Sonneratia ovata* fruit which is an edible mangrove plant in Baantasorn, Bo district, Chantaburi Province. The first step, nutritive value of *Sonneratia ovata* fruit was assayed. Results showed that *Sonneratia ovata* fruit contained 0.68% Fat, 1.63% Protein, 6.28% fiber 25.60 mg calcium/100 g plant and 19.87 mg ascorbic acid/ 100 g plant. The second step, processing of jam from *Sonneratia ovata* fruit was studied. The amount of main ingredients including *Sonneratia ovata* fruit, sugar and pectin were varied. The 5 formulations of jam were obtained from the mixture design. Results showed that the formulation 5 including 50% *Sonneratia ovata* fruit, 47% sugar and 3% pectin obtained the highest liking score in term of overall liking as moderate to very much level. L*, a*, b* and a_w value of the final product were 32.48, 11.11, 15.79 and 0.907, respectively.

Keywords: *Sonneratia ovata*, jam, nutritive value, mangrove plant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเพื่อสุขภาพจากผลลำแพนซึ่งเป็นพืชป่าชายเลนที่สามารถรับประทานได้ในพื้นที่บ้านท่าสอน ตำบลบ่อ จังหวัดจันทบุรี โดยขั้นตอนแรก เป็นการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลลำแพน ผลการทดลองพบว่า ผลลำแพนมีปริมาณไขมันร้อยละ 0.68 โปรตีนร้อยละ 1.63 ใยอาหารร้อยละ 6.28 แคลเซียม 25.60 mg/ 100 g และวิตามินซี 19.87 mg ascorbic acid/ 100 g ขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาการผลิตแยมจากผลลำแพน โดยแปรอัตราส่วนของส่วนผสมหลัก ได้แก่ ผลลำแพน น้ำตาลทราย และเพคติน วางแผนการทดลองแบบผสม ได้สูตรผลิตภัณฑ์แยม 5 สูตร ผลการทดลองพบว่า แยมลำแพนสูตรที่ 5 ซึ่งมีปริมาณส่วนผสมหลัก คือ ผลลำแพนร้อยละ 50 น้ำตาลทรายร้อยละ 47 เพคตินร้อยละ 3 ได้รับคะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุดในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่า a_w เท่ากับ 32.48 11.11 15.79 และ 0.907 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ลำแพน แยม คุณค่าทางโภชนาการ พืชป่าชายเลน

คำนำ

ลำแพนเป็นพืชป่าชายเลนอีกชนิดหนึ่งที่ผลสามารถรับประทานได้ โดยชาวชุมชนป่าชายเลนในพื้นที่บ้านท่าสอน ตำบลบ่อ จังหวัดจันทบุรี ได้มีการนำทั้งผลดิบและผลสุกมารับประทานในรูปของผลไม้และผักพื้นบ้าน ต้นลำแพนสามารถออกดอกและผลตลอดทั้งปี ดังนั้นจำนวนผลผลิตจากต้นลำแพนในแต่ละปีจึงมีปริมาณค่อนข้างมาก แต่ยังไม่มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และยังไม่มีการตรวจวิเคราะห์ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานการศึกษาวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่า พืชป่าชายเลนหลายชนิดสามารถรับประทานได้และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลลำแพนซึ่งเป็นพืชป่าชายเลนที่มีเป็นจำนวนมาก และชาวบ้านมีการนำมาใช้ประโยชน์และรับประทานเป็นผลไม้และอาหารในครัวเรือนอย่างกว้างขวาง และเพื่อให้ชุมชนสามารถนำไปขยายผลสู่การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะหาแนวทางในการใช้ประโยชน์โดยใช้ผลลำแพนเป็นวัตถุดิบ โดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แยมเพื่อสุขภาพ ทำให้ชุมชนสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ให้ชุมชนสอดคล้องกับการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์ของท้องถิ่น และสามารถสร้างเป็นอาชีพเสริมหรืออาชีพหลักให้กับชุมชนได้

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saensook, Muang, Chonburi, 20131

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลลำแพนที่มีระดับความสุกน้อย (ผลห่าม) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 2.2 องศาบริกซ์ ที่เก็บจากสถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 บ้านท่าสอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี มาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้ผิวแห้ง แล้ววิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อผลลำแพนโดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน ใยอาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต ปริมาณแคลเซียม และวิตามินซี (AOAC, 1990)

หาสูตรพื้นฐานของแยมผลลำแพน โดยดัดแปลงสูตรมาจากแยมผลไม้ชนิดต่างๆ ทั้งหมด 5 สูตร จากนั้นแปรปริมาณส่วนผสมหลักโดยใช้ขอบเขตจากแยมผลไม้ทั้ง 5 สูตร ดังนี้ เนื้อผลลำแพนร้อยละ 45-55 น้ำตาลร้อยละ 40-54 และเพคตินร้อยละ 1-5 วางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) โดยนำไปวางบนสามเหลี่ยมด้านเท่าจะได้พื้นที่ในการพัฒนาสูตร และได้สูตรแยมผลลำแพน ดัง Table 1

Table 1 Formulations of *Sonneratia ovata* fruit jam obtained from the mixture design

Formulation	*Sonneratia ovata* fruit (%)	Sugar (%)	Pectin (%)
1	55	44	1
2	45	54	1
3	45	50	5
4	55	40	5
5	50	47	3

ทำแยมลำแพนทั้ง 5 สูตร โดยนำเนื้อผลลำแพนปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วมาเทลงในหม้อสแตนเลส ตั้งไฟเคี่ยวด้วยไฟอ่อน ค่อยๆ เติมน้ำตาลทราย คนจนน้ำตาลละลาย เพิ่มไฟให้แรงขึ้นจนส่วนผสมเดือด เติมเพคตินและคนจนเพคตินละลายหมด วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดให้อยู่ในช่วง 65-70 องศาบริกซ์ บรรจุขวดแก้วขณะร้อน

นำแยมทั้ง 5 สูตร มาตรวจสอบคุณภาพ โดยวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* และค่า Water activity ด้วยเครื่องวัด a_w

ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน ประเมินความชอบที่มีต่อคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ การปาดทา และความชอบโดยรวม

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของผลลำแพน แสดงดัง Table 2

Table 2 Chemical composition and nutritive value of *Sonneratia ovata* fruit

Composition	Quantity
Moisture (%)	80.78
Fat (%)	0.68
Protein (%)	1.63
Fiber (%)	6.28
Ash (%)	1.19
Carbohydrate (%)	15.72
Calcium (mg/ 100 g)	25.60
Vitamin C (mg ascorbic acid/ 100 g)	19.87

จาก Table 2 พบว่า ผลลำแพนจัดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แยมเพื่อสุขภาพ โดยเมื่อทดลองผลิตเป็นแยมเพื่อสุขภาพแล้ว แยมที่ได้มีคุณภาพด้านต่างๆ ดัง Table 3 และ 4

Table 3 Color and a_w value of *Sonneratia ovata* jams

Jam formulation	Color			a_w
	L*	a*	b*	
1	34.04±0.02[b]	11.36±0.10[b]	17.57±0.14[c]	0.916±0.001[b]
2	31.31±0.03[e]	14.00±0.02[a]	21.92±0.19[a]	0.881±0.001[d]
3	34.38±0.14[a]	10.72±0.11[e]	16.88±0.06[d]	0.876±0.001[e]
4	32.11±0.04[d]	10.95±0.08[d]	19.11±0.08[b]	0.938±0.001[a]
5	32.48±0.03[c]	11.11±0.07[c]	15.79±0.16[e]	0.907±0.002[c]

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 4 Liking score in terms of color, odor, taste, spreadability and overall liking of *Sonneratia ovata* jams

Jam formulation	Color	Odor	Taste[ns]	spreadability	Overall liking
1	5.75±0.89[b]	6.13±0.99[ab]	6.88±0.83	6.88±0.35[ab]	6.88±0.35[ab]
2	5.75±0.89[b]	6.63±1.06[ab]	7.25±0.71	6.75±0.89[b]	6.75±0.89[b]
3	6.00±1.07[b]	5.63±1.41[b]	6.88±1.13	6.75±0.46[b]	6.75±0.46[b]
4	6.38±0.92[ab]	5.88±0.83[ab]	7.38±0.52	7.13±0.64[ab]	7.13±0.64[ab]
5	7.13±0.83[a]	7.00±0.76[a]	7.50±0.53	7.50±0.53[a]	7.50±0.53[a]

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p\leq0.05$)

[ns] Non significant difference ($p>0.05$)

วิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อผลลำแพน โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน ใยอาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม และวิตามินซี (Table 2) พบว่า ผลลำแพนมีความชื้นค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 80.78 มีใยอาหารร้อยละ 6.28 ส่วนปริมาณไขมัน โปรตีน และเถ้าต่ำมาก คือ มีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 1 และปริมาณโปรตีนและเถ้าต่ำกว่าร้อยละ 2 ในด้านของแคลเซียม พบว่า ผลลำแพนมีปริมาณแคลเซียม 25.60 mg/ 100 g และมีปริมาณวิตามินซี 19.87 mg ascorbic acid/ 100 g ซึ่งผลการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทวัน และคณะ (2545) ซึ่งได้วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผักพื้นบ้านในป่าชายเลนในจังหวัดนครศรีธรรมราช สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร พบว่า พืชป่าชายเลนที่รับประทานได้หลายชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูง เช่น โกงกางใบใหญ่ ลำพู และลำแพน เป็นต้น

นำผลลำแพนมาทำเป็นแยมลำแพน โดยการหาสูตรพื้นฐานจากการวางแผนการทดลองแบบผสม ได้สูตรแยมลำแพนพื้นฐานทั้งหมด 5 สูตร (Table 1) เมื่อนำแยมทั้ง 5 สูตรมาวิเคราะห์ค่าสี (Table 3) พบว่า แยมสูตรที่ 2 มีสีน้ำตาลเข้มมาก โดยมีค่าสี L* ต่ำที่สุด ส่วนค่า a* และ b* สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนแยมสูตรที่ 3 มีสีน้ำตาลอ่อนกว่า โดยมีค่าสี L* สูงที่สุด ส่วนค่า a* และ b* ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาจากปริมาณส่วนผสมที่แตกต่างกันในแยมทั้ง 5 สูตร พบว่า ค่าสีของแยมจะมีความเข้มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสัดส่วนของน้ำตาลและเนื้อผลลำแพน โดยแยมที่มีปริมาณน้ำตาลสูง (สูตรที่ 2) จะมีสีเข้มมากจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลคาราเมไลเซชัน (caramelization) เมื่อได้รับความร้อนในการกวนแยมมีผลให้โมเลกุลของน้ำตาลแยกออกและเกิดพอลิเมอไรเซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาล (นิธิยา, 2545) ในขณะที่เนื้อผลลำแพนที่นำมาผลิตแยมนั้นไม่ได้ผ่านขั้นตอนการลวกก่อนการบดผสม ดังนั้น เนื้อผลลำแพนจึงเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ตามธรรมชาติในเนื้อผลไม้ทั่วๆ ไป ส่งผลให้แยมลำแพนที่มีสัดส่วนของเนื้อลำแพนสูงจะมีสีน้ำตาลเข้มกว่าสูตรที่มีปริมาณเนื้อผลลำแพนต่ำกว่า

เมื่อพิจารณาค่า a_w (Table 3) พบว่า แยมลำแพนสูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าแยมสูตรอื่นๆ คือ ร้อยละ 54 และ 50 มีค่า a_w ต่ำกว่าแยมสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คือ มีค่า a_w 0.881 และ 0.876 ตามลำดับ ในขณะที่แยมในสูตรอื่นๆ มีค่า a_w สูงกว่า 0.9 ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลทรายมีความสามารถในการจับน้ำไว้ได้จึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระในส่วนผสมลดลง ดังนั้น แยมที่มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าจึงมีค่า a_w ต่ำ (รัชนี, 2537)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ พบว่า แยมลำแพนสูตรที่ 5 ซึ่งมีปริมาณเนื้อผลลำแพนร้อยละ 50 น้ำตาลร้อยละ 47 และเพคตินร้อยละ 3 ได้รับคะแนนความชอบด้านต่างๆ อยู่ในช่วง 7.00 – 7.50 โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

สรุปผล

ลำแพนจัดเป็นพืชป่าชายเลนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของใยอาหาร คาร์โบไฮเดรตและแคลเซียมที่สำคัญ จึงมีศักยภาพที่จะสามารถนำมาพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพต่อไปได้ โดยแยมลำแพนที่พัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยได้รับคะแนนความชอบด้านต่างๆ อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

นันทวัน บุณยะประภัศร วิมล ศรีสุข อรัญญา จุติวิบูลย์สุข ประพินศรา สอนเล็ก วิไลวรรณ ทองใบน้อย วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล, Fong, H.H.S., Pezzuto, J.M. และ Kosmeder, J., 2545, ผักพื้นบ้านในป่าชายเลน, วารสารสมุนไพร, 9(1), มิ.ย.:1-12.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล, 2537, เคมีอาหาร, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

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

ผลของสภาวะในการทอดและการทำแห้งก่อนการทอดต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและคุณภาพของเผือกแท่งขึ้นรูปทอดแบบน้ำมันท่วม

Effect of Frying Condition and Pre-drying Treatment on Oil Uptake and Quality of Deep-fried Restructured Taro Strips

ภัทรวดี วงศ์ชนะภัย[1] และ สิริมา ชินสาร[1]
Wongchanapai, P.[1], and Chinnasarn, S.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of frying temperature and pre-drying treatment on oil uptake and quality of deep-fried restructured taro strips. Results showed that oil uptake of deep fried products at the frying temperature of 150°C and 160°C were 23.66% and 23.40%, respectively. The oil uptake decreased to 17.59% and 17.53% at the frying temperatures of 170°C and 180°C, respectively. Then, the effect of pre-drying treatment on oil uptake was investigated. After molding, the taro strip samples were dried at 60°C in the hot air tray-dryer to have the initial moisture contents of 25, 20, 15 and 10%. Then, the control and all samples were fried at 180°C for 60 seconds. Results showed that oil uptake of the pre-dried taro strips decreased. They also revealed that oil uptake of control were 17.45%. But oil uptake of the pre-dried products at the initial moisture contents of 25, 20, 15 and 10% were 15.36, 13.15, 11.84 and 7.41%, respectively. The overall liking score of the 25% initial moisture content product was as same as that of control. And its oil uptake was reduced by 2.09% as comparing to the control.

Keywords: deep fat frying, pre-drying treatment, taro

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของสภาวะในการทอดและการทำแห้งก่อนการทอดต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและคุณภาพของผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูป ผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมิ 150 และ 160 องศาเซลเซียส มีการดูดซับน้ำมันร้อยละ 23.66 และ 23.40 ตามลำดับ แต่เมื่อทอดผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 170 และ 180 องศาเซลเซียส การดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือร้อยละ 17.59 และ 17.53 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาผลของการทำแห้งก่อนการทอดต่อปริมาณการดูดซับน้ำมัน โดยการอบตัวอย่างภายหลังการขึ้นรูปด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 25 20 15 และ 10 นำตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งและตัวอย่างที่มีความชื้นระดับต่างๆ มาทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที พบว่า ผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูปที่ผ่านการทำแห้งก่อนการทอด สามารถลดการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอดได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการอบแห้งมีปริมาณการดูดซับน้ำมันร้อยละ 17.45 และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 25 20 15 และ 10 มีปริมาณการดูดซับน้ำมันร้อยละ 15.36 13.15 11.84 และ 7.41 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 25 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวมสูงเทียบเท่ากับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการทำแห้ง และมีปริมาณการดูดซับน้ำมันลดลงร้อยละ 2.09 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ: การทอดแบบน้ำมันท่วม การทำแห้งก่อนการทอด เผือก

คำนำ

การดูดซับน้ำมันในอาหารทอดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน ซึ่งอุณหภูมิในการทอดและความชื้นของอาหารก่อนทอดจัดเป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยการทอดที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาทอดน้อยกว่าการทอดที่อุณหภูมิต่ำจึงทำให้อาหารสัมผัสน้ำมันน้อยกว่าส่งผลให้การดูดซับน้ำมันของอาหารน้อยลงด้วย (Kita และคณะ, 2007) ส่วนในด้านความชื้นนั้น โดยทั่วไป

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี, 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saensook, Muang, Chonburi, 20131

อาหารที่มีความชื้นสูงจะดูดซับน้ำมันมากขึ้นเนื่องจากกลไกการเสียน้ำระหว่างการทอด ขณะเริ่มทอดน้ำอิสระบริเวณผิวของอาหารจะสัมผัสกับน้ำมันที่อุณหภูมิสูง น้ำอิสระจะเริ่มระเหยและลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันโมเลกุลของน้ำที่อยู่ถัดเข้ามาด้านในจะเริ่มกลายเป็นไอและพยายามที่จะหาช่องทางที่จะระเหยออกไป การระเหยของน้ำบริเวณเนื้อเยื่อทำให้น้ำมันบริเวณผิวอาหารแทรกเข้าไปในช่องว่างที่เกิดขึ้น ถ้าอาหารมีน้ำอิสระระเหยออกมามากก็จะทำให้เกิดช่องว่างที่น้ำมันสามารถแทรกเข้าไปได้มาก (Saguy และ Pinthus, 1995; Saguy และ Dana, 2003) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของอุณหภูมิในการทอดและการทำแห้งก่อนการทอดต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและคุณภาพของเผือกแท่งขึ้นรูป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเผือกหอมมาปอกเปลือก หั่น แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 ชั่วโมง นำไปบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ได้เป็นแป้งเผือก อีกส่วนหนึ่ง นำไปลวกในน้ำเดือด 5 นาที แล้วจึงอบแห้งและบดเช่นเดียวกับส่วนแรก ได้เป็นแป้งเผือกลวก

เตรียมเผือกแท่งขึ้นรูปโดยนำเนยขาว น้ำตาล และเกลือปริมาณร้อยละ 13 3.5 และ 1.8 ตามลำดับ ตีผสมให้เข้ากันก่อน แล้วเติมมอลโตเดกซ์ทริน โมโน-ไดกลีเซอไรด์ แป้งเผือก แป้งเผือกลวก แป้งข้าวเจ้า และน้ำปริมาณร้อยละ 15 1 52 7 41 และ 75 ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน จากนั้นขึ้นรูปเป็นแท่งขนาด 0.5 X 0.5 X 6 เซนติเมตร นำไปทอดแบบน้ำมันท่วมในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 150 160 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 250 150 90 และ 60 วินาที ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันของเผือกแท่ง (AOAC, 1990)

ขั้นที่ 2 ศึกษาผลของการทำแห้งก่อนการทอดที่มีต่อปริมาณการดูดซับน้ำมัน โดยนำเผือกแท่งขึ้นรูปไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 25 20 15 และ 10 แล้วนำตัวอย่างที่ไม่ผ่านการอบแห้งและผ่านการอบแห้งจนมีความชื้นระดับต่างๆ ไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส 60 วินาที จากนั้นนำมาหาปริมาณน้ำมัน และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ทดสอบความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลการทดลอง

ปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูปที่ไม่ได้ผ่านการทอดและผ่านการทอดที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงดัง Table 1 โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการทอดมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 5.57 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมิ 150 และ 160 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำมันร้อยละ 23.66 และ 23.40 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทอดผลิตภัณฑ์เป็น 170 และ180 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเหลือร้อยละ17.59 และ 17.53 ตามลำดับ

Table 1 Oil content of taro strip and deep fried taro strip after frying at 150 160 170 and 180^{O}C

Frying temperature (^{O}C)	Frying time (second)	Oil content (%)
-	-	5.57±0.36^{C}
150	250	23.66±2.41^{a}
160	150	23.40±1.46^{a}
170	90	17.59±1.70^{b}
180	60	17.53±7.01^{b}

$^{a, b, c}$ Difference letters in the same column indicated significant difference($p \leq 0.05$)

เมื่อศึกษาผลของการทำแห้งก่อนการทอดโดยแปรปริมาณความชื้นเริ่มต้นของเผือกแท่งเป็นร้อยละ 25 20 15 และ10 พบว่า ปริมาณการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ลดลงตามปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่ลดลง (Table 2) แต่เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 25 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านการอบแห้ง ดังผลใน Table 3

Table 2 Oil content of pre-dried products at the initial moisture contents of 25, 20, 15 and 10%

Initial moisture content (%)	Oil content (%)
32.43 (control)	17.45±0.01[a]
25	15.36±0.22[b]
20	13.15±0.20[c]
15	11.84±1.41[c]
10	7.41±0.16[d]

[a, b, c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 3 Liking score in terms of color, odor, taste, texture and overall liking of deep fried taro strip products

Initial moisture content (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall liking
32.43 (control)	6.77±1.43[a]	6.27±1.44[a]	5.43±1.55[b]	5.03±1.47[a]	6.73±1.66[a]
25	6.07±1.66[b]	5.97±0.96[ab]	6.07±1.57[a]	5.43±1.59[a]	6.87±1.46[a]
20	5.00±2.08[c]	6.00±0.87[ab]	4.97±1.54[bc]	4.87±1.48[b]	4.93±1.60[b]
15	4.33±1.49[c]	5.83±10.83[ab]	4.47±1.60[c]	4.47±1.61[bc]	4.70±1.64[b]
10	4.67±1.58[c]	5.80±0.81[b]	4.53±1.50[c]	4.57±1.50[bc]	4.90±1.65[b]

[a, b, c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูปทอดที่อุณหภูมิต่างๆ (Table 1) พบว่า เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการทอดผลิตภัณฑ์น้อยลงและผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมันลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมิ 150 และ160 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำมันร้อยละ 23.66 และ 23.40 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทอดผลิตภัณฑ์เป็น 170 และ180 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเหลือร้อยละ17.59 และ 17.53 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างน้ำมันกับชิ้นอาหารในขณะทอด โดยเมื่ออาหารได้รับความร้อน ความชื้นที่อยู่ในชิ้นอาหารจะเคลื่อนที่ออกมาในรูปของไอน้ำ ทำให้เกิดช่องว่างในอาหารซึ่งจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมันระหว่างการทอด สำหรับการทอดอาหารที่อุณหภูมิต่ำ (150 และ 160 องศาเซลเซียส) ต้องใช้เวลาในการทอดนาน อาหารจึงมีเวลาในการสัมผัสกับน้ำมันนานกว่าการทอดที่อุณหภูมิสูง (170 และ 180 องศาเซลเซียส) การดูดซับน้ำมันจึงมากกว่า (วิไล, 2546) ผลการทดลองที่ได้ยังสอดคล้องกับ Moreira และคณะ (1997) ที่ศึกษาปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ tortilla chips ในกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมโดยศึกษาสภาวะที่แตกต่างกันในการทอด พบว่าปริมาณน้ำมันสุดท้ายกับปริมาณน้ำที่เคลื่อนที่ออกจากตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด ดังนั้นผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูปที่ทอดด้วยอุณหภูมิสูง ระยะเวลาทอดสั้นจึงมีการดูดซับน้ำมันได้น้อยกว่าการทอดที่อุณหภูมิต่ำแต่ระยะเวลาทอดนาน

เมื่อนำเผือกแท่งขึ้นรูปที่ผ่านการอบแห้งจนได้ความชื้นระดับต่างๆ และทอดที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 60 วินาที มาวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน (Table 2) พบว่า เมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้ปริมาณน้ำมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Moreira และคณะ (1997) ซึ่งกล่าวว่าระหว่างกระบวนการทอดความร้อนจะทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยกลายเป็นไอออกมาที่ผิว ทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวและเกิดช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงจะทำให้เกิดช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ปริมาณมากจึงสามารถดูดซับน้ำมันได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูปทอดมาศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale เพื่อทดสอบความชอบในด้านต่างๆ (Table 3) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 25 ได้รับคะแนนความชอบด้านต่างๆ ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงเทียบเท่ากับตัวอย่างควบคุมในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก

สรุปผล

สภาวะที่ใช้ในการทอดและการทำแห้งก่อนการทอดมีผลต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูปทอดแบบน้ำมันท่วม โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการทอดสูง ซึ่งใช้เวลาในการทอดต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ จะมีการดูดซับน้ำมันในปริมาณต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการทอด คือ การทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการดูดซับน้ำมันในปริมาณร้อยละ 17.53

ผลิตภัณฑ์เผือกแท่งขึ้นรูปที่ผ่านการทำแห้งก่อนการทอด สามารถลดการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอดได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งจนมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 25 20 15 และ 10 มีปริมาณการดูดซับน้ำมันร้อยละ 15.36 13.15 11.84 และ 7.41 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 25 และทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ สูงเทียบเท่ากับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการทำแห้ง และมีปริมาณการดูดซับน้ำมันลดลงร้อยละ 2.09 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

เอกสารอ้างอิง

วิไล รังสาดทอง, 2546, เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis, 15th ed. Arlington, Virginia, USA: The Association of official Analysis Chemists.

Kita, A., Lisinka, G. and Golubowska, G., 2007, The Effect of Oils and Frying Temperatures on the Texture and Fat Content of Potato Crisps, Journal of Food Chemistry, 102: 1-5.

Moreira, R.G., Sun, X. and Chen, Y., 1997, Factor Effecting Oil Uptake in Tortilla Chip in Deep–fat Frying, Journal of Food Engineering, 31(4): 485-498.

Saguy, I.S. and Dana, D., 2003, Integrated Approch to Deef Fat Frying: Engineering, Nutrition, Health and Consumer Aspects, Journal of Food Engineering, 56: 143-152.

Saguy, I.S. and Pinthus, E.J., 1995, Oil Uptake During Deep-fat Frying: Factors and Mechanism, Food Technology, 45(4): 142-145.

ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสมบัติเชิงกายภาพและลักษณะการไหลของโจ๊กผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูป

Effect of Drying Temperature on Physical Property and Flow Characteristics of Instant Porridge Mixed with Pumpkin

โสรยา เกิดพิบูลย์[1] ธงชัย พุฒทองศิริ[1] และ สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา[2]

Kerdpiboon, S.[1], Puttongsiri, T.[1] and Devahastin, S.[2]

Abstract

Porridge is a well-known product made from Jasmine rice and served as complementary food in the morning. Due to recent demand for more nutritious foods, other food ingredients, especially vegetables, may be added to porridge. Pumpkin is among the vegetables that may be added to porridge due to its being a rich source of carotenoids. The objective of this work was to study the effect of drying temperature on selected physical properties as well as flow characteristics of porridge mixed with pumpkin after rehydration. Pumpkin porridge was prepared at different ratios of Jasmine rice to water (1:2, 1:4, 1:6, 1:8 and 1:10, w/w) and different ratio of porridge to pumpkin (80:20, 60:40, 40:60 and 20:80, w/w). The freshly prepared porridge was dried using a double drum dryer at 125, 130 and 135 °C at a constant rotational speed of 1 rpm. It was found that moisture content of freshly prepared pumpkin porridge and the dried product were 904.5% db and 5.9-8.8% db depending on the drying temperature. Pumpkin porridge was found to exhibit pseudoplasticity behavior. Drying temperature affected on color and viscosity of the rehydrated product ($P \leq 0.05$). Increasing the drying temperature led to a decrease in the lightness and viscosity of the product, while the redness increased with the drying temperature.

Keywords: flow characteristic, physical property, porridge, porridge mixed with pumpkin

บทคัดย่อ

โจ๊กเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีข้าวหอมมะลิเป็นวัตถุดิบหลัก และนิยมบริโภคในมื้อเช้าซึ่งเป็นมื้อที่สำคัญที่สุด กระแสความต้องการอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการส่งผลให้มีการเพิ่มส่วนผสมโดยเฉพาะผักในผลิตภัณฑ์โจ๊ก ฟักทองเป็นวัตถุดิบที่สามารถเพิ่มในโจ๊กเนื่องจากเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสมบัติเชิงกายภาพบางประการ และลักษณะการไหลของโจ๊กผสมฟักทองหลังการดูดกลืนน้ำกลับ โดยเตรียมโจ๊กผสมฟักทองที่อัตราส่วนน้ำหนักข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ (1:4, 1:6, 1:8 และ 1:10) และอัตราส่วนน้ำหนักโจ๊กข้าวต่อฟักทองลวกระดับต่างๆ (80:20, 60:40, 40:60 และ 20:80) จากนั้นนำโจ๊กผสมฟักทองอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ทรงกระบอกที่ 125 130 และ 135°C ความเร็วลูกกลิ้งคงที่ 1 รอบต่อนาที ผลการทดลองพบว่าโจ๊กผสมฟักทองและผลิตภัณฑ์อบแห้งมีความชื้น 904.5% db และ 5.9-8.8% db ขึ้นกับอุณหภูมิอบแห้ง ผลิตภัณฑ์แสดงลักษณะการไหลแบบซูโดพลาสติก อุณหภูมิการอบแห้งส่งผลต่อค่าสี และความหนืดของผลิตภัณฑ์หลังการดูดกลืนน้ำกลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่าง และความหนืดลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดงสูงขึ้น

คำสำคัญ: ลักษณะการไหล สมบัติเชิงกายภาพ โจ๊ก โจ๊กผสมฟักทอง

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

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

[2] อาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ ทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[2] Department of Food Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha u-tid Road, Tungkru, Bangkok 10140

คำนำ

โจ๊กเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีข้าวหอมมะลิเป็นวัตถุดิบหลัก และนิยมบริโภคในมื้อเช้าซึ่งเป็นมื้อที่สำคัญที่สุด ปัจจุบันมีการนำวัตถุดิบอื่นมาใช้เป็นส่วนผสมกับข้าวในการผลิตโจ๊กผสมฟักทอง ได้แก่ เนื้อหมู เนื้อไก่ เป็นต้น ทั้งนี้การนำวัตถุดิบที่มีอยู่มากในประเทศไทย ได้แก่ ฟักทอง ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย ประกอบด้วยแคโรทีนอยด์ ช่วยบำรุงสายตา เป็นพืชที่มีกลิ่น สี และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ อีกทั้งยังสามารถเพาะปลูกได้ตลอดปี (รุ่งรัตน์, 2540) การแปรรูปโจ๊กข้าวผสมฟักทองจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบได้แก่ข้าว และฟักทอง อีกทั้งเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้กับผู้บริโภค โดยเฉพาะผู้บริโภคที่เป็นทารก จะได้สารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าการบริโภคโจ๊กที่มีข้าวเป็นส่วนผสมหลักเพียงอย่างเดียว ในกระบวนการแปรรูปโจ๊กในระดับอุตสาหกรรมนิยมแปรรูปโจ๊กในรูปผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป เพียงเติมน้ำร้อนเพื่อให้มีการดูดกลืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ สะดวกต่อการบริโภค

ชนิดและขนาดวัตถุดิบ อัตราส่วนของแข็งต่อน้ำที่ใช้ในการผลิต สภาวะที่ใช้ในการแปรรูปส่งผลต่อสมบัติเชิงวิทยากระแส และสมบัติเชิงกายภาพของผลิตภัณฑ์ (Ojijo และ Shimoni, 2004; Kerdpiboon และ Devahastin, 2010; Srikaeo และ Sopade, 2010) สมบัติต่างๆเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบกระบวนการแปรรูป การควบคุมคุณภาพ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์โจ๊กส่วนใหญ่นิยมบริโภคในรูปกึ่งสำเร็จรูป ในระหว่างกระบวนการอบแห้ง น้ำในอาหารถูกทำให้ระเหยออกสู่ภายนอกชิ้นอาหาร ส่งผลให้โครงสร้าง และสมบัติต่างๆ ทั้งเชิงกลและเชิงกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพ ได้แก่ สี ความหนืด และลักษณะการไหลของโจ๊กผสมฟักทองที่เตรียมจากอัตราส่วนข้าวและน้ำที่ใช้ในการผลิตโจ๊กข้าวและอัตราส่วนโจ๊กข้าวต่อฟักทองลวกที่ระดับต่างๆ ผลงานวิจัยสามารถนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพ และหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะสมบัติเชิงกายภาพและลักษณะการไหลของผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการทำแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

ฟักทอง

นำฟักทองพันธุ์ศรีเมืองแก่จัด (เปลือกมีสีเขียวขึ้นนวล) ล้างน้ำโดยผ่านน้ำไหลประมาณ 1 นาที เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ผิวฟักทอง ตัดขั้ว ผ่าซีกและคว้านเมล็ด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นขนาด 0.5x0.5x0.5 cm^3 จากนั้นลวกที่ 100°C นาน 10 นาที (Kerdpiboon และ Devahastin, 2010) แช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 0-4°C นาน 5 นาที นำฟักทองยีผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร สำหรับการผสมในโจ๊กข้าวหอมมะลิ

ข้าวหอมมะลิ

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 บดตัวอย่างด้วยเครื่อง Hammer mill (PX-MFC9OD, Switzerland) ให้มีขนาด 0.5 mm โดยควบคุมให้ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ มีค่าประมาณ 8-10% (wet basis) บรรจุในถุงลามิเนตโลเดนซิตี้โพลีเอทีลีน (LLDPE) ถุงละ 300 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C จนกว่าจะนำไปใช้ (เก็บไว้ไม่เกิน 3 เดือน) (ดัดแปลงจาก สมโภชน์ และคณะ, 2551; Fombang และคณะ, 2005)

2. กระบวนการแปรรูป

กระบวนการแปรรูปโจ๊กผสมฟักทอง ปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 4 ระดับ และสัดส่วนโจ๊กข้าวหอมมะลิต่อฟักทอง 4 ระดับ (4x4 factorial in RCBD) การเตรียมโจ๊กข้าวหอมมะลิโดยการนำข้าวหอมมะลิที่เตรียมได้ มาแปรรูปเป็นโจ๊กข้าวหอมมะลิตามวิธีการของ Hellands และคณะ (2002) โดยนำข้าวและน้ำ ในอัตราส่วน 1:4 1:6 1:8 1:10 w/w มาต้มโดยการให้ความร้อนใน water bath อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 90 นาที โดยมีการคนขณะต้มให้ความร้อนหลังจากนาทีที่ 3 และ 10 หลังจากนั้นคนตัวอย่างทุก 10 นาที จนครบ 90 นาที นำโจ๊กข้าวหอมมะลิผสมกับฟักทองที่เตรียมได้ ที่อัตราส่วนโจ๊กข้าวหอมมะลิต่อฟักทอง 80:20 60:40 40:60 และ 20:80 ผสมเครื่องปรุงได้แก่ผงปรุงรสและเกลือ ในอัตราส่วน โจ๊ก:ผงปรุงรส:เกลือ 800:18:3 w/w คนตัวอย่างให้เข้ากันนาน 5 นาที ควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างเท่ากับ 40 °C นำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าสี ความหนืด และลักษณะการไหลของโจ๊กผสมฟักทอง

กระบวนการแปรรูปโจ๊กผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูป นำโจ๊กผสมฟักทองที่เตรียมจากอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ใช้ในการเตรียมโจ๊ก และอัตราส่วนโจ๊กข้าวต่อฟักทองอัตราส่วนต่างๆ อบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ทรงกระบอก ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 125 130 และ 135 °C ความเร็วรอบของลูกกลิ้งคงที่ 1 รอบต่อนาที นำผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งบรรจุใน

ถุงสุญญากาศ วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ค่าสี ความหนืด และลักษณะการไหลของผลิตภัณฑ์หลังการดูดกลืนน้ำกลับ

3. การวิเคราะห์คุณภาพ

ความชื้น

วิเคราะห์ความชื้นของผลิตภัณฑ์ ตามวิธีการของ AOAC (1984)

สี

การวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter*Lab* (Miniscan SE plus, USA) แสดงค่าในรูป ΔL^* Δa^* *และ* Δb^* ดังนี้

$$\Delta L^* = L^*_i - L^*_t$$

$$\Delta a^* = a^*_i - a^*_t$$

$$\Delta b^* = b^*_i - b^*_t$$

โดย i หมายถึงค่าสีของโจ๊กผสมฟักทอง และ t หมายถึงค่าสีของโจ๊กผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการดูดกลืนน้ำกลับ

ความหนืดและลักษณะการไหลของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์อบแห้งมาเติมน้ำร้อน (อุณหภูมิ 90°C) ในอัตราส่วนโจ๊กผสมฟักทองต่อน้ำ ในอัตราส่วนเดียวกันกับโจ๊กผสมฟักทองก่อนการอบแห้ง วิเคราะห์ความหนืดและลักษณะการไหลของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่อง Rheometer (Physica โดยควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างที่ 40 °C กำหนดอัตราการเฉือน 1/100 วินาที

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ความชื้น

สภาวะการอบแห้งส่งผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ โจ๊กผสมฟักทองมีความชื้นประมาณ 904.45%db เมื่อผ่านเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ทรงกระบอกที่อุณหภูมิ 125 130 และ 135 °C ความเร็วลูกกลิ้งคงที่ 1 รอบต่อนาที โจ๊กผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูปมีความชื้นลดลงเหลือ 8.75 7.14 และ 5.87%db ตามลำดับ

2. ค่าสี

สภาวะการอบแห้งส่งผลต่อสีของโจ๊กผสมฟักทองหลังการดูดกลืนน้ำกลับ โดยโจ๊กผสมฟักทองเมื่ออบแห้งที่สภาวะต่างๆ ส่งผลให้ค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองลดลง การใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นด้วยความเร็วรอบ 1 rpm เท่ากัน ตัวอย่างได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ค่าความแตกต่างของความสว่าง (ΔL^*) สูงขึ้น สอดคล้องกับค่าความเป็นสีเหลือง อย่างไรก็ตาม ค่าความแตกต่างของความเป็นสีแดง (Δa^*) มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากตัวอย่างมีสีเข้มขึ้น

3. ความหนืดและลักษณะการไหลของผลิตภัณฑ์

โจ๊กผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูปหลังจากผ่านการดูดกลืนน้ำกลับแสดงลักษณะการไหลแบบซูโดพลาสติก (Figure 1) สภาวะการอบแห้งส่งผลต่อความหนืดและลักษณะการไหลของผลิตภัณฑ์หลังการดูดกลืนน้ำกลับ โจ๊กผสมฟักทองอบแห้งลมร้อนโดยใช้ลูกกลิ้งคู่ทรงกระบอกในทุกช่วงอุณหภูมิ และผ่านการดูดกลืนน้ำกลับในอัตราส่วนโจ๊กผสมฟักทองต่อน้ำ 1:10 พบว่าโจ๊กผสมฟักทองมีความหนืดลดลงในทุกสภาวะการทดลอง (Table 1) เม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อนส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพและโครงสร้าง เมื่อนำโจ๊กผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูปมาผ่านกระบวนการดูดกลืนน้ำกลับ เม็ดแป้งจึงมีความสามารถในการดูดกลืนน้ำได้น้อยลง ส่งผลต่อค่าความหนืดที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับโจ๊กผสมฟักทองก่อนการอบแห้ง

สรุปผล

โจ๊กผสมฟักทองและผลิตภัณฑ์อบแห้งมีความชื้น 904.5%db และ 5.9-8.8% db ขึ้นกับอุณหภูมิอบแห้ง ผลิตภัณฑ์แสดงลักษณะการไหลแบบซูโดพลาสติก โดยการเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่าง และความหนืดลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดงสูงขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ, 2540, พืชเครื่องเทศและสมุนไพร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ.

สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม ช่อลัดดา เที่ยงพุก วัฒนา วิริวุฒิกร และจารุวรรณ ศิริพรรณพร, 2546, การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูป, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AOAC, 1984, Official Methods of Analysis, 14th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. USA.

Fombang, E.N., Taylor, J.R.N., Mbofung, C.M.F. and Minnaar, A., 2005, Use of γ-Irradiation to Alleviate the Poor Protein Digestibility of Sorghum Porridge, Food Chemistry, 79(9): 982-989.

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.

Kerdpiboon, S. and Devahastin, S., 2010, Flow Characteristics and Selected Physical Properties of Porridge Mixed With Pumpkin, Poster Presentation of International Conference on Agriculture and Agro-Industry (ICAAI2010) Food, Health and Trade, 19-20 November 2010, Chiang Rai, Thailand, p. 199.

Ojijo, N.K.O. and Shimoni, E., 2004, Rheological Properties of Fermented Finger Millet (*Elucine coracana*) Thin Porridge, Carbohydrate Polymers, 56: 235-242.

Srikaeo, K. and Sopade, P.A., 2010, Functional Properties and Starch Digestibility of Instant Jasmine Rice Porridge, Carbohydrate Polymers, 82: 952-957.

Table 1 Viscosity and color changes of rehydrated porridge mixed with pumpkin compared to freshly prepared porridge

Drying conditions	Viscosity (Pa.s)	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
D125	0.11±0.00	2.90±0.03	1.56±0.06	1.89±0.04
D130	0.10±0.00	3.86±0.86	1.06±0.01	6.29±0.31
D135	0.09±0.01	4.95±0.30	0.40±0.01	9.04±0.76

[1] Means within the column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

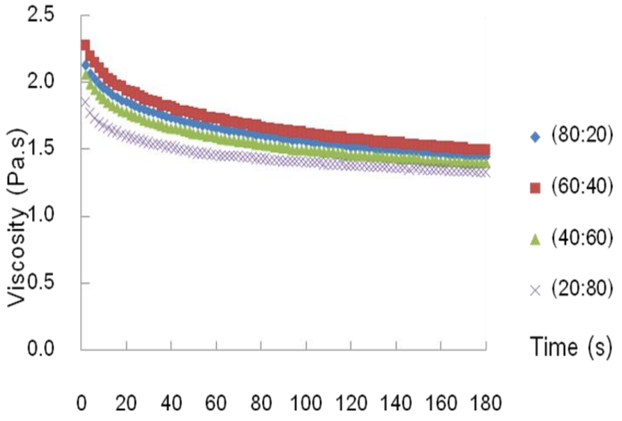


Figure 1 Flow characteristics of rehydrated porridge mixed with pumpkin (ratio of porridge to water of 1:10)

ผลของการใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพเค้กเนย

Effect of Isomaltulose-Substitution on the Qualities of Butter Cake

ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล[1] กฤษณา หงษ์คู [2] และ พิณริยา มุขกระโทก[2]

Itthisoponkul, T.[1], Hongku, K.[2] and Mookkatok, P.[2]

Abstract

Isomaltulose is a reducing disaccharide produced by enzymatic conversion of sucrose obtained from sugar cane. It provides noncariogenic effect and influences slightly glucose and insulin blood levels when digested. The objective of this study was to investigate the effect of isomaltulose replacing sucrose on the qualities of butter cake. Sucrose was replaced with isomaltulose at various levels ranging from 25% to 100%. Butter cake containing 100% sucrose was also prepared to use as the control. Physical properties such as moisture content, color, volume, and hardness of all butter cake recipes were evaluated. The consumer likeness was evaluated using a 9-point hedonic scale. The results showed that moisture content and hardness of butter cakes increased with increasing isomaltulose levels. However, the lightness (L*) of crust and crumb as well as the volumes of cakes decreased with increasing isomaltulose levels. Overall likeness score of the 30% isomaltulose level was highest. Following an in-vitro starch hydrolysis studies, it was found that the hydrolysis rate of 30% isomaltulose butter cake was lower than those of control. Isomaltulose could be used as a partial replacer for sucrose in butter cake for the consumers who concern about healthiness.

Keywords: isomaltulose, butter cake, in-vitro starch hydrolysis

บทคัดย่อ

ไอโซมอลทูโลสเป็นน้ำตาลรีดิวซิ่งที่ผลิตได้โดยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบตั้งต้น มีคุณสมบัติไม่ทำให้ฟันผุและลดระดับกลูโคส และอินซูลินในเลือดได้ งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนน้ำตาลในเค้กเนย โดยใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนน้ำตาลในสูตรที่ระดับร้อยละ 25-100 จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้น้ำตาลซูโครส ผลการทดลองพบว่า เมื่อระดับการแทนที่ด้วยไอโซมอลทูโลสเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณความชื้น ความแข็ง (Hardness) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ส่วนค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกนอก เนื้อใน และปริมาตรของเค้กเนยมีค่าลดลง ($P<0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า เค้กเนยที่ทดแทนด้วยไอโซมอลทูโลสที่ระดับร้อยละ 30 มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด สำหรับการศึกษาอัตราการย่อยของเค้กเนยสูตรที่ทดแทนด้วยไอโซมอลทูโลสร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่า เค้กเนยสูตรที่มีการแทนที่น้ำตาลร้อยละ 30 มีอัตราการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลกลูโคสต่ำกว่าเค้กเนยสูตรควบคุม ดังนั้นการใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนซูโครสบางส่วนในสูตรเค้กเนยจึงเป็นประโยชน์สำหรับสุขภาพของผู้บริโภค

คำสำคัญ: ไอโซมอลทูโลส เค้กเนย การย่อยแป้ง

คำนำ

เค้กเนย เป็นเค้กที่มีเปอร์เซ็นต์ของไขมันและน้ำตาลสูง การขึ้นฟูของเค้กเกิดจากการตีเนยซึ่งทำให้เม็ดไขมันเก็บกักอากาศในระหว่างตีและจะขยายตัวในระหว่างอบ ส่วนน้ำตาลทำหน้าที่ให้ความหวานกับผลิตภัณฑ์ เป็นอาหารของยีสต์ในระหว่างการหมัก ช่วยให้การตีครีมและไข่มีความคงตัวและขึ้นฟู และส่งผลให้เนื้อสัมผัสของขนมดี มีความชุ่มชื้น ปกติน้ำตาล 1 กรัมให้พลังงาน 4 แคลอรี ถ้าหากร่างกายไม่สามารถเผาผลาญแคลอรีเหล่านั้นได้หมด น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนเป็นไขมันเก็บไว้ในส่วนต่างๆ และถ้าร่างกายมีปริมาณน้ำตาลมากเกินไป ตับอ่อนก็จะทำงานหนักเพื่อผลิตอินซูลินออกมาขจัด

[1] คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 วัฒนา กทม. 10110

[1] Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology. Srinakharinwirot University. 114 Sukhumvit 23 Wattana Bangkok 10110

[2] สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 วัฒนา กทม. 10110

[2] Division of Food Science and Nutrition. Srinakharinwirot University. 114 Sukhumvit 23 Wattana Bangkok 10110

น้ำตาลในกระแสเลือด ส่งผลให้เกิดโรคเบาหวาน นอกจากนี้น้ำตาลที่ถูกเปลี่ยนเป็นไขมันสามารถไปอุดตันหลอดเลือดทำให้เป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ ไอโซมอลทูโลสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด ได้แก่ กลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งเหมือนกับซูโครส แต่จะต่างกันที่ตำแหน่งของพันธะที่ยึดระหว่างน้ำตาลทั้ง 2 ชนิด ไอโซมอลทูโลสมีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index) ต่ำ เมื่อถูกย่อยและดูดซึมอย่างสมบูรณ์ภายในลำไส้เล็กและแตกตัวเป็นกลูโคสและฟรุกโตส ให้พลังงาน 4 แคลอรีต่อกรัมเช่นเดียวกับซูโครส แต่ด้วยโครงสร้างทางเคมีดังกล่าว จึงทำให้กระบวนการย่อยและการดูดซึมเป็นไปได้ช้ากว่าซูโครส (Arai และคณะ, 2007) จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน หรือผู้ต้องการควบคุมน้ำหนัก งานวิจัยจึงทำการศึกษาผลของการใช้ไอโซมอลทูโลสแทนน้ำตาลซูโครสในเค้กเนย โดยศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของไอโซมอลทูโลสในการทำเค้กเนย และทำการวัดลักษณะทางกายภาพ ทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้ซูโครส นอกจากนี้มีการศึกษาอัตราการย่อยแป้งของเค้กเนยที่ใช้ไอโซมอลทูโลสเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตเค้กเนยโดยสูตรควบคุมใช้แป้งเค้ก 77 % น้ำตาลทราย 100% เนยเค็ม 75% ไข่ไก่ 85% ผงฟู 2.5% เกลือป่น 0.85% วานิลลา 4% และนมสดชนิดจืด 25% ส่วนสูตรทดลองใช้ไอโซมอลทูโลสแทนที่น้ำตาลทรายในสัดส่วน 25-100% ของน้ำตาลทราย นำแป้งเค้ก ผงฟู เกลือ ผสมเข้าด้วยกัน จากนั้นตีเนยด้วยความเร็วสูงจนขึ้นฟูเป็นสีครีม ค่อยๆ ใส่น้ำตาลแล้วตีให้ขึ้นฟู จากนั้นใส่ไข่แดงตีผสมให้เข้ากัน ตามด้วยส่วนผสมแห้งที่เตรียมไว้ สลับกับการใส่นม และวานิลลา เติมไข่ขาวที่ตีขึ้นฟูไว้ในส่วนผสมแป้ง จากนั้นคนตะล่อมด้วยพายยางเบาๆ ให้เข้าทั่วกัน เทส่วนผสมใส่พิมพ์ อบที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 40-50 นาที ทำการวิเคราะห์คุณภาพของเค้กแต่ละสูตรในด้าน ***ปริมาณความชื้น*** โดยใช้เตาอบลมร้อน อุณหภูมิ 105°C จนได้น้ำหนักคงที่ ***ค่า Hardness*** โดยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD Instrument model LRX 5 k, LLOYD Instrument Ltd.) ***ค่า สี*** (L*,a*, b*) ด้วยเครื่อง Color Guide Gloss (BYK Gardner GmbH, Germany) ***ค่าปริมาตรจำเพาะ*** (specific volume) โดยวิธี American Association of Cereal Chemists (1995) และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้กในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) ในการศึกษา***อัตราการย่อยแป้ง*** ทำการวิเคราะห์สูตรเค้กเนยที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ซูโครส 100%) และขนมปังขาว โดยการวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีของ Goni และคณะ (1997) การประเมินผลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติสำหรับสมบัติทางเคมีกายภาพโดยใช้ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อมีการใช้ไอโซมอลทูโลสในสูตรเค้กเนย ปริมาณความชื้นของเค้กเนยมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่ระดับปริมาณของไอโซมอลทูโลสมากกว่า 30% ขึ้นไปไม่มีผลต่อความชื้นของเค้ก (Table 1) การที่ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจากสูตรปกติ อาจเนื่องจากความชื้นเริ่มต้นของไอโซมอลทูโลสมีมากกว่าซูโครส ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นมากขึ้นด้วย ค่าความแข็ง (Hardness) ของเนื้อเค้ก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อแทนที่น้ำตาลด้วยไอโซมอลทูโลสในระดับที่สูงขึ้น ค่าที่วิเคราะห์มีความสอดคล้องกับลักษณะปรากฏ และลักษณะรูพรุนของเค้ก (Figure 1) โดยจะเห็นได้ว่าเค้กเนยมีลักษณะเนื้อแน่นขึ้น ไม่ขึ้นฟู รูพรุนมีขนาดเล็กลง ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าไอโซมอลทูโลสมีความสามารถในการช่วยให้ไข่ขึ้นฟูและจับอากาศได้น้อยกว่าน้ำตาลซูโครส คุณภาพด้านสีของเค้กเนยพบว่า เค้กเนยที่ใช้ไอโซมอลทูโลสในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ของสีเปลือกนอกและสีเนื้อในมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) ของส่วนเปลือกและเนื้อในมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b*) ของส่วนเปลือกมีค่าลดลง แต่ส่วนเนื้อในมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) การที่สีเปลือกนอกและสีเนื้อในมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ของไอโซมอลทูโลส ซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาคาราเมล (caramelization) ในขณะที่ซูโครสนั้นจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาคาราเมลเป็นหลัก ปริมาตรของเค้กเนยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อใช้ไอโซมอลทูโลสในสูตรมากขึ้น ค่าดังกล่าวมีความสอดคล้องกับค่าความแข็งที่วัดได้จากเครื่องมือ คือ เมื่อเค้กมีลักษณะเนื้อแน่นขึ้น ปริมาตรของเค้กก็ลดลงตามไปด้วย การแก้ไขปัญหาเรื่องปริมาตรของเค้กอาจ

ทำได้โดยใช้สารเพิ่มมวล (bulking agent) เช่น โพลีออล (polyols) หรือโพลีเด็กโทรส (polydextrose) ร่วมกับการใช้สารทดแทนน้ำตาลเพื่อช่วยปรับคุณภาพในด้านเนื้อสัมผัส สีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (Ronda และคณะ, 2005)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยพบว่า เค้กเนยสูตรควบคุมเป็นสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด (คะแนน 7.22) ส่วนเค้กเนยที่ใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนซูโครสที่ระดับสูงมากขึ้นจะได้รับการยอมรับลดลงตามลำดับ อย่างไรก็ตามเค้กเนยที่ใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนซูโครสที่ระดับ 30% ได้รับการยอมรับในช่วงระดับคะแนนไม่ต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยได้คะแนนความชอบระดับ 7.04 (Table 1) ดังนั้นจึงเลือกใช้เค้กเนยที่ใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครสที่ระดับ 30% เพื่อทำการศึกษาในการทดลองขั้นต่อไป

การศึกษาคุณสมบัติการย่อยของเค้กเนย เป็นการศึกษาอัตราการย่อยแป้งให้เป็นกลูโคส ซึ่งเป็นการจำลองระบบการย่อยในร่างกาย โดยในงานวิจัยนี้ทำในหลอดทดลองโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่จำลองมาจากระบบการย่อยของร่างกาย ผลการทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับประเมินอัตราการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสสู่ร่างกาย (Figure 2) เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการย่อยแป้งกับเวลา ซึ่งใช้เวลาการย่อยตั้งแต่ 0 จนถึง 180 นาทีจากกราฟแสดงให้เห็นว่าเค้กเนยที่ใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนที่ระดับ 30% มีอัตราการย่อยที่ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเค้กเนยสูตรควบคุมที่ใช้ซูโครส 100% และขนมปังขาว ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของไอโซมอลทูโลสที่มีการย่อยสลายเป็นไปอย่างช้าๆ เมื่อเปรียบเทียบกับซูโครส (Lina และคณะ, 2002) ดังนั้นเค้กเนยที่ใช้ไอโซมอลทูโลสจึงอาจใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ให้ระดับน้ำตาลต่ำได้ อย่างไรก็ตามควรมีการพัฒนาสูตรเค้กเนยที่มีทั้งการลดปริมาณน้ำตาล และปริมาณไขมันเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพอย่างสูงสุด

สรุปผล

การใช้ไอโซมอลทูโลสในเค้กเนยจะส่งผลให้ได้เค้กที่มีความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และเนื้อเค้กที่ได้มีความแน่นเนื้อสูง ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กลดลง เค้กเนยสูตรที่ใช้ไอโซมอลทูโลสทดแทนที่ระดับ 30% มีการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และมีอัตราการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลต่ำกว่าเค้กเนยสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครส ดังนั้นจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำไอโซมอลทูโลสไปใช้ในผลิตภัณฑ์เค้ก ขนมอบ หรืออาหารเพื่อสุขภาพ โดยมีจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ที่ให้ระดับน้ำตาลต่ำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัทน้ำตาลราชบุรี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบ คือ น้ำตาลไอโซมอลทูโลสในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Arai, H., Mizuno, A., Sakuma, M., Fukaya, M., Matsuo, K., Muto, K., Sasaki, H., Matsuura, M., Okumura, H., Yamamoto, H., Taketani, Y., Doi, T. and Takeda, E, 2007, Effects of a Palatinose-Based Liquid Diet (Inslow) on Glycemic Control and the Second-Meal Effect in Healthy Men, Metabolism, 56: 115-121.

Goni, I., Garcia-Alonso, A. and Saura-Calixto, F, 1997, A Starch Hydrolysis Procedure to Estimate Glycemic Index, Nutrition Research, 17: 427–437.

Lina, B.A.R., Jonker, D. and Kozianowski, G., 2002, Isomaltulose (Palatinose): A Review of Biological and Toxicological Studies, Food Chemistry Toxicology, 40: 1375-1381.

Ronda, F., Gomez, M., Blanco, C.A. and Caballero, P.A., 2005, Effects of Polyols and Nondigestible Oligosaccharides on the Quality of Sugar-free Sponge Cakes, Food Chemistry, 90: 549-555.

Table 1 Physical characteristics and sensory properties of butter cakes

Physicochemical characteristics	control	Isomaltulose 25%	Isomaltulose 30%	Isomaltulose 50%	Isomaltulose 75%	Isomaltulose 100%
Physical properties						
Moisture (%)	17.14a	19.54b	20.16c	20.17c	20.18c	20.18c
Specific volume (cm^3/g)	2.62a	2.42b	2.41b	2.36c	2.36c	2.24d
Crust color						
L*	63.00a	57.56b	57.59b	54.07c	50.25d	45.42e
a*	14.57a	16.11b	16.29bc	16.99d	17.03d	16.56c
b*	32.37a	29.68b	29.63b	29.66b	26.98c	23.71d
Crumb color						
L*	74.39a	74.31a	74.53a	73.45b	71.76c	70.66d
a*	2.34a	5.28b	5.36b	5.41b	5.47b	5.53b
b*	22.89a	26.42b	26.27b	26.24b	30.16c	31.08d
Hardness (kgf)	0.40a	0.60ab	0.64ab	0.69ab	0.93bc	1.29c
Sensory properties						
Appearance	7.11a	6.40bc	6.77ab	6.39bc	6.15c	6.45bc
Color	7.33a	6.23c	6.72b	5.96c	5.87c	6.02c
Odor	6.54a	6.47a	6.82a	6.51a	6.35a	6.53 a
Taste	6.72a	5.90a	6.77a	6.61a	6.44a	6.57a
Hardness	6.15a	6.57 a	6.52a	6.18a	6.07a	6.09a
Overall accept	7.22a	6.93ab	7.04ab	6.71bc	6.41c	6.85b

The values presented are the averages obtained from four cakes prepared with the same formula in two batters. Means with same letters within rows are not significantly different (*$p \geq 0.05$*).

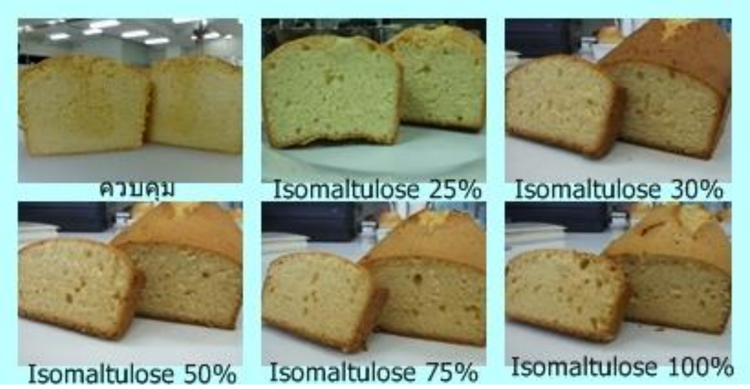


Figure 1 Appearance of butter cakes using different level of isomaltulose

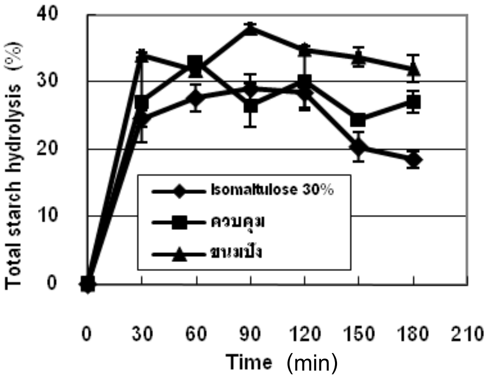


Figure 2 Effect of isomaltulose on hydrolysis rate of butter cakes

ผลของชนิดน้ำมันพืชต่อการดูดซับน้ำมันในอาหารทอด

Effect of Vegetable Oils on the Oil Absorption of Deep Frying Foods

ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล[1] **และ ฎายิน ทัศนเสถียร**[2]

Itthisoponkul, T.[1] and Tassanasatian, D.[2]

Abstract

The aim of this work was to investigate the influence of oil origin on the oil absorption in fried foods which were potato strips and chicken nugget. Four types of oils including rice bran oil, soy bean oil, sunflower oil and palm oil were used to study. The result showed that oil origin had a significant influence on the potato oil uptake. Potato strips fried with sunflower oil had highest oil uptake, followed by rice bran oil, soy bean oil and palm oil, respectively ($P<0.05$). For chicken nugget, sample fried with sunflower oil had highest oil uptake, while samples fried with the other three oils were not significantly different on the oil uptake ($P\geq0.05$). The result indicated that an increase in the time of frying caused an increase in oil uptake and decrease in moisture content of samples. The chemical qualities of oils after frying in term of peroxide value and free fatty acid content had a slightly change because of the short frying time The physical qualities of oils including color and viscosity increased. The Overall likeness score of the potato strips fried in sunflower oil was highest, while those fried with rice bran oil was lowest. There are no significant differences in overall likeness between chicken nuggets fried in different oils.

Keywords: oil uptake, vegetable oils, deep-fat frying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของชนิดน้ำมันพืชต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันของอาหารทอด โดยศึกษาในน้ำมันพืช 4 ชนิดคือ น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันปาล์ม และตัวอย่างอาหารที่ใช้ทอด คือ มันฝรั่งแท่ง และนักเก็ตไก่ ใช้สภาวะในการทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที ผลการทดลองพบว่า มันฝรั่งแท่ง ที่ทอดด้วยน้ำมันพืชด้วยน้ำมันทานตะวันมีการดูดซับน้ำมันสูงที่สุด รองมา คือ น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม ตามลำดับ ($P<0.05$) ส่วนนักเก็ตไก่ที่ทอดในน้ำมันทานตะวัน มีการดูดซับน้ำมันสูงกว่าน้ำมันพืชอีก 3 ชนิด คือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว โดยปริมาณการดูดซับน้ำมันจากน้ำมันพืชทั้งสามชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\geq0.05$) ในระหว่างการทอดอาหารทั้งสองชนิด ที่อุณหภูมิคงที่ เมื่อเวลาในการทอดนานขึ้น ปริมาณน้ำมันในอาหารจะมากขึ้น ในขณะที่ความชื้นในอาหารลดลง ด้านการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางของน้ำมันพืชหลังการทอด พบว่า น้ำมันพืชทุกชนิดมีการเปลี่ยนคุณภาพทางเคมีค่อนข้างน้อย (ค่าเปอร์ออกไซด์ ปริมาณกรดไขมันอิสระ) เนื่องจากระยะเวลาในการทอดสั้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ พบว่า สีของน้ำมันพืชทุกชนิดมีสีเข้มขึ้น ความหนืดเพิ่มขึ้น ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารที่ผ่านการทอด พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับมันฝรั่งแท่งที่ทอดในน้ำมันทานตะวันมากที่สุด และให้การยอมรับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยน้ำมันรำข้าวต่ำที่สุด ส่วนนักเก็ตไก่ ผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างกันเมื่อทอดในน้ำมันแต่ละชนิด

คำสำคัญ: การดูดซับน้ำมัน น้ำมันพืช การทอดแบบน้ำมันท่วม

คำนำ

อาหารทอดเป็นที่นิยมบริโภคกันมากในปัจจุบัน ทั้งในรูปแบบของอาหารว่าง อาหารฟาสต์ฟู้ดส์ หรืออาหารที่ปรุงในครัวเรือน แต่การบริโภคอาหารที่มีน้ำมันในปริมาณสูงอาจทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพตามมาทั้งโรคหัวใจ โรคความดัน

[1] **คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ** 114 **สุขุมวิท** 23 **วัฒนา กทม.** 10110

[1] Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology. Srinakharinwirot University. 114 Sukhumvit 23 Wattana Bangkok 10110

[2] **ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ** 114 **สุขุมวิท** 23 **วัฒนา กทม.** 10110

[3] Division of Home Economics, Faculty of Science. Srinakharinwirot University. 114 Sukhumvit 23 Wattana Bangkok 10110

โรคมะเร็ง เป็นต้น การลดการดูดซับน้ำมันในอาหารโดยที่ยังคงไว้ซึ่งคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารนั้นๆ จะทำให้ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ ได้ กลไกการดูดซับน้ำมันของอาหารส่วนใหญ่พบว่าเกิดจากการแทนที่น้ำที่สูญเสียไประหว่างการทอด โดยเมื่อเริ่มกระบวนการทอด อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ความชื้นเริ่มระเหยออกจากอาหาร ทำให้เกิดช่องว่างภายในเนื้ออาหาร ซึ่งให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ได้ โดยสามารถดูดซับอยู่ในอาหารได้ถึง 40% ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับระหว่างการทอด ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิระหว่างการทอด ระยะเวลาการทอด ลักษณะของอาหาร และคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด เป็นต้น ซึ่งปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับนี้จะมีผลต่อคุณภาพของอาหารทอดทั้งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นและรส (Kozemple และคณะ, 1991; Saguy และ Dana, 2003) น้ำมันที่นิยมใช้ในการทอดอาหารมีหลายชนิด เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันทานตะวัน น้ำมันเรพสีด น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันไฮโดรจิเนท การเลือกชนิดของน้ำมันในการทอดนั้นอาจส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารทอด รวมถึงการดูดซับน้ำมัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของชนิดน้ำมันพืชที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน น้ำมันรำข้าว และน้ำมันปาล์ม ต่อการดูดซับน้ำมันในอาหารทอด คุณภาพของน้ำมันที่ผ่านการทอดและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ โดยตัวอย่างอาหารที่มานำทดสอบมี 2 ประเภท คือ นักเก็ตไก่ และมันฝรั่งชนิดแท่ง ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้น้ำมันให้เหมาะกับอาหารทอด โดยให้มีการดูดซับน้ำมันได้ต่ำ แต่ยังคงคุณภาพด้านการบริโภคไว้

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทอดตัวอย่างอาหาร ได้แก่ นักเก็ตไก่ และมันฝรั่งชนิดแท่ง ในน้ำมันพืชแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องทอดแบบควบคุมอุณหภูมิได้ ใช้น้ำมันพืชจำนวน 3 ลิตรต่อน้ำหนักอาหาร 300 กรัม และอุณหภูมิในการทอดที่ 160°C ทำการทอดแบบน้ำมันท่วมชิ้นอาหาร เป็นเวลา 1, 2, 3, และ 4 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาทอด นำตัวอย่างอาหารวางให้สะเด็ดน้ำมันเป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารในด้าน ***ปริมาณน้ำมัน*** โดยใช้เครื่องสกัดไขมัน (Soxhet extraction unit; Buchi 180, Switzerland) ***ปริมาณความชื้น*** โดยใช้เตาอบลมร้อน อุณหภูมิ 105°C จนได้น้ำหนักคงที่ ส่วนน้ำมันพืชก่อนและหลังการทอด ทำการวิเคราะห์ ***ค่าเปอร์ออกไซด์*** โดยวิธี AOCS Official Method (AOCS, 2002) ***ค่าไอโอดีน*** โดยวิธี AOCS Official Method (AOCS, 2002) ***ค่าความเป็นกรด*** โดยวิธี AOCS Official Method (AOCS, 2002) ***ค่าสี*** (L*,a*, b*) ด้วยเครื่อง Color Guide Gloss (BYK Gardner GmbH, Germany) ***ค่าความหนืด*** ด้วยเครื่อง Brookfield (RVTDV II, USA) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของอาหารทอดแต่ละชนิดในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 7 = ชอบมากที่สุด) การประเมินผลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติสำหรับสมบัติทางเคมีกายภาพโดยใช้ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในระหว่างที่ทำการทอดอาหารที่อุณหภูมิคงที่ จะพบว่าปริมาณความชื้นของมันฝรั่งแท่ง มีค่าลดลงตามเวลาการทอดที่นานขึ้น ในขณะเดียวกันจะเห็นว่ามันฝรั่งแท่งมีการดูดซับน้ำมันเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่เวลา 4 นาที พบว่า มันฝรั่งที่ทอดในน้ำมันทานตะวันมีการดูดซับน้ำมันมากที่สุด รองมาคือ น้ำมันรำข้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง ตามลำดับ ทั้งนี้การดูดซับน้ำมันของมันฝรั่งในน้ำมันแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สำหรับตัวอย่างนักเก็ตไก่ ผลการทดลองมีแนวโน้มเหมือนกัน คือ เมื่อทอดนักเก็ตไก่เป็นเวลานานขึ้น ความชื้นจะลดลง และปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับในอาหารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม นักเก็ตไก่ที่ทอดในน้ำมันทานตะวัน มีการดูดซับน้ำมันสูงกว่าน้ำมันพืชอีก 3 ชนิด คือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว โดยปริมาณการดูดซับน้ำมันจากน้ำมันพืชทั้งสามชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียความชื้นจากชิ้นอาหารกับการดูดซับน้ำมัน ในอาหารทั้งสองชนิด จะพบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง (Figure 1) ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่า กลไกการดูดซับน้ำมันเกิดจากการแทนที่ความชื้นในชิ้นอาหารที่สูญเสียไปในระหว่างการทอด (Oliveria และคณะ, 1994; Krokida และคณะ, 2000) เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำมันพืชที่ถูกดูดซับในอาหารทั้งสองชนิด พบว่านักเก็ตไก่มีการดูดซับน้ำมันน้อยกว่ามันฝรั่งแท่ง เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นของนักเก็ตไก่น้อยกว่ามันฝรั่งแท่ง นอกจากนี้นักเก็ตไก่มีความหนาของชิ้นตัวอย่างมากกว่ามันฝรั่ง

แท่ง ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการสูญเสียความชื้นและการดูดซับน้ำมันน้อย สอดคล้องกับรายงานของ Krokida และคณะ (2000)

คุณภาพทางเคมีกายภาพของน้ำมันพืชแต่ละชนิดก่อนและหลังการทอด แสดงดัง Figure 2 พบว่าน้ำมันพืชทุกชนิดที่ผ่านการทอดมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีเล็กน้อย โดยค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันพืชทุกชนิดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เกินค่าตามมาตรฐานกำหนด คือ 10 meq/kg แสดงว่าน้ำมันพืชแต่ละชนิดสามารถนำไปใช้ทอดซ้ำได้อีก ค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชแต่ละชนิดหลังการทอดมีค่าลดลงจากเริ่มต้น ยกเว้นน้ำมันปาล์มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เนื่องจากน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ส่วนปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันพืชทุกชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังการทอด โดยเกิดจากการไฮโดรไลซ์น้ำมันระหว่างการทอดให้เป็นกรดไขมันอิสระ หากมีกรดไขมันอิสระสูง ทำให้น้ำมันเกิดควันได้ง่าย เกิดออกซิเดชันได้เร็วขึ้น สร้างกลิ่นรสผิดปกติ และส่งผลให้อาหารดูดซับน้ำมันมากขึ้น อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ค่าปริมาณกรดไขมันอิสระเปลี่ยนแปลงจากเดิมน้อยมาก เนื่องจากระยะเวลาในการทอดค่อนข้างสั้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำมันด้านสี และความหนืด (ข้อมูลไม่ได้แสดง) พบว่า น้ำมันพืชทุกชนิดหลังการทอดมีสีเข้มขึ้น (L* ลดลง) โดยมีสีเข้มไปทางสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น (b* เพิ่มขึ้น) และความหนืดของน้ำมันพืชทุกชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นหลังผ่านการทอด โดยน้ำมันพืชที่ใช้กับตัวอย่างอาหารทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเดียวกัน คือ มีความหนืดเพิ่มขึ้นมากที่สุดในน้ำมันปาล์ม น้ำมันทานตะวัน น้ำมันรำข้าว และน้ำมันถั่วเหลือง ตามลำดับ

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของอาหารที่ผ่านการทอด แสดงดัง Table 1 พบว่า การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งแท่งที่ทอดในน้ำมันทานตะวันมีค่ามากที่สุด รองมาคือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าวตามลำดับ สาเหตุที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำมันรำข้าวและน้ำมันปาล์มน้อยอาจเนื่องจากผู้บริโภครู้สึกถึงกลิ่นน้ำมัน และความอมน้ำมันมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ ทั้งที่ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับในตัวอย่างน้ำมันรำข้าวและน้ำมันปาล์ม มีน้อยกว่าสำหรับตัวอย่างนักเก็ตไก่ เมื่อพิจารณาการยอมรับโดยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับน้ำมันพืชแต่ละชนิด เมื่อพิจารณาผลระหว่างการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบกับปริมาณการดูดซับน้ำมันที่วิเคราะห์จากเครื่องมือ จะเห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกันระหว่าง ปริมาณน้ำมันในอาหาร กับความรู้สึกถึงการอมน้ำมัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบกรดไขมันที่แตกต่างกันในน้ำมันพืชแต่ละชนิด มีผลต่อความรู้สึกทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคแตกต่างกันด้วย

สรุปผล

การดูดซับน้ำมันในอาหารทอดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของน้ำมันพืช และชนิดของอาหาร สำหรับมันฝรั่งแท่งที่ทอดในน้ำมันปาล์มมีการดูดซับน้ำมันน้อยที่สุด ส่วนนักเก็ตไก่ที่ทอดในน้ำมันรำข้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลืองให้การดูดซับไม่แตกต่างกัน ในการเลือกน้ำมันสำหรับบริโภคนอกจากจะพิจารณาด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหารแล้ว ควรคำนึงถึงองค์ประกอบหรือคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันแต่ละชนิดด้วย น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวมากกว่าน้ำมันพืชอีกสามชนิด ดังนั้นการใช้น้ำมันรำข้าวสำหรับอาหารทอดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เพื่อลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

Kozempel, M.F., Tomasula, P.M. and Craig, J.C., 1991, Correlation of Moisture and Oil Concentration in French Fries, Lebensmittel Wissenchaft and Technology, 24: 445-448.

Krokida, M.K., Oreopoulou, V. and Maroulis, Z.B., 2000, Water Loss and Oil Uptake as a Function of Frying Time, Journal of Food Engineering, 44: 39-46.

Oliveria, J.C., Pereira, P.M. and Oliveira, F.A., 1994, The Role of Transport Phenomena, In R.P. Singh and F.A. Oliveira (Eds.) Minimal Processing of Foods and Process Optimization, Boca Raton, USA:CRC Press.

Saguy, I.S. and Dana, D., 2003, Integrated Approach to Deep Fat Frying: Engineering, Nutrition, Health and Consumer Aspects, Journal of Food Engineering, 56: 143-152.

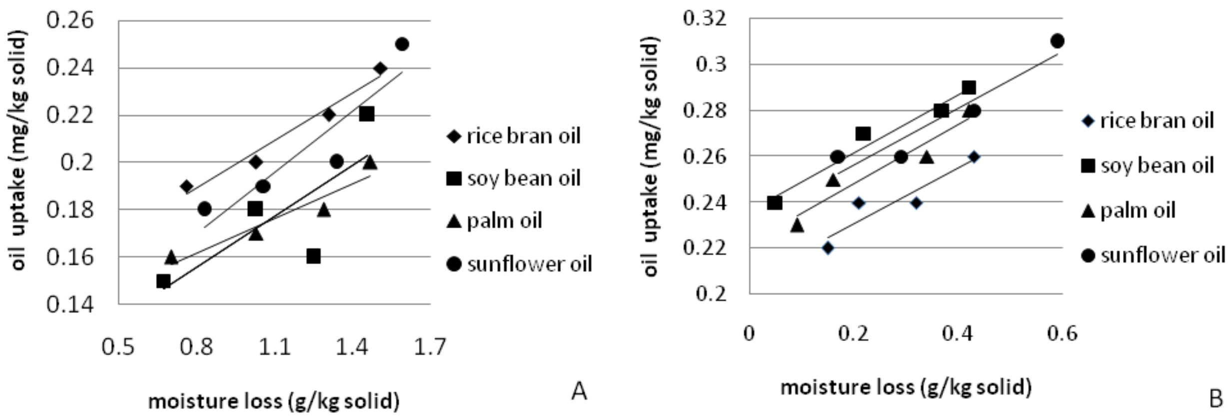


Figure 1 Relationship between moisture loss and oil uptake of fried foods in different vegetable oils; French fries (A) and Chicken nugget (B)

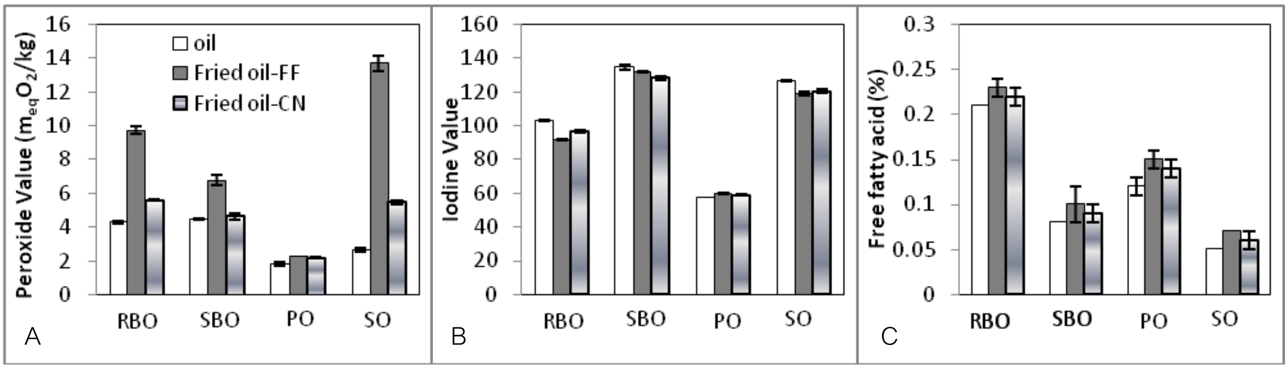


Figure 2 Changes in (A) peroxide value, (B) iodine value and (C) free fatty acid content of vegetable oils. Symbols in pictures are described as follow; oil = vegetable oil, Fried oil-FF = fried oil used for french fries, Fried oil-CN = fried oil used for chicken nugget, RBO = rice bran oil, SBO = soybean oil, PO = palm oil, SO = sunflower oil

Table 1 Sensory scores of fried food in different vegetable oils

Sensory attributes	French fries				Chicken nugget			
	RBO	SBO	PO	SO	RBO	SBO	PO	SO
Colour	3.41b	4.06a	3.88a	3.29b	3.88a	3.76a	3.82a	3.76a
Taste	4.82a	3.70c	4.41b	2.94d	4.05a	3.35b	3.76a	3.00b
odor	4.57a	3.29b	3.47b	3.77b	3.47a	3.17a	3.29a	3.17a
texture	3.47a	3.52a	3.47a	3.41a	3.76a	3.82a	3.76a	3.76a
Overall accept	2.88c	4.11b	3.29c	5.23a	5.29a	5.25a	5.36a	5.47a

The values presented are the averages means, the same letters within rows are not significantly different ($p \geq 0.05$).

การทำให้สเต็กหมูนุ่มด้วยเอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรด ประเมินโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสและเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

Tenderization of Pork Steak with Fruit Bromelain from Pineapple Monitored by Sensory Evaluation and Texturometer

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์[1] พัชณี ธีระสำราญ[1] ชลทิศ โชคปิตินันท์[1] และ สุรพงษ์ พินิจกลาง[1]

Ieowsakulrat, S.[1], Theerasamran, P.[1], Chokpitinun, C.[1] and Pinitglang, S.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the tenderization of pork steak with fruit bromelain from pineapple. The physicochemical properties were tested for pH, %ash, %moisture and total soluble solid (TSS). Crude fruit bromelain was extracted by protein precipitation with 95% ethanol. The enzymatic activity of crude fruit bromelain was determined by Casein Digestion Unit (CDU) method. Tenderization of pork formula 1 was pork steak with 0.038% commercial bromelain and formula 2 and 3 were pork steak with crude fruit bromelain 0.038% and 0.0755%, respectively. All formulas were treated with bromelain for 30 minutes and were fried for sensory evaluation (9-point hedonic scale). The texture analysis was tested shear force by texture analyzer. The results of physicochemical properties from crude fruit bromelain from pineapple were pH 4.3, ash 0.28%, moisture 85.12% and TSS 11.0%. CDU of bromelain was obtained 1855.36 and 3243.72 CDU/mg for commercial tenderizer and crude fruit bromelain, respectively. The sensory evaluation indicated that the score of taste, tenderness and overall liking of 3 treated pork steaks were not significantly different ($p>0.05$). However, the shear force showed that formula 1 was not significantly different from formula 2 and 3 ($p>0.05$) but formula 2 showed higher than formula 3 ($p<0.05$). The result from this study of crude fruit bromelain from pineapple could be used for meat tenderizer.

Keywords: fruit bromelain, sensory evaluation, texturometer

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการใช้เอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรดในการทำให้สเต็กหมูนุ่ม การทดสอบสมบัติทางเคมีกายภาพได้แก่ ค่า pH ปริมาณเถ้า ความชื้น และสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) และนำไปสกัดเอนไซม์โบรมิเลนโดยการตกตะกอนโปรตีนด้วย เอทิล แอลกอฮอล์ 95% ทดสอบแอกติวิตีของเอนไซม์โบรมิเลนสกัดหยาบโดยวิธี Casein Digestion Unit (CDU) ทำการทดลองหมักเนื้อหมูเปรียบเทียบผงหมักเนื้อทางการค้าโดยแปรปริมาณเอนไซม์ต่อสเต็กหมู โดยสูตรที่1ใช้เอนไซม์ทางการค้า 0.038% ส่วนสูตร 2 และ 3 ใช้เอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบ 0.038 และ 0.075% หมักนาน 30 นาที นำไปทอดจากนั้นประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale และทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูโดยการวัดค่าแรงเฉือนด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Texture analyzer) สมบัติทางเคมีกายภาพของเอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบจากผลสับปะรดมีค่า pH เท่ากับ 4.30 ค่าปริมาณเถ้า ความชื้น และ TSS เท่ากับ 0.28 85.12 และ 11.0 % ตามลำดับ ส่วนค่า CDU ของเอนไซม์โบรมิเลนทางการค้าและเอนไซม์โบรมิเลนที่สกัดแบบหยาบจากผลสับปะรดมีค่าเท่ากับ 1855.36 และ 3243.72 CDU/mg ตามลำดับ ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ความนุ่มและความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่าง($p>0.05$) ค่าแรงเฉือนของสูตร 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตร 2และสูตร 3 ($p>0.05$) แต่สูตร 2 มีค่าแรงเฉือนมากกว่าสูตร 3 ($p<0.05$) เอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบในงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นผงหมักเนื้อได้

คำสำคัญ: fruit bromelain การทดสอบทางประสาทสัมผัส เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce Vibhavadee Rangsit Road Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

คำนำ

เอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรดเป็นเอนไซม์โปรติเนสจากพืชที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เอนไซม์โบรมิเลนสามารถพบได้ในทุกส่วนของสับปะรด ในปัจจุบันมีการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนเพื่อใช้เป็นผงหมักเนื้อ อย่างไรก็ตามจะพบว่าผงหมักเนื้อทางการค้ามักมีส่วนผสมของเกลือและอื่นๆ ในปริมาณมาก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการใช้เอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรดในการทำให้สเต็กหมูนุ่ม

อุปกรณ์และวิธีการ

นำแกนสับปะรดซึ่งมีเอนไซม์โบรมิเลนจากผลสับปะรดผสมอยู่มาตัดแต่ง ล้าง และปั่นละเอียด แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางเคมีกายภาพได้แก่ ค่า pH ปริมาณเถ้า ความชื้น และสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) และนำไปสกัดเอนไซม์โบรมิเลนโดยการตกตะกอนโปรตีนด้วย เอทิล แอลกอฮอล์ 95% ทดสอบแอกติวิตีของเอนไซม์โบรมิเลนสกัดหยาบโดยวิธี Casein Digestion Unit (CDU) ทำการทดลองหมักเนื้อหมูเปรียบเทียบผงหมักเนื้อทางการค้าโดยแปรปริมาณเอนไซม์ต่อสเต็กหมู โดยสูตรที่1ใช้เอนไซม์ทางการค้า 0.038% ส่วนสูตร 2 และ 3 ใช้เอนไซม์โบรมิเลนสกัดแบบหยาบ 0.038 และ 0.075% หมักนาน 30 นาที นำไปทอดประมา ณ 6 นาที จากนั้นประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale และทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของสเต็กหมูโดยการวัดค่าแรงเฉือนด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Texture analyzer)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พบว่าสมบัติทางเคมีกายภาพของเอนไซม์สกัดหยาบ มีค่า pH เท่ากับ 4.30 ปริมาณเถ้า ความชื้นและ TSS มีค่าเท่ากับ 0.28 ,85.12 และ 11.0% ตามลำดับ ลักษณะปรากฏของเอนไซม์หลังผ่านการตกตะกอนด้วยเอทานอล มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองและมีค่าผลผลิตที่ได้เท่ากับ 0.03 % ส่วนผลของการทดสอบแอกติวิตีของเอนไซม์โบรมิเลนสกัดหยาบเท่ากับ 3243.72 CDU/mg และของเอนไซม์โบรมิเลนทางการค้ามีค่าเท่ากับ 1855.36 CDU/mg ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ทางการค้าที่นำมาทดสอบนั้นมีส่วนผสมอื่นอยู่ด้วยซึ่งมีผลทำให้ค่าที่ได้มีน้อยกว่าเอนไซม์ที่สกัดได้ (ข้อมูลเบื้องต้นของผงหมักเนื้อทางการค้า ส่วนประกอบได้แก่ เกลือ 91 % เอนไซม์โบรมีเลน 2.5 %น้ำตาล 5.5 % และแคลเซียมซิลิเคต 1% ส่วนวิธีใช้บนฉลากผลิตภัณฑ์ระบุว่าใช้ 15 กรัมต่อเนื้อหมู 500 กรัมหมักทิ้งไว้ 15-30 นาที (ผงหมักเนื้อ 15 กรัม เท่ากับ เอนไซม์โบรมีเลน 0.375 กรัม) และจากการศึกษาเบื้องต้นโดยทดลองใช้ผงหมักเนื้อทางการค้าตามที่ระบุบนฉลากพบว่าสเต็กหมูมีรสชาติเค็มมาก จึงทำการปรับลดโดยปริมาณผงหมักเนื้อจาก 15 กรัมเป็น 7.5 กรัม ต่อเนื้อหมู 500 กรัม ดังนั้นปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ คือ 0.038%)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ความนุ่ม และความชอบโดยรวมของสเต็กทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า สเต็กหมูสูตรที่ไม่เติมเอนไซม์โบรมิเลนจะมีค่าแรงเฉือนแตกต่างกับสูตรที่เติมเอนไซม์โบรมิเลนอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) การใช้เกลือและน้ำตาลไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของสเต็กที่ใช้ผงหมักเนื้อและเอนไซม์สกัดหยาบพบว่า ค่าแรงเฉือนของสูตร 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตร 2และสูตร 3 ($p>0.05$) แต่ค่าแรงเฉือนของสูตรที่ 2 กับสูตรที่ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) ดังนั้นการใช้เอนไซม์สกัดหยาบสามารถทำให้สเต็กหมูนุ่มได้ใกล้เคียงกับผงหมักเนื้อทางการค้า และเมื่อปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนสกัดหยาบเพิ่มขึ้นส่งผลให้ สเต็กหมูมีความนุ่มเพิ่มมากขึ้น

สรุปผล

แกนสับปะรดสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดเอนไซม์โบรมิเลนแบบหยาบและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาหารประเภทสเต็กให้ผลใกล้เคียงกับผงหมักเนื้อทางการค้า ซึ่งเป็นการช่วยในการเพิ่มมูลค่าและลดของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรด

Table 1 Important commercial bromelain, crude bromelain, salt and sugar of steak formula ingredients

Formula	Amount (g)/ 100g pork steak			
	Commercial enzyme	Crude bromelain	salt	sugar
Formula 1	0.038	-	1.365	0.0825
Formula 2	-	0.038	1.365	0.0825
Formula 3	-	0.075	1.365	0.0825
Formula 4	-	-	-	-
Formula 5	-	-	1.365	0.0825

Formula 1 is steak recipe that use 0.038 % commercial enzyme (by weight)

Formula 2 is a steak recipe that use 0.038 % crude enzyme extracted from pineapple (by weight).

Formula 3 is a steak recipe that use 0.075 % crude enzyme extracted from pineapple (by weight).

Formula 4 is a steak recipe that no use enzyme, salt and sugar.

Formula 5 is a steak recipe that no use enzyme but add salt and sugar.

Table 2 Correlation between sensory and compositional characteristics of ingredients.

	Test scores		
	Flavor ^{ns}	Tenderness ^{ns}	Overall liking ^{ns}
Formula 1	7.13±0.94	6.73±1.34	7.20±1.00
Formula 2	6.73±1.41	6.57±1.50	6.97±1.22
Formula 3	7.07±1.00	6.97±1.30	7.27±1.01

^{ns} Non-significant (p>0.05)

Formula 1 is a steak recipe that use 0.038 % crude enzyme extracted from pineapple (by weight).

Formula 2 is a steak recipe that use 0.038 % crude enzyme extracted from pineapple (by weight).

Formula 3 is a steak recipe that use 0.075 % crude enzyme extracted from pineapple (by weight).

Table 3 Correlation between shear force and compositional characteristics of ingredients.

Sample	Shear force (N)
Formula 1	40.23±3.56^{bc}
Formula 2	42.06±3.31^{b}
Formula 3	36.35±1.00^{c}
Formula 4	54.65±2.40^{a}
Formula 5	54.10±2.78^{a}

^{a,b,c} Values with different letter in same column different significantly. (p<0.05)

Formula 1 is a steak recipe that use 0.038 % crude enzyme extracted from pineapple (by weight).

Formula 2 is a steak recipe that use 0.038 % crude enzyme extracted from pineapple (by weight).

Formula 3 is a steak recipe that use 0.075 % crude enzyme extracted from pineapple (by weight).

Formula 4 is a steak recipe that no use enzyme, salt and sugar.

Formula 5 is a steak recipe that no use enzyme but add salt and sugar.

เอกสารอ้างอิง

วิชชุดา สังข์แก้ว, 2553, ระบบอุตสาหกรรมของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ประมง, กรุงเทพมหานคร : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

วราพันธุ์ จินตณวิชญ์ อุทัย คันโธ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และปุณฑริกา หะริณสุต, 2547, การศึกษาปริมาณเอนไซม์โบรมิเลน องค์ประกอบทางเคมีจากน้ำคั้นสับปะรดและการ นำไปใช้ประโยชน์ย่อยโปรตีนในกากถั่วเหลือง, ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, 3-6 กุมภาพันธ์ 2547, หน้า 26-32. กรุงเทพมหานคร: สาขาสัตวแพทยศาสตร์.

อรวินทร์ วงศ์มีเกียรติ, 2527, การผลิตเอนไซม์โบรมิเลนจากส่วนเหลือทิ้งของสับปะรด, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Benito, M.J., Rodríguez, M., Acosta, R. and Cordoba, J.J., 2003, Effect of the Fungal Extracellular Protease EPg222 on Texture of Whole Pieces of Pork Loin, Meat Science, 65(2): 877-884.

Marques, A.Y., Maróstica, M.R. and Pastore, G.M., 2010, Some Nutritional, Technological and Environmental Advances in the use of Enzymes in Meat Products. Enzyme Research, 2010, article ID 480923, 8 pages.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 461-464 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 461-464 (2554)

ผลของระยะเวลาในการทำให้เมล็ดบัวสุก อุณหภูมิและเวลาการออสโมซิส ต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส

Effect of Lotus Seed Cooking Time, Temperature and Time of Osmosis on Mass Transfer During Osmotic Dehydration

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] วรวีร์ หอมหวาน[1] และ กนกวรรณ มั่นศีล[1]

Yuenyongputtakal, W.[1], Homwhan, W.[1] and Munsil, K.[1]

Abstract

This research aim was to develop the intermediate moist lotus seed product by osmotic dehydration. Effect of lotus seeds cooking time (steam-blanching for 30 and 35 min.), osmosis temperature (room temperature and 45°C) and osmosis time (3 and 6 h.) were studied. Sucrose solution at concentration of 40% w/v was used as the osmotic solution. The result showed that all three factors had interaction effects on mass transfer parameters ($p< 0.05$) in terms of water loss (WL), solid gain (SG) and weight reduction (WR). It was found that WL, SG and WR of all treatments were in range of 18.14-28.47%, 12.49-19.12% and 6.62-13.32%, respectively. However, there were no effects on WL/SG ($p\geq0.05$). The result from sensory evaluation revealed that the osmosed samples from the condition as follows: steam-blanching of lotus seed for 30 min and soaking in the osmotic solution at room temperature (27±2 °C) for 3 h obtained the highest overall liking scores ($p< 0.05$).

Keywords: lotus seed, osmotic dehydration, mass transfer

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมล็ดบัวกึ่งแห้งด้วยวิธีออสโมซิส ศึกษาผลของระยะเวลาในการทำให้เมล็ดบัวสุก (โดยการนึ่งนาน 30 และ 35 นาที) อุณหภูมิการออสโมซิส (อุณหภูมิห้อง และ 45°C) และเวลาการออสโมซิส (3 และ 6 ชั่วโมง) ต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส การทดลองนี้ใช้สารละลายออสโมติกคือสารละลายซูโครสความเข้มข้น 40 % w/v ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยทั้ง 3 มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ค่าการสูญเสียน้ำ (WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และน้ำหนักที่ลดลง (WR) ($p< 0.05$) โดยพบว่า ค่า WL SG และ WR ของทุกสิ่งทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 18.14-28.47%, 12.49-19.12%และ 6.62-13.32% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่มีผลต่อค่า WL/SG ($p\geq0.05$) ผลจากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสจากสภาวะดังนี้ คือ นึ่งเมล็ดบัวนาน 30 นาที ออสโมติกที่อุณหภูมิห้อง (27±2 °C) นาน 3 ชั่วโมง ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ($p< 0.05$)

คำสำคัญ: เมล็ดบัว การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส การถ่ายเทมวลสาร

คำนำ

ปัจจุบันการนำเมล็ดบัวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ยังมีอยู่ในวงจำกัด มักนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารชนิดต่างๆ เช่น เป็นส่วนประกอบของไส้ขนมและขนมหวาน เป็นต้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์เมล็ดบัวกึ่งแห้งพร้อมรับประทานจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์เมล็ดบัวได้ โดยเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีลักษณะเป็นเมล็ดบัวสุกสามารถรับประทานได้ทันที มีรสหวาน เนื้อสัมผัสนิ่ม และสามารถเก็บรักษาได้นาน ซึ่งจัดเป็นอาหารประเภทกึ่งแห้งสามารถผลิตได้โดยมีหลักการ คือ การแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้นอยู่ในช่วง 15-40 % และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.6–0.9 ซึ่งจะมีน้ำที่เป็นประโยชน์ในการทำปฏิกิริยาทางเคมี และเพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพียงเล็กน้อย (Smith และ Norvell, 1975) วิธีการหนึ่งที่สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งที่มีคุณภาพดี คือ การประยุกต์ใช้กรรมวิธีการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสร่วมกับการอบแห้ง วิธีออสโมซิสเป็นการดึงน้ำบางส่วนออกจากอาหาร โดยอาหารมีการเปลี่ยนแปลง

[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

คุณลักษณะด้านต่างๆ เพียงเล็กน้อย ก่อนนำไปอบแห้ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการออสโมซิสจะมีความชื้นลดลงจึงทำให้ลดเวลาในการอบแห้งลงได้ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และคุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงไปน้อยกว่าการอบแห้งเพียงอย่างเดียว โดยปกติเมล็ดบัวมีจำหน่ายในรูปแบบเมล็ดบัวแห้ง ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารจึงต้องนำมาทำให้สุกก่อน สำหรับในการออสโมซิสพบว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการออสโมซิส เป็นปัจจัยที่สำคัญที่อาจส่งผลต่อความสามารถในการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสได้ มีรายงานว่า การใช้อุณหภูมิที่สูงมากกว่าอุณหภูมิห้อง จะทำให้โครงสร้างชิ้นอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป มีความนุ่มมากขึ้น และอุณหภูมิที่สูงจะช่วยให้การแทรกซึมของสารละลายออสโมติกเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้เวลาในการออสโมซิสเกี่ยวข้องกับโอกาสที่น้ำในอาหารสามารถถ่ายเทออกสู่สารละลายออสโมติกด้วย (Le Marguer, 1988) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการนึ่งเมล็ดบัว อุณหภูมิและเวลาในการออสโมซิสต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส ซึ่งได้ข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมล็ดบัวกึ่งแห้งพร้อมรับประทานต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

แปรปัจจัยที่ศึกษาเป็น 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ดังนี้คือ ปัจจัยที่ 1 เวลาในการนึ่งเมล็ดบัว คือ 30 และ 35 นาที ปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิในการออสโมซิส คือ อุณหภูมิห้อง (27±1 $^{\circ}$C) และอุณหภูมิ 45 $^{\circ}$C และปัจจัยที่ 3 เวลาในการออสโมซิส คือ 3 และ 6 ชั่วโมง การนึ่งเมล็ดบัวทำได้โดยนำเมล็ดบัวแห้งปริมาณ 200 กรัม มาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที ในอัตราส่วนเมล็ดบัวต่อน้ำ เป็น 1: 10 w/v จากนั้นวางผึ่งไว้เป็นเวลา 5 นาที และนำมาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำมาดึงต้นอ่อน (ดีบัว) ออก และล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง นำเมล็ดบัวมานึ่งด้วยไอน้ำ นึ่งเมล็ดบัวตามเวลาที่กำหนด นำเมล็ดบัวมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเมล็ดบัวเย็น ส่วนการออสโมซิส ทำได้โดย นำเมล็ดบัวที่ผ่านการนึ่งแล้วมาแช่ลงในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 40% w/v กำหนดอัตราส่วนเมล็ดบัวต่อสารละลายเป็น เป็น 1:10 w/w แช่ตามอุณหภูมิ และเวลาที่กำหนด และทุก 1 ชั่วโมง นำเมล็ดบัวที่ผ่านการออสโมซิสมาล้างน้ำเพื่อกำจัดสารละลายน้ำตาลส่วนเกินออกและวางซับบนกระดาษ นำไปชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์ปริมาณความชื้น และคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss : WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain : SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight reduction :WR) รวมถึงทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD สำหรับค่าการถ่ายเทมวลสาร ส่วนการประเมินด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range tests

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปัจจัยด้านเวลาในการนึ่งเมล็ดบัว อุณหภูมิและเวลาในการออสโมซิส มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า WL SG และ WR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จาก Table 1 พบว่า WL SG และ WR ของทุกสิ่งทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 18.14-28.47% 12.49-19.12 % และ 6.62-13.32 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ในระหว่างการออสโมซิส เมล็ดบัวมีการถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้น เนื่องจากก่อนการออสโมซิส จำเป็นต้องทำให้เมล็ดบัวสุกก่อน จากขั้นตอนการเตรียมเมล็ดบัวโดยนำมาลวกในน้ำเดือด แช่น้ำ และนึ่ง มีผลทำให้เมล็ดบัวแห้ง มีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น การออสโมซิสมีผลให้กำจัดน้ำออกจากเมล็ดบัวได้ การแช่เมล็ดบัวในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นสูง ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารแบบสวนทางกัน โดยน้ำที่อยู่ในเมล็ดบัวจะแพร่กระจายสู่สารละลายในขณะเดียวกันตัวถูกละลาย (น้ำตาลซูโครส) จะแพร่เข้าสู่ภายในเซลล์ของเมล็ดบัว ทำให้น้ำหนักของเมล็ดบัวลดลง ซึ่งเป็นผลสุทธิของการถ่ายเทมวลของน้ำที่แพร่ออกจากเมล็ดบัวซึ่งน้อยกว่าของแข็งที่แพร่เข้าไปในเซลล์ของเมล็ดบัวนั่นเอง จากผลการทดลองพบว่าสิ่งทดลองที่ 8 มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุดแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสิ่งทดลองดังกล่าว เกิดจากนำเมล็ดบัวที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลานาน ซึ่งน่าจะมีปริมาณน้ำเริ่มต้นในเมล็ดบัวก่อนการออสโมซิสสูง สภาวะเช่นนี้จะทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างภายในเซลล์ของอาหารและสารละลาย เกิดเป็นแรงขับ (driving force) สูง ทำให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างเซลล์ของอาหาร และสารละลายมาก นอกจากนี้สิ่งทดลองดังกล่าวนี้มีการใช้ปัจจัยด้านอุณหภูมิในการออสโมซิสสูง และใช้เวลาในการออสโมซิสนานที่สุด ซึ่งอุณหภูมิสูงมีผลให้เกิดการกระตุ้นการถ่ายเทมวลสารได้มากขึ้นและเวลาที่นานขึ้นจะช่วยทำให้กระบวนการออสโมซิสดำเนินการได้ต่อเนื่อง มีโอกาสให้เกิดการถ่าย เทมวลสารได้มากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้

สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chenlo และคณะ (2007) ที่ได้ศึกษาการดึงน้ำออกด้วยวิธีการออสโมซิสของเกาลัดโดยแช่เกาลัดโดยใช้สารละลายซูโครส พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายซูโครสเท่ากัน อุณหภูมิในการออสโมซิสแตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียต่างกัน โดยการเพิ่มอุณหภูมิขึ้น มีผลให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียสูงขึ้น หากพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องของกับการออสโมซิสด้านอุณหภูมิ และเวลาในการออสโมซิส พบว่า ทั้งเมล็ดบัวที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 30 นาที และ 35 นาที มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสคล้ายกัน ซึ่งพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการออสโมซิสสูงทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารได้มากกว่าการใช้อุณหภูมิห้อง อาจเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิสูงทำให้โครงสร้างอาหารเปลี่ยนแปลงสภาพไป ทำให้เซลล์อ่อนตัว ส่งเสริมให้เกิดการแพร่ผ่านของน้ำและตัวถูกละลายได้ดีกว่า และเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ และการเพิ่มอุณหภูมิยังทำให้ความหนืดของน้ำเชื่อมลดลงทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำและน้ำตาลสะดวกขึ้น ส่วนเวลาในการออสโมซิสมีผลต่อค่าการถ่ายเทมวลสาร คือ ในช่วงแรกของการออสโมซิสเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างเซลล์อาหาร และสารละลายมาก การถ่ายเทมวลสารจึงเกิดขึ้นอย่างมากและรวดเร็ว เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น จะเกิดการสะสมของน้ำที่แพร่ออกจากอาหารมากขึ้น สารละลายจึงมีความเข้มข้นลดลงเป็นผลให้ความแตกต่างของแรงดันออสโมติกน้อยลง ทำให้การถ่ายเทมวลสารจึงมีแนวโน้มลดลงกว่าช่วงแรก (Jokic และคณะ, 2007)

Table 1 Mass transfer in terms of water loss (WL), solid gain (SG) and weight reduction (WR) of osmosed lotus seed from treatments varying cooking time, temperature and time of osmosis

Treatment	Cooking time (min)	osmosis temperature	Osmosis time (h)	means ± SD		
				WL (%)	SG (%)	WR (%)
1	30	room temperature	3	18.14^{g}±0.06	12.49^{h}±0.09	6.62^{g}±0.23
2	30	room temperature	6	21.71^{e}±0.23	14.72^{f}±0.13	8.60^{e}±0.11
3	30	45^{o}C	3	19.68^{f}±0.06	13.54^{g}±0.10	7.44^{f}±0.15
4	30	45^{o}C	6	23.83^{d}±0.04	16.08^{d}±0.13	10.98^{c}±0.06
5	35	room temperature	3	23.21^{c}±0.07	17.07^{e}± 0.11	8.57^{e}± 0.17
6	35	room temperature	6	27.08^{b}±0.04	18.38^{b}± 0.17	12.24^{b}± 0.31
7	35	45^{o}C	3	24.56^{b}±0.19	18.07^{c}±0.12	9.77^{d}±0.31
8	35	45^{o}C	6	28.47^{a}±0.18	19.12^{a}±0.12	13.32^{a} ±0.44

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

สำหรับในการเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดเมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสร่วมกับการถ่ายเทมวลสาร โดยเลือกสิ่งทดลองที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูง และทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสาร คือสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่สูญเสียต่อปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (WL/SG) สูง พบว่า ค่า WL/SG ของทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยค่าอยู่ในช่วง 1.36-1.49 ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 4 และ 6 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p > 0.05$) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เมื่อพิจารณา ด้านการประหยัดเวลาและพลังงาน ความยากง่ายในการดำเนินการรวมถึงคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านอื่นประกอบการการสินใจ พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งดำเนินการโดยนำเมล็ดบัวมานึ่งเป็นเวลา 30 นาที ใช้อุณหภูมิในการออสโมซิสที่อุณหภูมิห้อง และใช้เวลาในการออสโมซิส 3 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นสิ่งทดลองที่ใช้ระดับปัจจัยต่างๆ ในระดับต่ำที่สุด เป็นการประหยัดเวลา พลังงาน และได้รับคะแนนความชอบทุกด้านสูงที่สุด คือ ช่วงคะแนน 6.50-6.80 ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง รายละเอียดแสดงดัง Table 2

Table 2 Overall liking and WL/SG of of osmosed lotus seed from treatments varying cooking time, temperature and time of osmosis

Treatment	Cooking time (min)	osmosis temperature	Osmosis time (h)	means ± SD	
				Overall liking	WL/SG[ns]
1	30	room temperature	3	6.50 [a] ±0.90	1.45±0.01
2	30	room temperature	6	5.47 [c] ±0.90	1.48±0.02
3	30	45 °C	3	5.7 [bc] 3±1.64	1.46±0.01
4	30	45 °C	6	6.60 [a] ±1.10	1.48±0.01
5	35	room temperature	3	5.63 [c] ±1.10	1.36±0.01
6	35	room temperature	6	6.27 [ab] ±1.31	1.47±0.01
7	35	45 °C	3	5.60 [c] ±1.52	1.36±0.02
8	35	45 °C	6	5.50 [c] ±1.83	1.49±0.02

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

[ns] not significant difference ($p \geq 0.05$)

สรุปผล

ระยะเวลาในการทำให้เมล็ดบัวสุกโดยการนึ่ง อุณหภูมิการออสโมซิส และเวลาการออสโมซิส มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย โครงการ IRPUS

เอกสารอ้างอิง

Chenlo, F., Moreira, R., Fernandez-Herrero, C. and Vazquez, G., 2007, Osmotic Dehydration of Chestnut with Sucrose: Mass Transfer Processes and Global Kinetics Modeling, Journal of Food Engineering, 78: 765–774.

Jokić, A., Gyura, J., Lević, L. and Zavargó, Z., 2007, Osmotic Dehydration of Sugar Beet in Combined Aqueous Solutions of Sucrose and Sodium Chloride, Journal of Food Engineering, 78: 47-51.

Le Marguer, M., 1988, Osmotic Dehydration: Review and Future Direction, Proceedings of the Symposium in Food Preservation Process, 1: 283-309.

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

การกลั่นกรองส่วนผสมที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมเสริมโอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากแก้วมังกร

Screening of Ingredients Factors on the Quality of Ice Cream Supplemented with Dragon Fruit Oligosaccharide

อัจฉราพรรณ เนลสัน[1] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ สันทัด วิเชียรโชติ[2]
Nelson, A.[1], Yuenyongputtakal, W.[1] and Wichienchot, S.[2]

Abstract

The impact ingredients on the quality of ice cream supplemented with dragon fruit oligosaccharide were screened. Plackett and Burman design (N=8) was employed for screening 5 factors as follow; dragon fruit oligosaccharide (2.0 - 6.0 %w/w), stabilizer (0.2 - 0.8 %w/w), sucrose (8.0-16.0 %w/w), cream (20.0 – 30.0 %w/w), and skim milk powder (8.0 – 12.0 %w/w). Then, the physical, chemical and sensory properties of ice cream mix and ice cream product were determined. It was found that all factors effected on the viscosity of ice cream mix. Oligosaccharide influenced on pH, color value of L* b* and a*, and overrun time. The stabilizer had effects on L* color value and overrun time, whereas skim milk powder had an effect on L* color value ($p<0.10$). In addition, sensory evaluation resulted that oligosaccharide had an effect on the overall acceptability ($p<0.10$).

Keywords: oligosaccharide, ice cream, Plackett and Burman design

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ต้องการกลั่นกรองปัจจัยด้านส่วนผสมที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของไอศกรีมเสริมโอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากแก้วมังกร วางแผนการทดลองวิธี Plackett and Burman (N = 8) เพื่อกลั่นกรองปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ โอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากแก้วมังกร (2.0 - 6.0 %w/w) สารเพิ่มความคงตัว (0.2 - 0.8 %w/w) น้ำตาลทราย (8.0-16.0 %w/w) ครีม (20.0 – 30.0 %w/w) และ หางนมผง (8.0 – 12.0 %w/w) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ของไอศกรีมเหลวและผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้ พบว่า ทุกปัจจัยที่กลั่นกรองมีผลต่อค่าความหนืดของไอศกรีมเหลว โอลิโกแซคคาไรด์มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี L* b*และ a* และเวลาในการขึ้นฟู สารเพิ่มความคงตัวมีผลต่อค่าสี L* และเวลาในการขึ้นฟู ส่วนหางนมผง มีผลต่อค่าสี L* ($p\leq0.10$) นอกจากนี้จากการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า โอลิโกแซคคาไรด์มีผลกระทบต่อค่าความชอบรวมของไอศกรีม ($p\leq0.10$)

คำสำคัญ: โอลิโกแซคคาไรด์ ไอศกรีม การวางแผนวิธี Plackett and Burman

คำนำ

เนื้อแก้วมังกรมีสารพรีไบโอติกประเภทโอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งสามารถสกัดแยกได้โดยการใช้น้ำและความร้อน เมื่อนำมาทำแห้งแบบแช่แข็งระเหิด พบว่า สารที่ได้มีสมบัติทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในสภาวะจำลองปาก มีความสามารถต้านทนการย่อยด้วยสภาวะกรดจำลองในกระเพาะอาหาร สามารถส่งเสริมการเจริญของโพรไบโอติกจำพวก *Lactobacillus* (Wichienchot และคณะ, 2009) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการนำโอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดได้มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมประเภทหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะสำหรับการบริโภค อีกทั้งเอื้อต่อการเสริมสารพรีไบโอติกได้ จึงมีความน่าสนใจที่จะเสริมโอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากเนื้อแก้วมังกรในไอศกรีม

[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] สถานวิจัยผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและอาหารเพื่อสุขภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
[2] Nutraceutical and Functional Food Research and Development Center, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand.

ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ใหม่ การกลั่นกรองปัจจัยก่อนเป็นเรื่องที่ควรทำเนื่องจากสามารถทำให้ผู้พัฒนาทราบว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์อย่างแท้จริง การวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman สามารถใช้สำหรับการศึกษาเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทดลองที่จะศึกษาได้ และสำหรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีส่วนผสมหลักได้แก่ น้ำ ไขมัน ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว และ อิมัลซิไฟเออร์งานวิจัยนี้มีการเสริมสารโอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากแก้วมังกรลงไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความมุ่งหมายเพื่อการกลั่นกรองปัจจัยด้านส่วนผสมที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของไอศกรีมเสริมโอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดจากเนื้อแก้วมังกร ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาสูตรไอศกรีมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัดโอลิโกแซคคาไรด์จากแก้วมังกร

นำแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวมาปอกเปลือกเอาแต่เนื้อ หั่นให้เป็นชิ้น เติมน้ำกลั่นลงไปในอัตราส่วนเนื้อแก้วมังกรต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1:1 (w/w) ขยำให้เข้ากันแล้วกรองผ่านผ้าขาวบางเพื่อเอาเมล็ดออก นำน้ำเมือกที่กรองได้มาเติมเอทธานอล 95% ลงไปในอัตราส่วน 1:1 (v/v) นำสารละลายที่ได้ไปแช่ในตู้แช่เยือกแข็ง -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. เมื่อครบเวลาใช้ผ้าขาวบางกรองเอาตะกอนที่ลอยอยู่บนผิวหน้าออกแล้วนำมาระเหยเอทธานอล เติมน้ำลงไปในอัตราส่วน 1:1 (w/w) นำไปทำแห้งด้วยการทำแห้งแบบแช่แข็งระเหิด (Wichienchot และคณะ, 2009)

2. การผลิตไอศกรีม

เตรียมส่วนผสมได้แก่ โอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดจากแก้วมังกร สารเพิ่มความคงตัว น้ำตาล ครีม หางนมผง และน้ำ ผสมส่วนผสมของแห้งทั้งหมดเข้าด้วยกัน และนำไปละลายผสมกับน้ำ เติมส่วนครีม นำไปให้ความร้อนจนอุณหภูมิถึง 80 องศาเซลเซียส และคงไว้เป็นเวลา 30 วินาที ทำให้เย็นโดยการแช่ภาชนะลงในอ่างน้ำที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิส่วนผสมถึง 55 องศาเซลเซียส ตีปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นผสม นำไปพาสเจอร์ไรส์โดยให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิให้ส่วนผสมทั้งหมดมีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นทันทีโดยการแช่ภาชนะลงในอ่างน้ำเย็นจนอุณหภูมิส่วนผสมลดลง แล้วนำไปบ่มโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้เป็นส่วนผสมของไอศกรีมเหลว นำไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม (ยี่ห้อ RIVAL บริษัท วีรสุกรุ๊ป) จนกระทั่งไอศกรีมเหลวขึ้นฟูทั้งหมด แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้เป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

3. การวิเคราะห์คุณภาพของไอศกรีมเหลวและผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

นำไอศกรีมเหลวมาวัดความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืด ดัดแปลงจากวิธีของ Chang และคณะ (1995) นำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมาวัดร้อยละการขึ้นฟู (overrun) ตามวิธีของ Marshall และ Arbuckle (1996) วัดอัตราการละลาย ดัดแปลงจากวิธีของ Koxholt และคณะ (2001) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ตามวิธีของ AOAC (2005) วัดค่าสีของไอศกรีม โดยใช้เครื่อง Hunter Lab colorimeter รายงานเป็นค่า L* a* และ b* วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยเครื่อง Refractometer และทดสอบความชอบด้านสี กลิ่น รสหวาน ความเรียบเนียนในปาก และความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน

4. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนทดลองแบบ Plackett and Burman design ปัจจัยที่กลั่นกรองคือ โอลิโกแซคคาไรด์ (2.0 - 6.0 %w/w) สารเพิ่มความคงตัว (0.2 - 0.8 %w/w) น้ำตาลทราย (8.0-16.0 %w/w) ครีม (20.0 – 30.0 %w/w) และ หางนมผง (8.0 – 12.0 %w/w) แผนการทดลองเป็นแบบ N = 8 นำค่าคุณภาพที่ได้มาวิเคราะห์ผล โดยคำนวณหาผลของปัจจัย (Effect; E) คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error; S.E.) และ คำนวณหา t-value นำ t-value จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับค่า t-table ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% หากค่า t-value ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า t-table แสดงว่า ปัจจัยนั้นไม่มีผลต่อระบบ ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ทั้งนี้สูตรการคำนวณหา E, S.E. และ t-value มีดังนี้คือ

1) คำนวณหาผลของปัจจัย (Effect; E)

จากสูตร $E_{A\text{-}G}$ = [R at (+)]/4 - [R at (-)]/4 เมื่อ

$E_{A\text{-}G}$ = ผลของปัจจัย A B C D E F และ G

R at (+) = ค่าคุณภาพที่เกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยในระดับสูง

R at (-) = ค่าคุณภาพที่เกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยในระดับต่ำ

2) คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error; S.E.)

จากสูตร S.E. $= \sqrt{V_{eff}}$ โดยที่ $V_{eff} = \sum (E_d^2) / n$

เมื่อ E_d = Dummy effect

n = จำนวนของ Dummy effect

3) คำนวณ หา t-value

t- value = [Effect] / S.E.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคำนวณค่า t-value ของปัจจัยทดลองต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี แสดงดัง Table 1 และค่าt-value ของปัจจัยทดลองต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงดัง Table 2 ทั้งนี้ค่า t-table ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% มีค่าเท่ากับ 2.920

Table 1 Effect of factors on physical and chemical properties of ice cream mix and ice cream supplement with dragon fruit oligosaccharide.

factors		Oligosaccharide	Stabilizer	Sugar	Cream	Skim milk powder
Viscosity (centipoint)		17.466*	20.705*	6.850*	-3.714*	3.357*
Overrun (%w/w)		0.137	1.815	-1.884	-0.136	0.570
pH		-11.46*	-0.50	-1.89	-0.26	2.14
°Brix		2.03	-0.94	2.64	-0.16	1.52
Overrun time (min)		4.24*	-4.24*	2.83	0.00	2.83
Color	L*	-4.86*	3.87*	-0.55	0.57	-4.10*
	a*	14.51*	-0.68	2.08	0.53	-0.05
	b*	4.05*	-0.91	1.34	1.86	1.87
Melting rate (10 mins)		-0.77	-0.63	0.01	-0.57	0.26

* Significantly effect on properties ($p \leq 0.10$).

จาก Table 1 พบว่าโอลิโกแซคคาไรด์มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของไอศกรีมในด้านความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง เวลาในการขึ้นฟู และค่าสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.10$) เนื่องจาก โอลิโกแซคคาไรด์จัดเป็นใยอาหารประเภท soluble fiber สามารถละลายน้ำ แล้วดูดซับน้ำไว้ได้จึงเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงขึ้น ต้องอาศัยเวลาในการขึ้นฟูมากขึ้น นอกจากนั้นยังส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง สารเพิ่มความคงตัวเป็นสารช่วยดูดน้ำและเพิ่มความหนืด ทำให้ส่วนผสมมีลักษณะเป็นเจล และน้ำอิสระมีการเคลื่อนที่ลดน้อยลงทำให้ไม่เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ระหว่างที่ไอศกรีมแข็งตัว(วรรณนา และ วิบูลย์ศักดิ์, 2531) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงขึ้น และใช้เวลาในการขึ้นฟูนานขึ้น สำหรับ การเติมน้ำตาลทรายขาวมีผลต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ ของแข็งที่เป็นองค์ประกอบในน้ำตาลจะไปแทนที่น้ำในส่วนผสม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้น และสามารถช่วยลดปริมาณน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ได้ (Marshall และ Arbukle, 1996) ส่วนครีมมีผลต่อค่าความหนืด เนื่องจากมีหน้าที่ช่วยให้โฟมมีความคงตัวซึ่งทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเหมือนครีม และหางนมผงมีผลต่อค่าความหนืดและค่าสี L* โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณหางนมผงมีผลทำให้ค่าความหนืดสูงขึ้น และค่าสี L* ลดลง เนื่องจากหางนมผงมีปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันเนยอยู่สูง ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน 37% น้ำตาลแลคโตส 55% และแร่ธาตุ 8% โปรตีนในของแข็งไม่รวมไขมันเนยจะช่วยให้ไอศกรีมจับตัวกันได้ดี และมีความเรียบเนียนมากขึ้น จึงป้องกันการอ่อนตัว และการเกิดเนื้อสัมผัสที่หยาบ นอกจากนี้ยังทำให้ไอศกรีมมีความหนืดและการต้านทานต่อการหลอมเหลวสูงขึ้น

Table 2 Effect of factors on sensory evaluation of ice cream supplement with dragon fruit oligosaccharide.

	Sensory evaluation				
	Color	Odor	Sweetness	Smoothness	Overall acceptability
Oligosaccharide	-6.11*	-4.17*	-11.37*	-4.81*	6.66*
Stabilizer	-0.11	-2.50	-1.96	-1.70	-0.28
Sugar	0.11	0.83	3.92*	-1.13	1.11
Cream	0.33	4.72*	1.57	3.11*	2.77
Skim milk powder	0.11	0.28	-3.14*	-1.41	-0.83

* Significantly effect on properties ($p \leq 0.10$).

จาก Table 2 พบว่า โอลิโกแซคคาไรด์มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสในความชอบทุกด้าน น้ำตาลมีผลต่อความขอบด้านรสหวาน ส่วนครีมมีผลต่อความชอบด้านกลิ่นนมและความเรียบเนียนในปาก เนื่องจากสามารถช่วยชะลอการหลอมเหลวของไอศกรีม และเป็นตัวพากลิ่นรสที่ละลายในไขมันแต่ไม่ละลายน้ำได้ สำหรับหางนมผงมีผลต่อความชอบด้านรสหวาน เนื่องจากในหางนมมีปริมาณน้ำตาลแลคโตสอยู่มากทำให้ผู้ทดสอบอาจสามารถสัมผัสรับรสหวานได้มากขึ้น (Marshall และ Arbukle, 1996)

สรุปผล

ทุกปัจจัยที่กลั่นกรองได้แก่ โอลิโกแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากแก้วมังกร สารเพิ่มความคงตัว น้ำตาลทราย ครีม และหางนมผง มีผลต่อความหนืดของไอศกรีมเหลว โอลิโกแซคคาไรด์มีผลต่อ pH ค่าสี L* b* และ a* เวลาในการขึ้นฟู และความชอบรวม สารเพิ่มความคงตัวมีผลต่อค่าสี L* และเวลาในการขึ้นฟู ส่วนหางนมผง มีผลต่อค่าสี L* ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

เอกสารอ้างอิง

วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิลา, 2531, นมและผลิตภัณฑ์นม, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ

A.O.A.C., 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed., The Association of Official

Chang, J.L., Marchall, R.T. and Heymann, H., 1995, Casein Micelles Partially Hydrolyzed by Chymosin to Modified the Texture of Low Fat Ice Cream, Journal of Dairy Science, 78(4): 2617-2623.

Koxholt, N.M.R., Eisenmann, B. and Hinrichs, J., 2001, Effect of the Fat Globule Size on Meltdown of Ice Cream, Journal of Dairy Science, 84: 31 -37.

Marshall, R.T. and Arbukle, W.S., 1996, Ice cream, 5th ed, New York: Champman & Hall, 222

Wichienchot, S., Jatupornpipat, M., and Rastall, R.A., 2009, Oligosaccharides of Pitaya (dargon fruit) Flesh and Prebiotic Properties, Food chemistry, 120(3): 850- 857.

ผลของความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุต่อด้วงถั่วเขียวและคุณภาพของถั่วเขียวผิวมัน

Effect of Radio Frequency Heating on *Callosobruchus maculatus* (F.) and Quality of Mungbean (*Vigna radiata* L.)

ภราดร ณ พิจิตร[1,2] **เยาวลักษณ์ จันทร์บาง**[1,2,3] **และ สุชาดา เวียรศิลป์**[1,2,4]

Na Pijit, P.[1,2], Chanbang, Y.[1,2,3] and Vearasilp, S.[1,2,4]

Abstract

Cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* F.), is an important pest of mungbean (*Vigna radiate* L.). It causes quantity and quality seed losses from larval feed and their stay inside legumes. Objectives of this study were to evaluate of radio frequency (RF) at 27.12 MHz to control cowpea weevil and examine RF effects on mungbean qualities. In experiment 1, eggs, larvae, pupae of cowpea weevil and 1,000 g of mungbean seed at 11.0% mc were packed in 25.5 x 17.7 cm laminated bag and then treated with RF at the power of 640 Watt for 120 seconds. The result found that mortality was not significantly different *(P>0.05)* among egg (30.88%), larval (33.90 %) and pupal (22.91%). In experiment 2, pupal stage as the representative of cowpea weevil was treated at 640 watts of RF power for 120, 140, 160, 180, 200 and 220 seconds. The result showed that RF at 640 Watts for 220 seconds caused 100% pupal mortality. RF treaded mungbean for 220 seconds then were analyzed their quality. Moisture content, protein, hardness and Color measurement of L*, a*, b* of mungbean in untreated control was significantly different *(P<0.05)* from those in RF treatment. The result revealed that RF treatment at 640 Watt for 220 sec is able to control pupal cowpea weevil.

Keywords: radio frequency, mungbean, cowpea weevil, heat treatment

บทคัดย่อ

ด้วงถั่วเขียว *(Callosobruchus maculatus* F.) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญในการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียว (*Vigna radiate* L.) โดยเฉพาะระยะตัวหนอนเป็นระยะที่ทำลายภายในเมล็ดถั่ว ทำให้สูญเสียปริมาณและคุณภาพ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่ความถี่ 27.12 MHz ในการกำจัดด้วงถั่วเขียวและผลของ RF ต่อคุณภาพถั่วเขียว การทดลองที่ 1 นำด้วงถั่วเขียว ระยะ ไข่ หนอน และ ดักแด้ ที่อยู่ในเมล็ดถั่วเขียว มาบรรจุถุง laminate ขนาด 25.5 x 17.7 ซม.พร้อมกับเมล็ดถั่วเขียวที่มีความชื้น 11.0% น้ำหนัก 1,000 กรัม นำไปให้ RF ที่พลังงาน 640 วัตต์ เวลา 120 วินาที พบว่า ระยะไข่ หนอน และดักแด้ มีอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ *(P>0.05)* เท่ากับ 30.88 33.90 และ 22.91% ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ใช้ด้วงถั่วเขียวระยะดักแด้ เป็นตัวแทนของระยะต่างๆ นำไปให้ RF ที่พลังงาน 640 วัตต์ ที่ระยะเวลา 140 160 180 200 และ 220 วินาที พบว่า ด้วงถั่วเขียวระยะดักแด้ตายอย่างสมบูรณ์ ที่ระยะเวลา 220 วินาที ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ค่าความแข็งและค่าสี L*, a*, b* ของชุดควบคุม แตกต่างกันทางสถิติ *(P<0.05)* จากในชุดที่ผ่าน RF ดังนั้นการใช้เทคนิคการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่พลังงาน 640 วัตต์ เวลา 220 วินาที สามารถกำจัดแมลงตายอย่างสมบูรณ์

คำสำคัญ: คลื่นความถี่วิทยุ ถั่วเขียว ด้วงถั่วเขียว การใช้ความร้อน

---

[1] **สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่** 50200

[1] Postharvest Technology Research Institute Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand

[2] **ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กทม.** 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

[3] **ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่**

[3] Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand

[4] **ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่**

[4] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand

คำนำ

ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L.) เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยพืชหนึ่ง ที่ส่งออกสร้างรายได้เข้าประเทศมูลค่าหลายล้านบาท สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่ามูลค่าการส่งออกถั่วเขียวในปี พ.ศ. 2552 ที่ผ่านมามีการส่งออกรวม 48,983 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,357.2 ล้านบาท และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี สำหรับปริมาณความต้อง การบริโภคภายในประเทศประมาณ 230,000 ตัน มีการใช้ประโยชน์ คือ เพาะเป็นถั่วงอก 30.43% ทำวุ้นเส้น 21.74% ทำขนม 13.04% ทำแป้ง 8.69% ใช้บริโภคโดยตรง 4.35% และใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ 6.52%

ปัญหาที่สำคัญในการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียวคือการถูกด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* F.) เข้าทำลายโดยเฉพาะตัวหนอนเป็นระยะเดียวที่ทำลายเมล็ดพืชทำให้เมล็ดพืชเป็นรู ตัวหนอนจะอาศัยกัดกินและเจริญเติบโตอยู่ภายในเมล็ดจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย การป้องกันกำจัดส่วนใหญ่มักใช้สารเคมีหรือสารสกัดจากพืช ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องหาวิธีการอื่นๆ มาทดแทนการใช้สารเคมี เทคนิคความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency, RF) สามารถใช้ควบคุมและกำจัดแมลงได้ เช่น ด้วงงวงข้าว ผีเสื้อข้าวสาร และมอดหัวป้อม เป็นต้น (สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2551) เป็นการให้ความร้อนแบบไดอิเลคทริค (dielectric heating) ทำงานโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ย่านคลื่นวิทยุกำลังสูงส่งผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุ สนามของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำให้โมเลกุลของวัสดุที่มีโครงสร้างแบบมีขั้ว (dipolar molecules) ซึ่งมีขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวกและขั้วลบ เรียงตัวตามทิศทางของสนามคลื่นที่ส่งผ่านเข้ามา ทำให้เกิดการเสียดสีกันของโมเลกุล เกิดเป็นความร้อนกระจายทั่วภายในเนื้อวัสดุได้อย่างสม่ำเสมอและใช้ระยะเวลาในการเกิดความร้อนที่สั้น (Nelson, 1996) การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุเพื่อกำจัดด้วงถั่วเขียวในผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวบรรจุถุง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำด้วงถั่วเขียวมาเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการแช่แข็ง 2-3 วัน เพื่อกำจัดแมลงอื่นติดปนมา ก่อนใช้เลี้ยงด้วงถั่วเขียว ทำการปล่อยด้วงถั่วเขียวประมาณ 2000 ตัว ต่อถั่วเขียว 1000 กรัม เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นก็นำไปร่อนด้วยตะแกรง Laboratory test sieve ที่มีช่องเปิดขนาด 2.80 มม. เพื่อแยกแมลงออกจากถั่วเขียว โดยที่เมล็ดถั่วเขียวจะมีไข่ติดอยู่ที่ผิวเมล็ด จะพัฒนาเป็นตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย สำหรับนำไปทดลองต่อไป การทดลองที่ 1 นำด้วงถั่วเขียวที่ระยะไข่ ระยะหนอน ระยะดักแด้ มาทดลองโดยใช้จำนวน 30 ตัวในแต่ละระยะ ใส่ลงในถุงพลาสติก laminate ขนาด 25.5 x 17.7 เซนติเมตร พร้อมกับเมล็ดถั่วเขียวที่มีความชื้น 11.0% น้ำหนัก 1,000 กรัม ปิดผนึกปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก (heat sealer) นำไปให้ RF 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ เวลา 120 วินาที เพื่อหาระยะการเจริญที่สามารถอยู่รอดได้มากที่สุด ในแต่ละทุกกรรมวิธีทำ 6 ซ้ำ โดยเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุ (ชุดควบคุม) เปอร์เซ็นต์การตายถูกนำมาคำนวณปรับค่าเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) เปรียบเทียบค่าที่ได้ด้วย Least Significant Difference (LSD) เปรียบเทียบจำนวนแมลงรุ่นลูก ซึ่งวางแผนการทดลองแบบ แฟคทอเรียล โดยศึกษา 2 ปัจจัยได้แก่ ระยะเจริญเติบโตของแมลงและ กรรมวิธีที่ใช้ RF การทดลองที่ 2 เมื่อพบระยะที่ทนทานที่สุด นำมาศึกษาต่อเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะทำให้แมลงตายอย่างสมบูรณ์ โดยนำไปให้ RF 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แต่ละกรรมวิธีทำการทดลอง 6 ซ้ำ หลังจากนั้นนำถั่วเขียวชุดที่ผ่าน RF ในเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้แมลงตายอย่างสมบูรณ์มาตรวจสอบคุณภาพกับชุดควบคุม โดยทำการวัดความ ชื้น โดยการอบด้วยความร้อน (air – oven method) ค่าสีของเมล็ดถั่วเขียวโดยใช้เครื่องวัดสี (Color Quset XE Hunter Lab, USA) ค่าความแข็งด้วยเครื่อง TA.XT. plus Texture Analyzer (Stable Micro System, UK) ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธีของ Kjedahl and Soxhlet Method (AOAC, 2005)

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาหาระยะการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียวที่มีความทนทานที่สุด พบว่า ด้วงถั่วเขียวระยะดักแด้มีอัตราการตายน้อยที่สุด รองลงมาคือ ระยะไข่และระยะหนอน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ *(P>0.05)* ซึ่งมีอัตราการตายเท่ากับ 22.91±4.97% 30.88±8.73% และ 30.90±4.60% ตามลำดับ (Table 1) และยังพบว่าระยะการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียวที่นำมาศึกษา *(P<0.05)* กรรมวิธีที่ให้คลื่นความถี่วิทยุแตกต่างจากชุดควบคุม *(P<0.05)* แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างระยะเจริญเติบโตของแมลงกับกรรมวิธีการใช้คลื่นความถี่วิทยุ *(P>0.05)* จำนวนรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียวระยะหนอน (47.8±4.23 ตัว) และดักแด้ที่ผ่าน RF (56.1± 2.40 ตัว) มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ

เปรียบกับกรรมวิธีในชุดควบคุม (65.6±3.61และ 67.8±2.89 ตัว ตามลำดับ) ระยะหนอนและดักแด้ตอบสนองกับกรรมวิธีที่ได้ผ่าน RF ไม่แตกต่างกันทางสถิติ *(P>0.05)* ส่วนแมลงระยะไข่ในชุดควบคุมเมื่อนำมาศึกษาพบว่ามีการรอดและให้แมลงรุ่นลูก (24.6±1.49 ตัว) ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ผ่าน RF (18.1±1.19 ตัว) (Table 2)

Table 1 Average mortality of cowpea weevil, *Callosobruchus meculatus*, in various developmental stages when exposed to the radio frequency at the power of 640 Watts for 120 seconds.

Developmental stage	Mortality (%) ± SE*
Egg	30.88 ± 8.73 a
Larva	30.90 ± 4.60 a
Pupa	22.91 ± 4.97 a

*Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence.

Table 2 Average of progeny of *Callosobruchus meculatus* treated with 27.12 MHz radio frequency at the power of 640 watts for 120 seconds after 4-week storage.

Developmental stage	Number of progeny ± SE*	
	untreated control	after RF treated
Egg	24.6 ± 1.49 c	18.1 ± 1.19 c
Larva	65.6 ± 3.61 a	47.8 ± 4.23 b
Pupa	67.8 ± 2.89 a	56.1 ± 2.40 b

*Means followed by the same letters in the same column and row are not significantly different at 95% confidence.

Table 3 Average mortality of pupal cowpea weevil *Callosobruchus meculatus*, when exposed to the radio frequency at power of 640 Watts for 140, 160, 180, 200 and 220 seconds.

Time (seconds)	Mortality (%) ± SE*
140	64.96 ± 6.28 bc
160	59.54 ± 2.77 c
180	65.90 ± 4.15 bc
200	75.31 ± 5.17 b
220	100 ± 0.00 a

*Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence.

Table 4 Moisture content (%), color (L* a* b*), hardness and percentage of protein of mungbean seed when exposed to the radio frequency (RF) at the power of 640 Watts for 220 seconds.

Treatment	Moisture Content (%)	Color			Protein (%)	Hardness (N)
		L*	a*	b*		
control	11.0 a	37.16 a	-1.22 a	22.70 a	20.76 a	536.11 a
RF 220S	10.6 b	36.11 b	-1.10 b	24.46 b	20.27 b	527.55 b

Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence

การทดลองที่ 2 ศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ด้วงถั่วเขียวตายอย่างสมบูรณ์ โดยใช้ด้วงถั่วเขียวระยะดักแด้ เป็นตัวแทนของระยะต่างๆ พบว่า มีอัตราการตาย 64.96±6.28%, 59.54±2.77%, 65.90±4.15%, 75.31±5.17% และ100% เมื่อสัมผัสกับคลื่นความถี่วิทยุที่พลังงาน 640 วัตต์เป็นระยะเวลา 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที ตามลำดับ (Table 3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)* คุณภาพถั่วเขียวชุดที่ผ่าน RF ระยะเวลา 220 วินาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ค่าความแข็งของชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.0%, 20.76%, 536.11 N และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)* แตกต่างจากในชุดที่ผ่าน RF ที่ 220 วินาที มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.6%, 20.27%, 527.55 N ตามลำดับ ค่าสี L*, a*, b* ของเมล็ดถั่วเขียวของชุดควบคุมและเมล็ดถั่วเขียวชุดที่ผ่าน RF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.16, -1.22, 22.70 และ 36.11, -1.10, 24.46 ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

วิจารณ์ผล

ระยะดักแด้ของด้วงถั่วเขียวที่ได้รับ RF ที่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 640 วัตต์เป็นเวลา 220 วินาที มีอัตราการตายไม่แตกต่างจากระยะไข่และหนอน ในร่างกายของแมลงมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวผนังลำตัวกับปริมาตรในอัตราส่วนที่สูง ทำให้สัมผัสกับความร้อนได้มาก การสูญเสียน้ำเพียงเล็กน้อยจะมีผลรุนแรงต่อสมดุลของน้ำในร่างกายของแมลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แมลงในระยะไข่ และดักแด้ มีการสูญเสียน้ำ ส่วนในระยะหนอนซึ่งเป็นระยะที่แมลงมีการกินและเจริญเติบโตและมีปริมาณน้ำมาก อย่างไรก็ตาม ระยะหนอนของด้วงถั่วเขียวอาศัยอยู่ภายในเมล็ด ซึ่งโครงสร้างของเมล็ดอาจมีผลช่วยให้การสูญเสียน้ำลดความรุนแรงลง (Chapman, 1998) แมลงจากชุดที่ผ่าน RF เหลือเจริญเติบโตให้รุ่นลูกลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากชุดควบคุม เนื่องจากความร้อนจะมีผลต่อระบบประสาท (Nervous system) ที่ควบคุมการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine system) และระบบอวัยวะต่างๆ ทำงานไม่เป็นไปตามปกติ เช่น มีผลในการยับยั้งการสร้างสาร vitellin ซึ่งเป็นโปรตีนสำคัญในการสร้างและพัฒนาของไข่ของแมลง และการเพิ่มขึ้น Juvenile hormone (JH) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแมลงไม่ให้เป็นตัวเต็มวัย ถ้ามี JH ลดลงส่งผลให้แมลงระยะตัวอ่อนมีการลอกคราบมากขึ้น หรือมีระยะการเจริญเติบโตผิดปกติ (Neven, 2000) นอกจากนี้ผลกระทบจากความร้อนมีผลทำให้ Prothoracicotropic hormone (PTTH) เนื่องจากการลดลงของขนาด procerebral A1 neurosecretory cells (Neven, 2000) อย่างไรก็ตามด้วงถั่วเขียวระยะไข่เมื่อนำมาศึกษาอัตราการตายและการเจริญเติบในรุ่นลูกพบว่ายังมีอุปสรรคในการควบคุมสภาพให้เหมาะสมในการเจริญเติบโต พบว่าอัตราการรอดของแมลงค่อนข้างต่ำจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

สรุปผล

การใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ เวลา 220 วินาที สามารถกำจัดด้วงถั่วเขียวได้อย่างสมบูรณ์ คลื่นความถี่วิทยุสามารถช่วยลดปริมาณรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียว นอกจากนั้นความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุมีผลทำให้ปริมาณความชื้น, ปริมาณโปรตีน, ค่าความแข็งแรงของเมล็ดลดลง และสีของเมล็ด (seed coat) คล้ำลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย และภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552, สถิติการส่งออกสินค้าที่สำคัญ [สืบค้น], http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. [8/Aug/10].

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2551, รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร [สืบค้น], http://www.phtnet.org/download/phtic-research/110.pdf. [1/July/11].

Abbott, W.S., 1925, Method for Computing the Effectiveness of an Insecticide, Journal of Economic Entomology, 18: 256-267.

AOAC, 2005, Official Method of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18thed. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA: Chapter 4: 1-72 p.

Chapman, R.F., 1998, Reproductive System: Male. pp. 268-294. *In*: R. F. Chapman (ed.), The insects: structure and function, Cambridge University, Cambridge, 770 p.

Nelson, S.O., 1996, Review and Assessment of Radio-frequency and Microwave Energy for Stored-grain Insect Control, Transactions of the ASAE, 39(4): 1475-1484.

Neven, L.G., 2000, Physiological Responses of Insects to Heat, Postharvest Biology and Technology, 21: 103-111.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 473-476 (2011)　　ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 473-476 (2554)

ผลของสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของลำไยผง

Effect of drying condition on the quality of Longan Powder

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] **และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล**[1]

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

Abstract

This research was aimed to study the effect of drying condition on some qualities of longan powder. The optimized drying condition was investigated to obtain the acceptable quality product. Semi-dried longan contained approximately 20 % moisture content was dried by using tray dryer at the diffent temperature at 40, 50, 60 and 70°C were carried out. The longan samples were dried to reach 10% moisture content. The drying curve indicated that the satisfied equation ($R^2 > 0.80$) could be obtained. The predicted drying time at 40, 50, 60 and 70 °C were 129 114 96 and 86 min, respectively. Quality analysis results of longan powder showed that drying condition affected on color values (L* a* and b*) and water solubility ($p<0.05$), whereas no effect on moisture content, a_w value, total sugar content, total plate count, yeast and mold counts was observed ($p \geq 0.05$).

Keywords: longan powder, drying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพบางประการของลำไยผง หาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งเพื่อให้ได้ลำไยผงที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ นำลำไยกึ่งแห้งซึ่งมีความชื้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ มาทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด แปรอุณหภูมิการอบแห้งเป็น 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส อบแห้งจนทำให้มีความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ผลจากกราฟการทำแห้ง พบว่า สามารถสร้างสมการที่น่าเชื่อถือได้ ($R^2 > 0.80$) โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ทำนายเวลาในการอบแห้งได้เท่ากับ 129 114 96 และ 86 นาที ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์คุณภาพลำไยผง พบว่า สภาวะการทำแห้งมีผลต่อ ค่าสี (L* a* และ b*) และความสามารถในการละลายน้ำ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ($p \geq 0.05$)

คำสำคัญ: ลำไยผง การทำแห้ง

คำนำ

ลำไย (Longan) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Exphoria longana Lamk* จัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศ มีผลผลิตออกสู่ตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศในปริมาณมาก อย่างไรก็ตามมีรายงานอย่างต่อเนื่องถึงปัญหาผลผลิตลำไยมากเกินความต้องการสำหรับการบริโภคและการส่งออก ตลอดจนปัญหาด้านการเก็บรักษาลำไยให้ยังคงคุณภาพที่สามารถจำหน่ายในราคาที่เหมาะสมได้ การผลิตลำไยผงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบลำไย เพื่อให้สามารถใช้ได้นานในรูปของผงแห้ง เก็บรักษาได้ง่าย และสะดวกที่จะนำไปประยุกต์ใช้ทำผลิตภัณฑ์ในรูปต่างๆ ได้ กรรมวิธีการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนจัดเป็นการทำแห้งที่ง่าย สะดวก และสามารถนำไปขยายการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ อย่างไรก็ตามสภาวะการทำแห้งอาจมีผลต่อคุณภาพของลำไยผง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพบางประการของลำไยผง ได้แก่ ค่าสี ความสามารถในการละลายน้ำ ปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการหาสภาวะการทำแห้งลำไยที่เหมาะสมต่อไป

[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

นำลำไยกึ่งแห้งมาเกลี่ยลงบนถาดสำหรับอบแห้ง นำมาทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดโดยแปรอุณหภูมิการอบแห้งเป็น 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส อบแห้งจนทำให้มีความชื้นไม่เกิน 10% ทำนายเวลาในการอบแห้งโดยทำกราฟการทำแห้ง (drying curve) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาในการทำแห้งโดยกำหนดความชื้นที่ต้องการ คือ 10% นำตัวอย่างลำไยอบแห้งที่ได้จากแต่ละสภาวะมาบดให้เป็นผงโดยนำมาบดในเครื่องบด แล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 100 mesh และนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (AOAC, 1990) ปริมาณความชื้น (AOAC,1990) ค่าสี (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่อง Handy Colorimeter ค่า Water activity (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ความสามารถในการละลายน้ำ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (AOAC,1990) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design: CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการสร้างกราฟการทำแห้งและทำนายเวลาในการทำแห้ง

จากการสร้างกราฟการทำแห้งซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการทำแห้งลำไยที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส แสดงดัง Figure 1 การทำแห้งด้วยลมร้อนสามารถทำให้ความชื้นในอาหารลดลงได้ เนื่องจากความร้อนจากอากาศจะถูกถ่ายเทไปยังผิวอาหารและทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านชั้นของอากาศรอบๆ อาหารและถูกพาไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของอากาศร้อน ทำให้ความดันไอของอากาศที่ผิวลดลง เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำของความชื้นในอาหารกับอากาศร้อน ความแตกต่างนี้จะผลักดันให้น้ำภายในอาหารระเหยออกมาสู่ผิวหน้าอาหาร (นิธิยา, 2544) ดังนั้นการนำลำไยกึ่งแห้งมาอบแห้งจึงเป็นการลดความชื้นออกจากชิ้นลำไยได้อีกทางหนึ่ง โดยพบว่า เมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ความชื้นมีการลดลงมากในช่วงแรกของการทำแห้ง สำหรับสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาในการทำแห้ง แสดงรายละเอียดดัง Table 1 พบว่า มีค่า R^2 ซึ่งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือของสมการค่อนข้างสูง โดยทั่วไปสมการที่มักนำมาใช้ควรมีค่า R^2 อย่างน้อย 0.75 หากสูงกว่า 0.90 สมการมีความน่าเชื่อถือมาก (Hu, 1999) ซึ่งจากสมการสามารถทำนายเวลาในการทำแห้งเพื่อให้ได้ความชื้น 10% ดังนี้ คือ การทำแห้งที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ได้เวลาในการทำแห้งเท่ากับ 129, 114, 96 และ 86 นาที ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติการจริงจึงได้ปรับเวลาการทำแห้งสำหรับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับ 130, 115, 95 และ 85 นาที ตามลำดับ โดยจากการทำแห้งที่เวลาดังกล่าวทำให้ลำไยผงมีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 9.69–9.81% ซึ่งไม่เกิน 10% ตามที่ได้กำหนดไว้

2. ผลของสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของลำไยผง

จากการนำตัวอย่างลำไยอบแห้งที่ได้จากแต่ละสภาวะการอบแห้ง นำมาบดเป็นผงและวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ แสดงรายละเอียดดัง Table 2 พบว่า สภาวะการทำแห้งมีผลต่อ ค่าสี (L*, a* และ b*) และความสามารถในการละลายน้ำ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ($p \geq 0.05$)

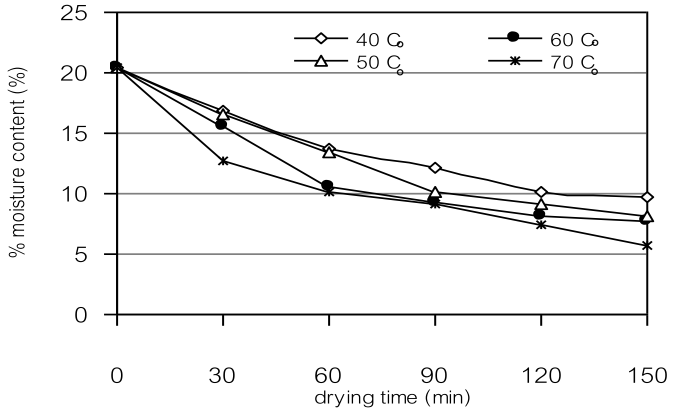


Figure 1 Influence of air-drying temperature on drying curves of semi dried longan flesh.

Table 1 Linear regression equations of moisture content (y) as a function of drying time (x) for different drying temperature.

Drying temperature (°C)	equations	R^2	Predicted drying time (min)	Real drying time (min)	Final moisture content (%)
40	y = -0.0713 + 19.182	0.94	129	130	9.50 ± 0.21
50	y = -0.0828x + 19.163	0.94	114	115	9.42 ± 0.30
60	y = -0.0828x + 18.155	0.86	96	95	9.62 ± 0.58
70	y = -0.0858x + 17.371	0.85	86	85	9.35 ± 0.84

สำหรับค่าสี พบว่า พบว่า การใช้อุณหภูมิ 70 °C ซึ่งใช้เวลาในการทำแห้งเพียง 85 นาที ทำให้ได้ลำไยผงที่มีความสว่าง (L*) ต่ำที่สุด แต่มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความเป็นสีแดง (a*) สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการทำแห้งอาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา, 2544) ด้านความสามารถในการละลายน้ำ พบว่า ลำไยผงที่ใช้อุณหภูมิอบแห้งสูง (60°C และ 70°C) มีแนวโน้มสามารถละลายน้ำได้มากกว่าลำไยที่ใช้อุณหภูมิอบแห้งต่ำ (40°C และ 50°C) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การใช้อุณหภูมิการอบแห้งต่ำต้องใช้เวลานานในการอบแห้ง จึงมีโอกาสทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงร่างแข็งจากการหดตัวได้มาก จึงมีความสามารถในการละลายต่ำ เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า ทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 11.11-11.73% ซึ่งมีความใกล้เคียงกันมาก แสดงถึงสภาวะในการทำแห้งไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการทำแห้งใช้อุณหภูมิไม่สูงนัก จึงมีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือสลายตัวของน้ำตาลได้ไม่มากนัก นอกจากนี้พบว่าสภาวะการทำแห้งไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น เนื่องมาจากมีการควบคุมความชื้นในการทำแห้งสำหรับทุกสภาวะไว้เท่ากัน จึงมีผลให้ค่า a_w มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับค่า a_w มีบทบาทสำคัญมากสำหรับการเก็บรักษาอาหาร เนื่องจากค่า a_w เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 (รุ่งนภา และ ไพศาล, 2545) เมื่อพิจารณาผลการทดลองเห็นว่า ลำไยผงที่ได้จากการทำแห้งทุกสภาวะมีค่าต่ำกว่า 0.7 จึง มีโอกาสเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้น้อย จึงมีผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราที่วิเคราะห์ได้มีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค โดยมีจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 10^6 cfu/g ยีสต์และรา ไม่เกิน 500 cfu/g ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2550)

Table 2 Properties of longan powder dried from difference drying temperatures.

Drying temp.(°C)	Total sugar[ns] (%)	Moisture content[ns]	L*	a*	b*	a_w[ns]	water solubility (%)	Total plate Count[ns] (cfu/g)	Yeast and mold[ns] (cfu/g)
40	11.45± 0.15	9.77± 0.02	11.70^b ± 0.01	0.95^a ± 0.03	1.06^b ± 0.03	0.68± 0.01	12.08^c± 0.13	1.0×10^4	< 1.0 x 10^1est.
50	11.73± 0.12	9.69± 0.03	12.25^a ± 0.02	0.91^a ± 0.02	1.21^b ± 0.02	0.57± 0.01	11.07^b± 1.16	2.0×10^4	< 1.0 x 10^1est.
60	11.11± 0.13	9.76± 0.04	12.66^a ± 0.05	0.59^b ± 0.02	1.22^b ± 0.06	0.54± 0.01	15.64^a± 0.95	1.3×10^4	< 1.0 x 10^1est.
70	11.64± 0.14	9.81± 0.02	11.26^b ± 0.02	1.08^a ±0.02	2.65^a ± 0.05	0.54± 0.01	17.56^a± 0.51	1.7×10^4	< 1.0 x 10^1est.

[a,b,c] difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

[ns] not significant difference ($p \geq 0.05$)

สรุปผล

สามารถอบแห้งลำไยกึ่งแห้งที่มีความชื้นประมาณ 20 % ให้เหลือความชื้นประมาณ 10 % ได้โดยการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำแห้งนาน 129, 114, 96 และ 86 นาที ตามลำดับ โดยสภาวะการทำแห้งมีผลต่อ ค่าสี (L*, a* และ b*) และความสามารถในการละลายน้ำ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ($p \geq 0.05$)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544, หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช), 2550, มาตฐานผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยอบแห้ง มผช.1385/2550.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และไพศาล วุฒิจำนงค์, 2545, Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร [สืบค้น], http:// www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=12 [05 /July/11]

AOAC, 1990, Official Method of Analysis, Arlington, Viyginia, USA.

Hu, C.,1999, Study on Rough Rice Fissuring During Inyermittent Drying, Drying Technology,17: 1779-1793.

ผลของการเติมผักโขมผงต่อคุณภาพของบะหมี่แห้ง

Effect of Amaranth (*Amaranthus lividus* Linn.) Leaves Powder Addition on Dried Alkaline Noodle Quality

นฤมล พงษ์รามัญ[1] สิรินันท์ พันภัย[1] และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]
Phongramun, N.[1], Ponpai, S.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

Abstract

This research examined the effect of adding Amaranth leaves powder at different percentages (0, 5, 10, 15 and 20% flour basis) on cooking quality, physical properties and sensory attributes of dried alkaline noodles. Cooking time, cooking yield, tensile strength, firmness and adhesiveness of noodle decreased as the levels of Amaranth leaves powder increased, while cooking loss increased. Lightness (L*), yellowness (b*) and greenness (-a*) of uncooked and cooked noodles were significantly decreased ($p < 0.05$). Sensory evaluation indicated that noodles added with 5% Amaranth powder received the highest overall acceptability. Nutritional values of noodles fortified with 5% and without Amaranth powder (control) were compared and the result indicated that ash, protein, fat, and fiber contents of the Amaranth noodles were higher than that of the control.
Keywords: amaranth leaves powder, dried alkaline noodle, cooking quality, nutritional values

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการเติมใบผักโขมผงต่อคุณภาพหลังการต้ม ลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่แห้ง โดยแปรปริมาณใบผักโขมผงเป็นร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 (โดยน้ำหนักแป้ง) ผลการวิเคราะห์คุณภาพบะหมี่ที่เติมใบผักโขมผง พบว่าเมื่อปริมาณใบผักโขมผงเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เวลาที่เหมาะสมในการต้ม น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ค่าความต้านทานต่อการดึงขาด ค่าความแน่นเนื้อ และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง ส่วนปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ในด้านค่าสีของบะหมี่ที่ผ่านการอบแห้งและผ่านการต้มสุก พบว่าเมื่อปริมาณใบผักโขมผงมากขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าบะหมี่ที่เติมใบผักโขมผงร้อยละ 5 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ผลการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของบะหมี่ที่เติมใบผักโขมผงกับบะหมี่ที่ไม่เติมใบผักโขมผง (ตัวอย่างควบคุม) พบว่าบะหมี่ที่เติมผักโขมผงปริมาณร้อยละ 5 มีปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน และเส้นใย สูงกว่าตัวอย่างควบคุม
คำสำคัญ: ใบผักโขมผง บะหมี่แห้ง คุณภาพหลังการต้ม คุณค่าทางโภชนาการ

คำนำ

ผักโขม (*Amaranthus spp.*) เป็นผักพื้นบ้านที่พบขึ้นทั่วๆไปแทบทุกภาคของประเทศไทย ใช้เป็นอาหารและสมุนไพร (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542) ส่วนที่นิยมนำมาปรุงอาหารคือยอดและใบ (เดชา, 2538) ผักโขมเป็นผักพื้นบ้านที่ปลูกง่ายชนิดหนึ่งพบอยู่ทั่วไป มีความสามารถขึ้นได้เองในสภาพดินแทบทุกชนิดได้และเติบโตอย่างรวดเร็ว ผักโขมนับเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่งและมีใยอาหารมากซึ่งช่วยระบบขับถ่าย และลดความเสี่ยงการเป็นมะเร็งกระเพาะอาหารได้ ดังนั้นการนำเอาผักโขมมาเติมในผลิตภัณฑ์อาหารนอกจากจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผักโขมอีกด้วย โดยบะหมี่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่น่าสนใจเนื่องจากบะหมี่เป็นอาหารหลักอีกชนิดหนึ่งของชาวเอเชียและมีการบริโภคเป็นอันดับที่สองของโลกรองจากขนมปัง (Ding และ Zheng, 1991) โดยชาวจีนรู้จักวิธีการทำบะหมี่จนเป็นที่นิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลายไปยังประเทศต่างๆในเอเชีย รวมทั้งประเทศไทยด้วย (อรอนงค์, 2540) บะหมี่ได้รับความนิยมบริโภคอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็วในการเตรียม ราคาไม่แพง เก็บได้นาน และยังสามารถดัดแปลงทำเป็นอาหารอื่นๆได้อีกหลายประเภท อย่างไรก็ตามคุณค่าทางอาหารที่ได้ส่วนใหญ่คือคาร์โบไฮเดรตซึ่งได้จากแป้งสาลีที่ใช้ในการผลิตบะหมี่ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณใบผักโขมผงที่

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

เหมาะสมที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์บะหมี่แห้ง และเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของบะหมี่ที่เติมใบผักโขมผงและบะหมี่ที่ไม่เติมใบผักโขมผง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมใบผักโขมผง

เตรียมใบผักโขมผงโดยนำใบผักโขมสด มาล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งลมพอแห้ง จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C นาน 3 ชั่วโมง หรือจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 7-8 บดใบผักโขมแห้งให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด (Ultracentrifugal Mill, รุ่น ZM 1000) ขนาดรูตะแกรง 0.2 มิลลิเมตร แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดสนิทและเก็บในภาชนะทึบแสง เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง นำใบผักโขมผงมาวิเคราะห์ร้อยละขององค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า เส้นใย โปรตีน และไขมัน ตามวิธี AOAC, (1990) และคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตจาก 100-(ร้อยละของปริมาณเถ้า+เส้นใย+โปรตีน+ไขมัน)

ศึกษาปริมาณของใบผักโขมผงที่เหมาะสมที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์บะหมี่

นำใบผักโขมผงที่เตรียมได้มาเติมในบะหมี่ โดยแปรปริมาณใบผักโขมผงเป็นร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักแป้งสาลี ทำบะหมี่โดยใช้สูตรของ Nagao (1996) และวิธีทำตามวิธีของนภาลัยและคณะ, (2554) โดยผสมให้โดมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 37 นำไปรีดและตัดให้เป็นเส้นขนาดกว้าง 1.5 มิลลิเมตรและมีความยาว 30 เซนติเมตร นำไปนึ่งเป็นเวลา 20 นาที และนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณภาพของบะหมี่ดังนี้

1. คุณภาพของบะหมี่

- ค่าสี โดยนำเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่ต้มสุกมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, รุ่น Miniscan XE Plus) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)

- คุณภาพหลังการต้ม (Cooking Quality) โดยหาเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking Time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking Loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield) ตามวิธีของ AACC (1995)

- ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, รุ่น TA-XT2) วัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่ (Tensile Strength) โดยใช้หัววัด Spaghetti Tensile Grips (A/ SPR) วัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด A/ LKB และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (Adhesiveness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด P/ 35

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ โดยวิธี 9-point hedonic scale ประเมินผลในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พิจารณาเลือกปริมาณใบผักโขมผงที่เหมาะสมจากบะหมี่ที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด และพิจารณาคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสประกอบด้วย

3. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของบะหมี่ที่เติมใบผักโขมผงในปริมาณที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (บะหมี่ที่ไม่เติมใบผักโขมผง) โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเส้นใยตามวิธีของ AOAC, (1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ใบผักโขมผงมีปริมาณเถ้า เส้นใย โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 17.18, 12.54, 30.67, 3.40 และ 36.21 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณใบผักโขมผงมีผลทำให้เวลาที่เหมาะสมในการต้มและน้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลงแต่มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$, Table 1) ในขณะที่ค่าความต้านทานต่อการดึงขาด ค่าความแน่นเนื้อ และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง ($p<0.05$, Table 2) อาจเนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นเส้นใยอาหารในใบผักโขมผงไปขัดขวางการเชื่อมโครงสร้างของโปรตีนกับสตาร์ชในบะหมี่ ทำให้เส้นบะหมี่ไม่แข็งแรงซึ่งมีผลให้

เม็ดสตาร์ชเกิดการแตกออกในระหว่างการต้มและยังส่งผลให้อะไมโลสหลุดออกเม็ดสตาร์ชอยู่ในน้ำระหว่างการต้มมากขึ้น (Tudorica และคณะ, 2002) จึงทำให้เกิดการสูญเสียของของแข็งในระหว่างการต้มสูงกว่าบะหมี่ที่ไม่เติมใบผักโขมผง นอกจากนี้โครงสร้างที่ไม่แข็งแรงยังมีผลทำให้ค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้มซึ่งบ่งชี้ถึงการดูดน้ำของบะหมี่ และเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ลดลง รวมทั้งค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าความแน่นเนื้อลดลงด้วย (Eyidemir และ Hayta, 2008) ส่วนผลการวัดค่าสีพบว่าเมื่อปริมาณใบผักโขมผงเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากใบผักโขมผงมีค่าความสว่างต่ำกว่า (55.71) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาลี (90.37) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตบะหมี่ นอกจากนี้การให้ความร้อนในขั้นตอนการนึ่งและการอบแห้งบะหมี่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในใบผักโขมผง จึงทำให้ค่าความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลืองของบะหมี่ลดลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าบะหมี่ที่เติมใบผักโขมผงในปริมาณเพิ่มขึ้นมีคะแนนความชอบในทุกด้านลดลง ($p<0.05$, Table 3) โดยบะหมี่ที่เติมใบผักโขมผงร้อยละ 5 ได้คะแนนความชอบในด้านสี เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกับบะหมี่ที่ไม่เติมใบผักโขมผง ($p\geq0.05$) และมีปริมาณเถ้า เส้นใย โปรตีน และไขมันสูงกว่าบะหมี่ที่ไม่เติมใบผักโขมผง แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า (Table 4)

สรุปผล

การเติมใบผักโขมผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คุณภาพของบะหมี่ลดลง โดยบะหมี่ที่เติมใบผักโขมผงร้อยละ 5 (โดยน้ำหนักแป้ง) มีคุณภาพใกล้เคียงกับบะหมี่ที่ไม่เติมใบผักโขมผง และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากบะหมี่ที่ไม่เติมใบผักโขมผง ($p\geq0.05$) นอกจากนี้ การเติมใบผักโขมผงยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์บะหมี่ รวมทั้งช่วยเพิ่มมูลค่าของผักโขมพื้นบ้านและเพิ่มทางเลือกในการบริโภคผลิตภัณฑ์บะหมี่ผักเพื่อสุขภาพอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

เดชา ศิริภัทร, 2538, ผักขม: ความขมที่เป็นทั้งผักและยา, นิตยสารหมอชาวบ้าน, 198: 26-33.

นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ อโนชา สุขสมบูรณ์ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2554, ผลของการเติมใบมะรุมผงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่แห้ง, การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติ ครั้งที่ 1: การศึกษาเชิงสร้างสรรค์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ, หน้า 1477-1481.

สถาบันแพทย์แผนไทย, 2542, ผักพื้นบ้านภาคกลาง, โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก,กรุงเทพฯ, หน้า 177-175.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540, ข้าวสาลี, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, พิมพ์ครั้งที่2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AACC, 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (9^{th} ed.), American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 15^{th} ed, Association of Official Analytical Chemists Inc., Virginia, USA.

Ding, X.L. and Zheng, J.X., 1991, Steamed Bread and Noodles in China, Royal Australian Chemistry Institute, Melbourne, Australia.

Eyidemir, E. and Hayta, M., 2008, The Effect of Apricot Kernel Flour Incorporation on the Physicochemical and Sensory Properties of Noodle, Journal of Biotechnology, 8(1): 085-090.

Nagao, S., 1996, Processing Technology of Noodle Products in Japan, In Kruger, J. E., Matsuo, R. B. and Dick, J. W. (Eds.), Pasta and Noodle Technology, American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA.

Tudorica, C.M., Kuri, V. and Brennan, C.S., 2002, Nutritional and Physicochemical Characteristics of Dietary Fiber Enriched Pasta, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 347 – 356.

Table 1 Cooking quality of noodles as affected by different levels of Amaranth leaves powder

Amaranth leaves powder (%)	Cooking Time (Min.)	Cooking Loss (%)	Cooking Yield (%)
0	3.5	6.66 ± 0.07^{e}	292.19 ± 3.73^{a}
5	3.0	7.56 ± 0.13^{d}	276.31 ± 1.14^{b}
10	3.0	8.73 ± 0.28^{c}	274.24 ± 0.34^{bc}
15	2.5	10.28 ± 0.03^{b}	273.25 ± 0.23^{bc}
20	2.5	10.81 ± 0.17^{a}	272.02 ± 0.32^{c}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 Noodles texture as affected by different levels of Amaranth leaves powder

Amaranth leaves powder (%)	Tensile Strength (N)	Firmness (N)	Adhesiveness (N.s)
0	0.14 ± 0.01^{a}	2.74 ± 0.01^{a}	0.10 ± 0.01^{a}
5	0.13 ± 0.01^{ab}	2.48 ± 0.23^{b}	0.09 ± 0.01^{a}
10	0.12 ± 0.01^{b}	2.09 ± 0.07^{c}	0.07 ± 0.01^{b}
15	0.12 ± 0.01^{b}	1.96 ± 0.03^{c}	0.06 ± 0.01^{b}
20	0.09 ± 0.01^{c}	1.62 ± 0.07^{d}	0.03 ± 0.01^{c}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 3 Sensory scores of noodles as affected by different levels of Amaranth leaves powder

Amaranth leaves powder (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	7.10 ± 1.35^{a}	6.43 ± 1.45^{a}	6.57 ± 1.10^{a}	6.63 ± 1.27^{a}	6.97 ± 1.13^{a}
5	7.10 ± 1.30^{a}	5.77 ± 1.61^{b}	6.00 ± 1.39^{b}	6.47 ± 1.17^{a}	6.50 ± 1.25^{a}
10	5.83 ± 1.29^{b}	5.07 ± 1.26^{c}	5.37 ± 1.42^{c}	5.87 ± 1.40^{b}	5.80 ± 1.03^{b}
15	4.47 ± 1.52^{c}	4.43 ± 1.38^{d}	4.87 ± 1.43^{cd}	5.50 ± 1.22^{b}	5.10 ± 1.06^{c}
20	3.80 ± 1.67^{c}	4.07 ± 1.41^{d}	4.73 ± 1.41^{d}	5.43 ± 1.38^{b}	4.80 ± 1.06^{c}

$^{a,b,c,...}$ Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 4 Nutritional values of noodle with 5% Amaranth leaves powder and control noodle (0% Amaranth leaves powder)

Nutritional values	Control noodle	Noodle with 5% Amaranth leaves powder
Moisture (%)	9.46 ± 0.11	9.29 ± 0.08
Ash (% dry weight)	2.50 ± 0.01	3.12 ± 0.04
Fiber (% dry weight)	0.10 ± 0.02	0.72 ± 0.46
Protein (% dry weight)	10.79 ± 0.87	12.33 ± 0.51
Fat (%dry weight)	0.46 ± 0.41	0.74 ± 0.67
Carbohydrate (% dry weight)	86.15 ± 1.46	83.58 ± 1.30

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 481-484 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 481-484 (2554)

การใช้ประโยชน์จากเปลือกเมล็ดทานตะวันในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง

Utilization of Sunflower Seed Hull in Shrimp Crackers

อัญชลี คะสุรินทร์[1] **และ อรสา สุริยาพันธ์**[1]
Kasurin, A.[1] and Suriyaphan, O.[1]

Abstract

The pre-treatments of sunflower seed hulls (52% crude fiber, total phenolic compound content = 282 mg Gallic acid equivalent per 100 g sunflower seed hull) to be used as a high fiber ingredient in shrimp cracker were size reduction, bleaching and drying. Sunflower seed hulls (SSH) were ground and sieved to achieve particle size smaller than 80 mesh. At bleaching step, twenty grams of SSH powder were mixed with 500 mL of 1% H_2O_2 (pH=11) for 2 hours and a half at ambient temperature (30°C) prior to neutralization and filtration respectively. Then SSH powder was washed with water and subsequently dried at 60°C for 2 hours. The obtained SSH powder was used as tapioca flour substitution in shrimp crackers at three different amounts (2%, 4% and 6% of total tapioca flour weight). The amount of SSH insignificantly altered swelling value (1.40-1.44 fold) and hardness (9.45-11.08 N) of shrimp crackers. Nonetheless, the higher substitution amount of SSH resulted in reduction of oil uptake in shrimp crackers ($p<0.05$). Based on 9- point Hedonic scaling (n=30), the presence of SSH in shrimp crackers did not cause adverse effect on overall liking. The average overall liking scores of shrimp crackers with and without SSH were ranged as slightly like-moderately like (6.43-6.93).

Keywords: sunflower seed hull, shrimp cracker, hydrogen peroxide, oil uptake

บทคัดย่อ

ขั้นตอนการเตรียมเปลือกเมล็ดทานตะวัน (ปริมาณเส้นใยหยาบ 52 %, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 282 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อเปลือกเมล็ดทานตะวัน 100 กรัม) เพื่อใช้เป็นแหล่งของเส้นใยอาหารของข้าวเกรียบกุ้ง มีดังนี้ บดลดขนาดและร่อนผ่านตะแกรง 80 เมช ก่อนนำเปลือกเมล็ดทานตะวัน (20 กรัม) แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 1% (500 มิลลิลิตร, พีเอช =11) ที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ.) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที จากนั้นปรับค่าพีเอชให้เป็น 7 ก่อนกรองแยกเปลือกเมล็ดทานตะวันมาล้างด้วยน้ำ แล้วนำเปลือกเมล็ดทานตะวันมาอบแห้งที่ 60°ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อนำเปลือกเมล็ดทานตะวันที่ได้มาทดแทนแป้งมันสำปะหลังในข้าวเกรียบกุ้งสูตรควบคุมในปริมาณต่างๆ 3 ระดับ คือ 2% 4% และ 6% ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง พบว่า ปริมาณเปลือกเมล็ดทานตะวันมีผลต่อค่าการพองตัว (1.40-1.44 เท่า) และค่าความแข็ง (9.45-11.08 นิวตัน) ของข้าวเกรียบกุ้งอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อค่าการดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบกุ้ง โดยเมื่อระดับการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยเปลือกเมล็ดทานตะวันสูงขึ้น ปริมาณไขมันในข้าวเกรียบกุ้งมีค่าลดลงตามลำดับ ($p<0.05$) ผลการประเมินความชอบของกลุ่มผู้ทดสอบ (n=30) ที่มีต่อข้าวเกรียบกุ้งที่มีและไม่มีเปลือกเมล็ดทานตะวันด้วยวิธี 9-point Hedonic scale แสดงให้เห็นว่า เปลือกเมล็ดทานตะวันมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบกุ้งอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง (6.43-6.93)

คำสำคัญ: เปลือกเมล็ดทานตะวัน ข้าวเกรียบกุ้ง ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ค่าการดูดซับน้ำมัน

คำนำ

เปลือกเมล็ดทานตะวันเป็นส่วนเหลือใช้(waste) จากอุตสาหกรรมผลิตขนมขบเคี้ยวและน้ำมันจากเมล็ดทานตะวัน เปลือกเมล็ดทานตะวันมีองค์ประกอบหลัก คือ เส้นใยอาหารกลุ่มไม่ละลายน้ำในปริมาณที่สูงกว่าร้อยละ 50 ซึ่งได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน (Mutlu, 1990) การบริโภคเส้นใยอาหารกลุ่มนี้ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ กระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่ทำงานดีขึ้น ลดความเสี่ยงในการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ โดยปริมาณเส้นใยอาหารที่ควรบริโภคต่อวัน คือ 25-35 กรัม (ศิริลักษณ์, 2552) และจากรายงานวิจัยของ Esturk และคณะ (2000) สรุปว่า การเติมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส

[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

(CMC)ในแผ่นทอร์ทิลลา (Tortilla chip) สามารถลดการอมน้ำมันได้ร้อยละ 5-40 ดังนั้น การเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารกลุ่มไม่ละลายน้ำในข้าวเกรียบกุ้งจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการเพิ่มคุณค่าด้านสุขภาพของขนมขบเคี้ยวที่มีปริมาณแป้งและไขมันสูง วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาผลของใช้เปลือกเมล็ดทานตะวันในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังบางส่วนต่อคุณภาพข้าวเกรียบกุ้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่เป็นวัตถุดิบหลักในการทำข้าวเกรียบด้วยเปลือกเมล็ดทานตะวัน โดยแปรระดับการทดแทนด้วยเปลือกเมล็ดทานตะวันเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 2 4 และ 6 ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การเตรียมเปลือกเมล็ดทานตะวัน

อบแห้งเปลือกเมล็ดทานตะวันที่ผ่านการล้างน้ำให้สะอาด ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60± 2°ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง บดหยาบด้วยเครื่อง Coarse beater mill (D-73265 Dietz-mutren GmbH &Co. KG, Germany)แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เพื่อแยกส่วนเปลือกที่เป็นผงสีดำออก เก็บเปลือกส่วนที่ค้างบนตะแกรงและบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนถุงละ 200 กรัม ปิดผนึกและเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ)

การฟอกสีเปลือกเมล็ดทานตะวัน

แช่เปลือกเมล็ดทานตะวัน (20 ก.)ในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (1%, pH 11.0±0.05, 500 มล.) ที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ)กวนผสมด้วยเครื่องผสมสารแบบแท่งแม่เหล็ก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที ปรับพีเอชให้เป็นกลาง (7.0 ± 0.05) ด้วยกรดไฮโดร-คลอริก เข้มข้น 4 นอร์มัล (4 N HCl) กรองแยกเปลือกด้วยผ้าขาวบางและนำเปลือกเมล็ดทานตะวันมาล้างด้วยน้ำ 100 ลิตร อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 60 ± 2°ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ร่อนคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ก่อนบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน ปิดผนึกและเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ)

วิธีการทำข้าวเกรียบกุ้ง

1. ผสมเนื้อกุ้งบด (66.7 ก.) กระเทียมบด(2.7 ก.) พริกไทย(1.3 ก.) และ เกลือ(2 ก.) ให้เข้ากันดีด้วยเครื่องผสม (SEV-2024, Germany) เติมแป้งมันสำปะหลัง(100 ก.) ที่เตรียมไว้สลับกับน้ำอุ่น (40 ก.) ทีละน้อยจนหมด โดยในสูตรที่มีการใช้เปลือกเมล็ดทานตะวันให้ร่อนแป้งมันสำปะหลังกับผงเปลือกเมล็ดทานตะวันให้ผสมเข้ากันดีก่อนผสมในเนื้อกุ้งบด
2. นวดด้วยเครื่องผสมประมาณ 15 นาที ด้วยความเร็วเบอร์ 2 ให้ส่วนผสมเข้ากันดี
3. ใช้มือนวดต่อจนเป็นก้อนใหญ่มีลักษณะเหนียวนุ่มไม่เละ ปั้นเป็นแท่งกลมยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม.
4. นึ่งก้อนแป้งด้วยน้ำเดือดให้ก้อนแป้งมีลักษณะใส พักแป้งไว้ให้เย็น เก็บใส่ถุงพลาสติก นำเข้าตู้เย็นพักไว้ 12 ชั่วโมง
5. นำก้อนแป้งหั่นให้ได้ความหนาประมาณ 1 มม. อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 55 ± 2 °ซ นาน 3 ชั่วโมง
6. ทอดข้าวเกรียบกุ้งด้วยเครื่องทอดแบบน้ำมันท่วม(Princess, Holland)ในน้ำมันปาล์มที่ 190± 2 °ซ เป็นเวลา 30 วินาที

การวิเคราะห์คุณภาพของทดสอบคุณภาพของข้าวเกรียบกุ้ง

1. วัดการพองตัวหาปริมาตรของข้าวเกรียบกุ้งก่อนและหลังการทอดใช้วิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงาคำนวณค่าการพองตัว (เท่า)
2. วัดค่าความแข็ง (Hardness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Stable Micro System Texture analyzer TA-XT2, England) โดยใช้หัววัดทรงกลมชนิด Spherical probe: P/0.25S (10 ชิ้น/ สูตร)
3. วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ด้วยวิธี Soxhlet Extraction Method (AOAC Method 920.39, 1990)
4. ประเมินความชอบของข้าวเกรียบกุ้งด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คนซึ่งไม่ผ่านการฝึกฝน ประเมินความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ประเมินโดยให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างและให้คะแนนตามความชอบ โดย 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ข้อมูลด้านเคมี และด้านกายภาพของข้าวเกรียบกุ้งแบบ CRD ส่วนข้อมูลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์แบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ทางคุณภาพด้านเคมีของเปลือกเมล็ดทานตะวัน (Sunflower seed hulls, SSH) ที่ใช้ในการศึกษา พบว่า SSH มีองค์ประกอบหลัก คือ เส้นใยหยาบ (ร้อยละ 51.73 โดยน้ำหนักแห้ง)และคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 39.39 โดยน้ำหนักแห้ง) โดยมีปริมาณทั้งหมดของสารโพลีฟีนอล 281.89 ± 14.91 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/SSH 100 กรัม แต่เนื่องจากสีของ SSH มีสีดำ ดังนั้น การผสม SSH ในข้าวเกรียบกุ้ง อาจมีผลกระทบด้านลบต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้ ดังนั้น SSH ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้ผ่านขั้นตอนการฟอกสีเพื่อลดความเข้มของสีดำ ในเบื้องต้นได้ศึกษาวิธีการฟอกสี SHH โดยเปรียบเทียบสารฟอกสี 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (1% NaOCl) กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (1% H_2O_2) ฟอกสี SSH ที่ pH 11.0 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที พบว่า H_2O_2เหมาะสมสำหรับใช้ฟอกสี SSH เพราะ ทำให้ความเข้มของสีเปลือกด้านนอกลดลงและเปลือกด้านในมีสีขาวขึ้น ซึ่งเห็นได้ว่า SSH ที่ฟอกสีด้วย H_2O_2 มีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด (Table1) ข้อดีอีกประการหนึ่งของการใช้ H_2O_2เป็นสารฟอกสี คือ ความปลอดภัยในการใช้ เพราะ H_2O_2ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาสามารถสลายตัวได้ O_2 และ H_2O ได้ที่อุณหภูมิห้อง

Table 1 Color value of native SSH and bleached SSH by 1% NaOCl or 1% H_2O_2

Color value	Mean ± Standard Deviation		
	Native	1% NaOCl	1% H_2O_2
L*	42.54 ± 0.43^c	46.23 ± 0.23^b	54.75 ± 0.75^a
a*	3.27 ± 0.04^c	2.76 ± 0.07^b	0.46 ± 0.08^a
b*	11.59 ± 0.20^b	13.06 ± 0.15^c	7.54 ± 0.55^a
ΔE		3.96 ± 0.61	13.18 ± 0.36

^{a,b,c} Significant differences within values in the same row are indicated by different letter ($p<0.05$)

ข้าวเกรียบกุ้งที่เติมSSH ทดแทนแป้งมันสำปะหลังในระดับร้อยละ 0-6 มีค่าเฉลี่ยการพองตัวอยู่ในช่วง 1.40-1.44 เท่า แสดงให้เห็นว่าการเติม SSH ในปริมาณการทดแทนแป้งมันสำปะหลังไม่สูงกว่าร้อยละ 6 ไม่ได้มีผลขัดขวางการพองตัวของโครงสร้างเจลของแป้งสุกเนื่องจากการขยายปริมาตรของน้ำเป็นไอน้ำในชิ้นข้าวเกรียบในระหว่างการทอด ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งของข้าวเกรียบกุ้งที่เติม SSHแทนแป้งมันสำปะหลังในระดับต่างๆ มีค่าเฉลี่ยของความแข็งใกล้เคียงกัน ($p>0.05$)

Table 2 Swelling value and hardness of shrimp crackers containing bleached SSH at different substitution levels

% SSH substitution (on tapioca flour weight)	Mean ± Standard deviation	
	Swelling value (fold)^{ns}	Hardness(Newton)^{ns}
0	1.41 ± 0.75	9.45 ± 1.38
2	1.40 ± 0.31	10.21 ± 0.86
4	1.44 ± 0.23	9.65 ± 0.96
6	1.44 ± 0.37	11.08 ± 0.86

^{ns} Non significance ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในข้าวเกรียบกุ้ง (Table 3) พบว่า การใช้ SSH แทนแป้งมันสำปะหลังในข้าวเกรียบกุ้ง มีผลต่อปริมาณไขมันในข้าวเกรียบกุ้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยการเพิ่มระดับการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วย SSH ส่งผลให้มีปริมาณไขมันในข้าวเกรียบกุ้งลดลงตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าข้าวเกรียบกุ้งที่เติม SSH ทดแทนแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 4 และ 6 สามารถลดปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึมได้ร้อยละ 8.49 และ 13.87 ตามลำดับ คาดว่าเป็นผลที่เกิดจากการที่เส้นใยอาหารกลุ่มไม่ละลายน้ำ เช่น เซลลูโลส สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดี จึงสามารถกีดขวางการแพร่เข้าของน้ำมันสู่ชิ้นข้าวเกรียบกุ้งในระหว่างการทอดได้ (Singthong และ Thongkaew, 2009) เป็นการลดการอมน้ำมันของอาหารทอด

Table 3 Oil content and oil reduction of shrimp crackers containing bleached SSH at different substitution levels

% SSH substitution (on tapioca flour weight)	Mean ± Standard deviation	
	Crude oil content (%)	% Oil reduction
0	30.71 ± 0.61^a	
2	29.74 ± 0.83^a	3.16
4	28.10 ± 0.86^b	8.49
6	26.45 ± 0.42^c	13.87

^{a,b,c} Significant differences within values in the same column are indicated by different letter ($p<0.05$)

ข้าวเกรียบกุ้งหลังการทอด ที่มี SHH ผสมอยู่มีลักษณะการพองตัว ลักษณะผิว ใกล้เคียงกับข้าวเกรียบกุ้งสูตรควบคุม แต่มีลักษณะเฉพาะคือมีจุดสีน้ำตาลอ่อนของ SHH กระจายบนชิ้นข้าวเกรียบกุ้งที่มีสีส้มของเนื้อกุ้งสุกเมื่อได้รับความร้อน การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่ใช้ SSH ทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธี 9-point Hedonic scale (Table 4) พบว่า ข้าวเกรียบกุ้งที่เติม SSH ทดแทนแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2 4 และ 6 มีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยและความกรอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับข้าวเกรียบกุ้งสูตรควบคุม โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง (6.43-6.93) แสดงให้เห็นว่าการเติม SHH ไม่มีผลกระทบด้านลบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของข้าวเกรียบกุ้ง ทั้งนี้ การที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับข้าวเกรียบกุ้งที่มี SSH ผสมอยู่ เนื่องจากกลุ่มผู้ทดสอบมีความเห็นว่าจุดสีน้ำตาลของ SHH ที่ปรากฏบนชิ้นข้าวเกรียบกุ้งนั้นมีลักษณะคล้ายผงเครื่องเทศ และเมื่อเคี้ยวชิ้นข้าวเกรียบผู้ทดสอบไม่พบลักษณะสากลิ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัยคาดว่าการเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วย SSH สูงกว่าร้อยละ 6 น่าจะมีผลกระทบด้านลบต่อระดับการยอมรับเพราะชิ้นข้าวเกรียบมีจุดสีน้ำตาลมากเกินไป

Table 4 Liking scores of shrimp crackers containing bleached SSH at different substitution levels

(N=30, 9-point Hedonic Scale, 1= extremely dislike, 9= extremely like)

% SSH substitution (on tapioca flour weight)	Mean ± Standard deviation					
	Appearance	Color	Flavor	Crispiness[ns]	Taste	Overall liking[ns]
0	6.60±1.28[ab]	6.50±1.38[b]	6.57±1.25[b]	6.70±1.60	6.63±0.85[b]	6.43±1.45
2	7.03±0.96[a]	7.13±0.90[a]	6.37±1.24[b]	6.87±1.22	6.97±1.03[a]	6.93±0.98
4	7.00±0.98[a]	7.10±1.09[a]	7.00±0.74[a]	6.90±1.40	6.97±0.89[a]	6.90±0.92
6	6.50±1.22[b]	6.63±1.07[ab]	6.77±1.13[ab]	7.20±1.00	7.00±0.95[a]	6.93±0.83

[a,b] Significance differences within values in the same column are indicated by different letter ($p<0.05$)

[ns] Non significance ($p>0.05$)

สรุปผล

เปลือกเมล็ดทานตะวันที่ผ่านการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 1% (pH 11) ที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ.) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของเส้นใยอาหารในข้าวเกรียบกุ้งทดแทนแป้งมันสำปะหลังได้ในปริมาณร้อยละ 2-6 โดยไม่พบว่าเปลือกเมล็ดทานตะวันในปริมาณดังกล่าวมีผลกระทบด้านลบต่อคุณภาพที่สำคัญ ได้แก่ การพองตัว ความกรอบ และความแข็งของข้าวเกรียบกุ้ง ทั้งนี้ พบว่า การเติมเปลือกเมล็ดทานตะวันมีข้อดีเพราะสามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอดข้าวเกรียบได้ร้อยละ 3-14 โดยขึ้นกับปริมาณเปลือกเมล็ดทานตะวันที่ใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

เอกสารอ้างอิง

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2552, หลักโภชนาการ และหลักการอาหารบำบัดโรค, ปทุมธานี

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

Esturk, O., Kayacier, A. and Singh, R.K., 2000, Reduction of Oil Uptake in Deep Fried Tortilla Chips, Food Science and Technology International, 6(5): 425-431.

Mutlu, S.F.,1990, Enzymatic Conversion to Sugars of Sunflower Stems and Seed Hulls, Ph.D. Thesis, Ankara Univ. Institute of Science and Technology.

Singthong, J. and Thongkaew, C., 2009, Using Hydrocolloids to Decrease Oil Absorption in Banana Chips, LWT-Food Science and Technology, 42: 1199-1203.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 485-488 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 485-488 (2554)

คุณลักษณะกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด

Flavor Characteristic of Enzymatic Bromelain Seaweed Protein Hydrolysate Used as Flavoring Agent in Surimi based product

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

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

Abstract

An application of protein hydrolysate in surimi based products was investigated. Processed flavor (PF), was produced by mixture of 15% of enzymatic bromelain protein hydrolysate (eb-SWPH) from *Gracilaria fisheri* with glucose, ribose, taurine, arginine, alanine and glycine 2%, 1%, 2% 2% 2% 8%, respectively. Then the mixture was heated at 95±5 ºC for 2 hrs. The PF mixture was applied as flavoring agent at various concentrations of 1%, 2%, 3%, 4% and 5% in surimi based products. The results showed that the 2% PF added in surimi base product received the highest scores of crab and shrimp flavor and overall acceptance and its scores were greater than original processing surimi base product without PF. Twenty-seven volatile compounds such as 2,5-dimethyl-pyrazine, trimethyl-pyrazine and diethyl methyl pyrazine which represented seafood, meat, fermented sausage and roasted flavor, were found.

Keywords: *Gracilaria* spp., processed flavor, enzymatic-bromelain seaweed protein hydrolysate (eb-SWPH), surimi

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด (surimi base) โดยนำ processed flavor (PF) ที่ได้จากการเติมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายสกุลกราซิลาเรีย (*Gracilaria* spp.) ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (enzymatic-bromelain seaweed protein hydrolysate; eb-SWPH) ร้อยละ 15 ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลไรโบส ทอรีน อาร์จีนีน อะลานีน และไกลซีนร้อยละ 2, 1, 2, 2, 2 และ 8 ตามลำดับ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด โดยการเติม PF ที่แปรปริมาณเท่ากับร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 พบว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เติม PF ร้อยละ 2 ได้รับคะแนนกลิ่นรสปูและกุ้ง รวมทั้งคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด และมีระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่ไม่เติม PF พบสารหอมระเหยสำคัญจำนวน 27 ชนิด ได้แก่ 2,5-dimethyl-pyrazine, trimethyl-pyrazine และ diethyl methyl pyrazine ซึ่งให้ลักษณะของอาหารทะเล กลิ่นคาว กลิ่นไส้กรอกหมัก และกลิ่นย่าง

คำสำคัญ: สาหร่ายสกุลกราซิลาเรีย สารปรุงแต่งกลิ่นรส โปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน เนื้อปลาบด

คำนำ

ซูริมิ (surimi) หมายถึง เนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายเกลือเจือจางจนเหลือเฉพาะโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (myofibrillar proteins) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีสมบัติในการเกิดเจล กำจัดน้ำออกบางส่วนและผสมกับสารป้องกันการสูญเสียสภาพของโปรตีน เช่น น้ำตาล ฟอสเฟต และเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าเพื่อแปรรูปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป (Akahane และ Shimizu, 1983) ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด (surimi based products) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำซูริมิมาเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น แป้ง ไข่ขาว ผงชูรส และสารให้กลิ่นรส ขึ้นรูปด้วยการอัดรีด (extruded) การทำให้เกิดลักษณะเส้นใย (fiberized) หรือขึ้นรูปด้วยการใช้เบ้าประกอบ (composite-molded) ขึ้นกับลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการพร้อมกับการให้ความร้อนเพื่อสร้างความคงทนของรูปร่าง และลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียว นุ่มและยืดหยุ่น (Books, 2010) แต่ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด ได้แก่ ลูกชิ้น ไส้กรอก ทอดมัน เนื้อปูเทียม และอาหารประเภทเนื้อเทียมอื่นๆ มีกลิ่นคาว เพื่อเพิ่มรสชาติและสร้างเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งกลบกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการ ปัจจุบันจึงมีการใช้สารปรุงแต่งกลิ่นรสในอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจาก Hydrolysate Vegetable Protein (HVP) มีสมบัติเสริมหรือปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารได้ดี และราคาถูก จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลายทั่วโลก นอกจาก HVP มีกลิ่นที่ดีจากปฏิกิริยา Maillard แล้วยังมีสาร MSG จากกรดอะมิโนกรดกลูตามิกและ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

เกลือโซเดียมคลอไรด์ ช่วยให้มีรสชาติที่ดี (Mussinan และ Katz, 1973) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการประยุกต์ใช้ processed flavor ที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลนในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียม processed flavor (PF) ที่ได้จากการเติม eb-SWPH ร้อยละ 15 ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลไรโบส ทอรีน อาร์จีนีน อะลานีน และไกลซีนร้อยละ 2, 1, 2, 2, 2 และ 8 ตามลำดับ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด วิธีการผลิตเตรียม surimi base ร้อยละ 60 โดยปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสม 2 นาที เติมน้ำแป้งข้าวสาลีร้อยละ 6.0 โดยละลายกับน้ำเย็นร้อยละ 30, 29, 28, 27 และ 26 (แปรตามปริมาณ PF) เกลือ และไข่ขาว ร้อยละ 1.5 และ 0.5 ตามลำดับ และเติม PF โดยแปรปริมาณเท่ากับร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 ลงใน surimi base ผสมส่วนผสมให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียว แล้วขึ้นรูปในแบบพิมพ์ ให้ความร้อนในหม้อนึ่งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทิ้งให้เย็น (ดัดแปลงจาก ณัฐวุฒิ, 2550) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1997) นำผลิตภัณฑ์แปรรูปจาก surimi base ที่ได้มาวิเคราะห์คุณลักษณะ ดังนี้

1. ลักษณะปรากฏและค่าสีของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด

สังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เตรียมได้ทุกภาวะ วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี โดยอ่านค่าตามระบบ L*, a*, b* และค่า Hue angle และนำค่า L*, a*, b* ที่อ่านได้มาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้ $\Delta E = [(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$

2. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด

ทดสอบคุณภาพทางด้านกลิ่นรสโดยการยอมรับทางประสาทสัมผัส ประเมินทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นปู กลิ่นกุ้ง กลิ่นน้ำตาลไหม้ กลิ่นสาหร่าย กลิ่นคาว รสปู รสกุ้ง รสหวาน รสเค็ม รสขม รสเปรี้ยว รสคาว ความฉ่ำน้ำ (juicy) ความแน่นเนื้อ (firmness) และการยอมรับโดยรวม โดยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 10 คน และผู้ทดสอบฝึกฝนจำนวน 5 คน จากบริษัท Firminich (Firminich Thailand Ltd.) ใช้วิธีทดสอบแบบ Qualitative descriptive analysis (QDA) ให้คะแนนแบบ 9-point scoring test กำหนดให้ 1 คือ อ่อนมากที่สุด (ไม่ปรากฏ) และ 9 คือ เข้มข้นมากที่สุด วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

3. เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด

นำผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เตรียมได้ทุกภาวะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ตัดให้มีความสูงขนาดความสูง 0.5 เซนติเมตร วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ด้วยวิธี texture profile analysis วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง (hardness) การเกาะติดผิว (adhesiveness) การรวมตัวกัน (cohesiveness) ความยืดหยุ่น (springiness index) และการเคี้ยว (chewiness) ด้วยหัววัด (probe) รูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.4 เซนติเมตร ความเร็วหัวทดสอบ 50 mm/min โดยกดตัวอย่างร้อยละ 25 ของความสูงเริ่มต้น ด้วยแรงกด 0.8 kgf (อรวรรณ และคณะ, 2541)

4. วิเคราะห์องค์ประกอบสารหอมระเหยของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด

วิเคราะห์องค์ประกอบสารหอมระเหยของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เตรียมได้ทุกภาวะด้วย dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatoghaphy mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS) อุ่นตัวอย่างปริมาตร 3 กรัม ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดซับไอสารระเหยด้วยไฟเบอร์ 2cm-50/30 µm DVB/Carboxen™/PDMS StableFlex™ เป็นเวลา 20 นาที นำเข้าเครื่อง GC อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส ให้เวลาในการชะสารหอมระเหยออกจากไฟเบอร์เป็นเวลา 20 นาที ด้วยวิธี splitless ใช้คอลัมน์ DB-WAX และก๊าซฮีเลี่ยมเป็นตัวพาที่อัตราการไหลคงที่ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที โปรแกรมอุณหภูมิของ oven โดยเริ่มจากอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส คงไว้เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 เป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที คงไว้ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan rage 33-350 amu) ภาวะเครื่อง 70 eV ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส และแปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ % quality match ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 และเทียบกับสารละลายมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkanes) และจากรายงานวิจัย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ทางสถิติผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบด พบว่าปริมาณ PF ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ไม่มีอิทธิพลต่อกลิ่นปู กลิ่นกุ้ง กลิ่นน้ำตาลไหม้ กลิ่นสาหร่าย รสขม และรสเปรี้ยว แต่มีอิทธิพลต่อการยอมรับสีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นคาว รสปู รสกุ้ง รสหวาน รสเค็ม รสคาว ความฉ่ำน้ำ (juicy) ความแน่นเนื้อ (firmness) และคะแนนการยอมรับ

โดยรวม (Figure 1) เมื่อปริมาณร้อยละ PF ที่เติมมากขึ้น ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดมีสี กลิ่นและรสปู กลิ่นและรสกุ้ง รสเค็ม ความแน่นเนื้อมากขึ้น และทำให้กลิ่นรสคาว และความฉ่ำน้ำลดลง (Table 1) สอดคล้องกับผลวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี พบว่า เมื่อเติม PF มากขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L*) และ ค่า Hue angle ลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองคล้ำขึ้นซึ่งเป็นสีที่เกิดจาก PF ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ (Table 1) การเติม PF ในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดมีคะแนนกลิ่นและรสปู กลิ่นและรสกุ้ง และรสเค็มมากขึ้น เนื่องจาก PF ที่ผลิตได้จาก eb-SWPH มีสมบัติในการเป็น flavor enhancer กลิ่นอาหารทะเลในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยให้กลิ่นรสปูและกุ้ง กลิ่นเค็มและกลิ่นหอมหวานคล้ายซอสปรุงรส รวมทั้งยังมีรสหวานและมีรสขมเพียงเล็กน้อย การเติม PF ปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่มีกลิ่นรสที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับการวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วย GC-MS พบว่า ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เติม PF ทุกภาวะมีชนิดและปริมาณสารหอมระเหยใกล้เคียงกัน โดยมีองค์ประกอบหลักของสารหอมระเหย 27 ชนิด ได้แก่ 2-pentyl-furan, (E)-2-octen-1-ol, methoxy-phenyl-oxime, และ 2,4-di-tert-butylphenol ซึ่งให้ลักษณะแนวกลิ่น (odor description) แบบกลิ่นคาว (meaty) กลิ่นไขมัน (fatty) และกลิ่นหวาน (sweet) และเมื่อเติม PF ปริมาณมากขึ้น สารหอมระเหยที่พบมี %relative peak area มากขึ้นด้วย (Table 2) แต่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่ไม่เติม PF โดยผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เติม PF พบสารหอมระเหย 4-heptenal ซึ่งให้ลักษณะกลิ่นคาวปลา น้อยกว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่ไม่เติม PF รวมทั้งพบสารหอมระเหยเหมือนกับสารหอมระเหยที่พบในปูและกุ้ง ได้แก่ hexanal, heptanal, 1-hexanol, nonanal, benzaldehyde, 3,5-octadiene-2-one, linalool, 1-octen-3-ol, methoxy-phenyl-oxime และ dibutyl phthalate (Chung, 1999; Yu และ Chen, 2011; Morita และคณะ, 2001) ส่วนความแน่นเนื้อที่มากขึ้นและความฉ่ำน้ำลดลงเป็นผลจากปริมาณของ PF อาจเนื่องจาก eb-SWPH มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ โดยมีสมบัติเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ เพิ่มการละลายและการเกิดเจลของโปรตีน (Moure และคณะ, 2006; Zhao และคณะ, 2011) ดังนั้นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เติม PF ที่ผลิตจาก eb-SWPH จึงมีลักษณะเหนียวนุ่ม สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analyzer (Table 1) โดยผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เติม PF ร้อยละ 2 มีคะแนนด้านกลิ่นรสปูและกุ้งไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เติม PF ร้อยละ 3, 4 และ 5 รวมทั้งการยอมรับโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อเติม PF มากขึ้นทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดแน่นเนื้อ มีความฉ่ำน้ำลดลง และมีสีคล้ำซึ่งไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เติม PF ร้อยละ 2 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสปูและกุ้ง กลิ่นรสเค็มและหวาน และคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่ไม่ผสม PF

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดที่เติม PF ร้อยละ 2 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเหนียวนุ่ม มีกลิ่นรสคล้ายกุ้งและปู และมีรสชาติดี พบสารหอมระเหยสำคัญ ได้แก่ 2,5-dimethyl-pyrazine, trimethyl-pyrazine และ diethyl methyl pyrazine ซึ่งให้ลักษณะของอาหารทะเล กลิ่นคาว กลิ่นไส้กรอกหมัก และกลิ่นย่าง สรุปได้ว่า PF ที่ผลิตจาก eb-SWPH สามารถเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อปลาบดได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมกรวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

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

อรวรรณ คงพันธุ์ พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และจิราภรณ์ รุ่งทอง, 2541, การตรวจสอบคุณภาพซูริมิ, สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กรุงเทพฯ, 63 หน้า.

Akahane Y. and Shimizu, Y., 1983, Effect of pH and Sodium Chloride on the Water Holding Capacity of Surimi and its Gel, Nippon Suisan Gakkaishi, 55: 1827-1832.

Books, L.L.C., 2010, Surimi: Kamaboko, Fish Ball, Crab Stick, Corn Crab Soup, Crab Rangoon, Fish Slice, Chikuwa, Hanpen, Satsuma Age, Tsukune, General Books LLC: 42 p.

Chung, H.Y., 1999, Volatile Components in Crabmeats of *Charybdis feriatus*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 2280-2287.

Morita, K., Kubota, K. and Aishima, T., 2001, Sensory Characteristics and Volatile Components in Aromas of Boiled Prawns Prepared According to Experimental Designs, Food Research International, 34: 473–481.

Moure, A., Sineiro, J., Dominguez, H. and Parajo, J.C., 2006, Functionality of Oilseed Protein Products: A Review, Food Research International, 39(9): 945-963.

Yu, H.Z. and Chen, S.S., 2010, Identification of Characteristic Aroma-active Compounds in Steamed Mangrove Crab (*Scylla serrata*), Food Research International, 43: 2081–2086.

Zhao, G., Liu, Y., Zhao, M., Ren, J. and Yang, B., 2011, Enzymatic Hydrolysis and their Effects on Conformational and Functional Properties of Peanut Protein Isolate, Food Chemistry, 127: 1438–1443.

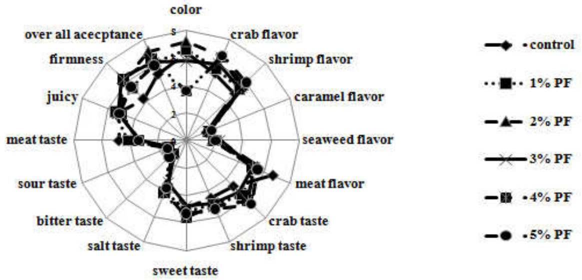


Figure 1 Spider web of sensory profile of surimi products at various concentrations of processed flavor.

Table 1 Color and texture profile of surimi based products at various concentrations of processed flavor.

Sample	L*	ΔE	H	Hardness (gf)	Cohesiveness	Springiness Index	Chewiness (kgf.mm)	Gumminess (kgf)	Adhesiveness (kgf.mm)
control	-	-	-	1817.37^{c}	0.08^{c}	0.21^{c}	0.07^{c}	0.15^{c}	-0.29^{a}
1%	60.55^{a}±0.02	15.82^{e}±0.02	74.89^{a}±0.01	2129.40^{b}	0.17^{b}	0.36^{b}	0.25^{b}	0.37^{b}	-0.42^{b}
2%	53.85^{b}±0.04	23.05^{d}±0.04	67.66^{b}±0.11	2142.20^{b}	0.17^{b}	0.37^{b}	0.25^{b}	0.38^{b}	-0.44^{bc}
3%	48.28^{c}±0.02	27.77^{c}±0.02	67.77^{c}±0.06	2244.06^{ab}	0.18^{b}	0.37^{b}	0.29^{b}	0.42^{b}	-0.46^{c}
4%	46.70^{d}±0.08	29.97^{b}±0.07	64.48^{d}±0.02	2282.24^{a}	0.19^{ab}	0.38^{b}	0.31^{b}	0.43^{b}	-0.46^{c}
5%	40.79^{e}±0.03	35.25^{a}±0.03	64.04^{e}±0.07	2295.49^{a}	0.23^{a}	0.43^{a}	0.43^{a}	0.53^{b}	-0.49^{c}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD	0.08	0.07	0.11	119.86	0.034	0.11	0.08	0.08	0.04
C.V. (%)	2.23	2.23	2.23	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03

NS mean in the same column are not significant difference (p > 0.05)
[a, b, c] Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 2 Volatile compounds of surimi based products at various concentrations of processed flavor.

Volatile compounds	RI	Relative peak area (%)						Odor description*
		0%	1%	2%	3%	4%	5%	
hexanal	1084*	7.00	1.16	6.81	1.91	2.55	3.13	green, fatty, vegetative, fruity
(E)-2-hepten-1-ol	1188	3.91	1.56	3.32	2.16	3.91	4.82	pungent, fatty, green
2-pentyl-furan	1227	1.84	0.97	1.45	1.76	1.32	0.97	fruity, green, earthy, beany
4-heptenal	1248	1.98	0.33	0.78	1.46	1.07	1.11	oily, fatty, green, dairy, fishy
1-methyl-4-(1-methylethyl)-benzene	1266	-	0.42	1.69	1.82	3.28	5.12	woody, oregano
1,3,5-trimethyl-benzene	1282	-	-	-	1.10	0.35	0.46	distinctive aromatic odor
octanal	1294	2.34	0.47	1.67	1.42	2.58	1.57	aldehydic, waxy, citrus
2,3-octanedione	1336	0.58	0.14	1.29	0.83	0.67	0.91	fruity, nutty
1-hexanol	1370	1.12	0.30	1.00	0.83	1.24	1.73	resin, flower, green
nonanal	1399	3.05	1.01	3.81	2.22	2.47	2.32	waxy, citrus, cucumber
trimethyl-pyrazine	1423	0.00	0.21	0.59	0.73	1.30	1.68	nutty, musty, cocoa, potato
1-octen-3-ol	1464	9.06	1.96	7.52	4.80	5.85	6.67	green citrus
tetramethyl-pyrazine	1492	1.08	0.56	2.99	2.55	1.43	4.41	nutty, musty and vanilla
benzaldehyde	1534	4.81	0.52	5.13	2.98	5.55	6.19	sweet, oily, almond, woody
linalool	1560	-	-	-	-	1.37	2.34	citrus, floral, waxy, rose
3,5-octadiene-2-one	1584	0.19	0.16	0.47	0.24	0.74	0.85	fruity, green, grassy
2-undecanone	1607	0.50	0.13	0.92	0.70	0.66	0.93	waxy, fruity
(E)-2-octen-1-ol	1631	2.59	0.43	2.22	1.55	2.04	2.23	green, citrus
estragole	1681	1.44	0.20	0.76	1.03	1.28	1.45	sweet, spice, herbal
4-ethyl-benzaldehyde	1719	1.01	0.27	1.12	0.41	0.76	0.87	bitter almond, sweet
naphthalene	1749	0.16	0.15	0.44	0.42	0.48	0.49	pungent
methoxy-phenyl-oxime	1779	6.99	3.06	2.99	2.27	4.66	5.01	-
Benzyl alcohol	1892	0.10	0.12	0.15	0.08	0.10	0.20	sweet, floral, fruity
phenylethyl alcohol	1926	0.68	0.19	0.20	0.20	0.62	0.62	sweet, floral, freeh
eugenol	2141*	-	-	-	0.18	0.17	0.03	clove, ham and bacon notes
2,4-Di-tert-butylphenol	2301**	49.13	85.48	52.38	66.20	53.32	43.87	-
dibutyl phthalate	2678**	0.44	0.20	0.27	0.16	0.22	-	faint odor

Note: RI = Retention indices, *http://flavoumet.org, **http://webbook.nist.gov

ผลของการเติมแป้งกล้วยต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

Effects of Directional Addition of Banana Flour on Antioxidant Activity, Physical and Sensorial Properties of Instant Porridge

นนท์พิพัฒน์ วุฒิกานนท์[1] เปมิกา จรเด็จ[1] และ ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย[1]
Wutthikanon, N.[1], Joradej, P.[1] and Loypimai, P.[1]

Abstract

This research aimed to investigate the effect of directional addition of modified banana flour on antioxidant activity (AOA), physical and sensorial properties of instant porridge product. The ratio of modified banana flour (MBF) to brown rice flour (BRF) was varied into five levels of substitution including 1:0, 2:1, 1:1, 1:2 and 0:1 (as a control sample). The effect of MBF addition was evaluated by several aspects including AOAs (DPPH radical scavenging, total antioxidant capacity, and total phenolic contents), physical property (rehydration ratio, color value, a_w value and viscosity) and sensorial property .The results indicated that the AOAs increased with the increasing of addition of MBF ratios. Similarly, the ratio of rehydration, viscosity and the darkness also increased. In the study on sensory evaluation, the porridges with addition of MBF levels of 2:1, 1:1, 1:2 and 0:1 (control) indicated not significantly different in liking score of color (6.30-6.95), odor (5.77-6.35), texture (5.62-6.00) and overall liking (5.86-6.05). Therefore, instant porridge product added with MFB at the ratio of 2:1 was selected, because the natural antioxidants, and rehydration ratio increased and sensory qualities were acceptable.

Keywords: banana flour, instant porridge, antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมแป้งกล้วยดัดแปรต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป โดยแปรผันอัตราส่วนแป้งกล้วยดัดแปรต่อแป้งข้าวกล้องออกเป็น 5 ระดับคือ 1:0 2:1 1:1 1:2 และ 0:1 (ชุดควบคุม) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์โจ๊กมาวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธีได้แก่ (1) DPPH radical scavenging (2) total antioxidant capacity และ (3) total phenolic contents สมบัติทางด้านกายภาพ (อัตราการดูดน้ำกลับ ค่าสี ค่าน้ำอิสระ และค่าความหนืด) และลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่ออัตราส่วนแป้งกล้วยดัดแปรเพิ่มขึ้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธี มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในทำนองเดียวกัน อัตราการดูดน้ำกลับ ค่าความหนืด และค่าความเข้มสีมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การทดแทนแป้งกล้วยดัดแปรที่ระดับ 2:1 1:1 และ 1:2 มีคะแนนความชอบด้านสี (6.30-6.95) กลิ่น (5.77-6.35) เนื้อสัมผัส (5.62-6.00) และความชอบรวม (5.86-6.05) ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (1:0) ดังนั้นการเติมแป้งกล้วยดัดแปรระดับ 2:1 ในผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ อัตราการดูดน้ำกลับ และคงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คำสำคัญ: แป้งกล้วย โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป อัตราการดูดน้ำกลับ

บทนำ

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* Linn.) นิยมปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย ปลูกง่าย โตเร็ว ทนต่อโรคและแมลง และให้ผลผลิตตลอดทั้งปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) ผลกล้วยรับประทานได้ทั้งดิบและสุก เป็นแหล่งของสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการหลายชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามินและแร่ธาตุ และในแป้งกล้วยมีค่าไกลซิมิค อินเดกซ์

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajaphat University, Thonburi, Bangkok 10600 Thailand

(Glycemic Index) และปริมาณคอเลสเตอรอล (LDL) ต่ำ การบริโภคกล้วยหรือแป้งกล้วยจึงสามารถช่วยป้องกันโรคเบาหวาน โรคมะเร็ง โรคอ้วน และโรคหัวใจได้ (เบญจมาศ, 2545) นอกจากนี้แป้งกล้วยยังมีกลิ่นเฉพาะตัว เกิดการพองตัวใส เมื่อได้รับความร้อน และละลายน้ำได้ดี (ญาณิศา และคณะ, 2536) และเป็นแหล่งที่ดีของสารประกอบพวกฟีนอลิก (phenolic compounds) จากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการอนุมูลอิสระหลายชนิด (Vergara-Valencia และคณะ, 2007) มีงานวิจัยจำนวนมากรายงานว่า การบริโภคกล้วยโดยเฉพาะกล้วยกึ่งดิบกึ่งสุกมีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ เนื่องจากมีปริมาณ dietary fiber และ resistant starch สูง (Faisant และ Champ, 1995) แต่อย่างไรก็ตาม ในบางฤดูกาลปริมาณผลผลิตกล้วยน้ำว้ามากเกินความต้องการ กล้วยที่ใช้บริโภคสดมีอายุการเก็บสั้นเพียง 5-7 วัน ก่อนเน่าเสีย ก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจของประเทศ จากสมบัติทางเคมีและกายภาพดังกล่าวการพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป จากแป้งกล้วยดัดแปร จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาและเป็นการเพิ่มศักยภาพการเป็นอาหารสุขภาพให้เหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ผลิตได้จากวัตถุดิบทางธรรมชาติ และมีความสะดวกรวดเร็วในการบริโภคให้ทันกับสภาวะปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมแป้งต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งกล้วยดัดแปร ทำตามวิธีของ ญาณิศา และคณะ (2536) โดยคัดเลือกกล้วยน้ำว้าผลสีเหลืองเขียวกึ่งดิบกึ่งสุก มีค่าความหวาน 8.0±1.0 องศาบริกซ์ นำไปนึ่งด้วยไอน้ำที่ 100ºC นาน 5 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำมาปอกเปลือกและหั่นเป็นแว่นขนาด 2.0 มิลลิเมตร แช่ในสารละลายกรดซิตริก (0.3% w/v) แล้วนำขึ้นมาทำการอบให้แห้งที่ 60ºC ประมาณ 5 ชั่วโมง จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 2-3% (wet basis) หลังจากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช (แป้งข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ดัดแปร เตรียมเช่นเดียวกัน) จากนั้นนำไปผลิตเป็นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป โดยแปรผันอัตราส่วนแป้งกล้วยดัด (MBF) แปรต่อแป้งข้าวกล้อง (BRF) ออกเป็น 5 ระดับคือ 1:0 2:1 1:1 1:2 และ 0:1 (ชุดควบคุม) หลังผสมแล้ว นำมาวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธี (รายละเอียดตามวิธีของ Dasgupta และ De, 2004) ได้แก่ (1) DPPH radical scavenging, (2) total antioxidant capacity และ (3) total phenolic contents) สมบัติทางด้านกายภาพได้แก่ อัตราการดูดน้ำกลับ (Champagne และคณะ, 1985) ค่าน้ำอิสระ (AQUALAB®,USA) ความหนืด (Brookfield; DVEVISCOMETER, RVDVE 230) และวัดค่าสี (Munsell colour system) และลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 คน ให้คะแนนความชอบ (9-hedonic scaling) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบและการยอมรับรวม เปรียบเทียบกับโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ข้าวกล้อง 100% (ชุดควบคุม)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อเพิ่มอัตราส่วนแป้งกล้วยดัดแปรต่อแป้งข้าวกล้อง พบว่าผลิตภัณฑ์โจ๊กมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธีมีปริมาณเพิ่มขึ้น (ค่า IC_{50} ลดลง) โดยการเติมแป้งกล้วยดัดแปรระดับ 1:0 มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาคือที่ระดับ 2:1 มีค่า IC_{50} (DPPH) เท่ากับ 3.94 และ 4.07 g/ml ตามลำดับ (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ragaee และคณะ (2006) กล่าวไว้ว่าการเพิ่มแป้งกล้วยในเส้นสปาเก็ตตี้ ส่งผลทำให้ปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมแป้งกล้วย ในทำนองเดียวกันผลิตโจ๊กมีอัตราการดูดน้ำกลับ ค่าความหนืด และค่าความเข้มสีมีค่าเพิ่ม และมีค่าน้ำอิสระอยู่ในช่วง (0.42-0.54) (Table 2) เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติมแป้งกล้วยดัดแปรที่ระดับ 2:1, 1:1 และ 1:2 มีคะแนนความชอบด้านสี (6.30-6.95) กลิ่น (5.77-6.35) เนื้อสัมผัส (5.62-6.00) และความชอบรวม (5.86-6.05) ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (1:0) แสดงดัง Table 3

สรุปผล

การเติมแป้งกล้วยดัดแปรระดับที่เหมาะสม (2:1) ช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ และอัตราการดูดน้ำกลับของผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์โจ๊กที่ใช้ข้าวกล้องเป็นส่วนประกอบหลัก (ผลิตภัณฑ์ทางการค้า)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2554

Table 1 Antioxidant activity (DPPH radical scavenging, total antioxidant capacity, and total phenolic contents) of instant porridge product

BNF: BRF ratio	DPPH assay IC_{50} (g/ml)	Total antioxidant assay (µg STDs equivalent/g sample) ascorbic	gallic	alpha - tocopherol	Total phenolic contents (µg gallic equivalent/ g sample)
1 : 0	3.94 ± 0.44^{a}	70.48±1.57^{a}	19.66±0.51^{a}	85.96±1.31^{a}	2.88±0.11^{a}
2 : 1	4.07 ± 0.25^{b}	65.79±0.39^{b}	16.50±0.71^{b}	77.17±0.67^{b}	2.82±0.22^{a}
1 : 1	4.28 ± 0.24^{c}	48.00±0.91^{c}	11.08±0.57^{c}	67.51±0.65^{c}	2.63±0.03^{b}
1 : 2	4.34 ± 0.14^{d}	39.67±1.43^{d}	8.65±1.24^{d}	59.26±1.35^{d}	2.06±0.15^{c}
0 : 1(control)	5.44 ± 0.37^{e}	34.89±0.93^{e}	6.51±0.94^{e}	50.26±1.81^{e}	1.16±0.31^{d}

Values are means of triplicate samples (STDs are the synthetic standards (ascorbic acid, gallic acid, and alpha –tocopherol)

$^{a-e}$ Means within a column with different numbers are different ($P \leq 0.05$).

IC_{50} : DPPH radical scavenging activity concentration of extract that inhibited at 50%

Table 2 Rehydration ratio, water activity (a_w) value, color value and viscosity of brown rice flour, banana flour per share

BNF : BRF ratio	rehydration ratio	a_w value	color value	viscosity (cp)
1:0	2.01 ± 0.02^{a}	0.54 ± 0.01	2.5Y8/4	1833.33 ± 76.37^{a}
2:1	1.99 ± 0.02^{ab}	0.49 ± 0.00	2.5Y8/2	1573.33 ± 30.55^{b}
1:1	1.98 ± 0.01^{b}	0.46 ± 0.01	2.5Y8.5/2	1408.33 ± 41.50^{c}
1:2	1.96 ± 0.02^{c}	0.44 ± 0.01	2.5Y8.5/2	1331.67 ± 33.65^{c}
0:1(control)	1.94 ± 0.02^{d}	0.42 ± 0.00	2.5Y9/2	1126.67 ± 68.07^{d}

Values are means of triplicate samples

$^{a-e}$ Means within a column with different numbers are different ($P \leq 0.05$).

Table 3 Sensorial property of instant banana porridge product

BNF : BRF ratio	liking score Appearance	Odor	Color	Flavor (ns)	Texture	Overall acceptability
1:0	5.90±1.54^{b}	5.32±1.62^{c}	5.70±1.69^{b}	4.95±1.88	5.47±1.58^{b}	5.73±1.44^{b}
2:1	5.92±1.39^{b}	5.77±1.31^{abc}	6.30±1.66^{ab}	5.45±1.78	5.62±1.90^{ab}	5.86±1.48^{ab}
1:1	5.99±1.37^{b}	5.87±1.39^{ab}	6.32±1.42^{ab}	5.23±1.77	5.71±1.59^{ab}	5.89±1.47^{ab}
1:2	6.05±1.28^{b}	6.00±1.62^{a}	6.40±1.75^{ab}	5.32±1.91	5.72±1.88^{ab}	5.94±1.66^{ab}
0:1(control)	6.35±1.27^{a}	6.05±1.48^{a}	6.55±1.33^{a}	5.50±1.88	6.00±1.68^{a}	6.05±1.61^{a}

Values are means of triplicate samples

$^{a-e}$ Means within a column with different numbers are different ($P \leq 0.05$).

ns : not significant

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร, 2544, สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีการเพาะปลูก 2533-2544, กรุงเทพฯ, ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนการ กระทรวงกระเกษตร และสหกรณ์.

ญาณิศา รัตอาภา วิภา สุโรจนะเมธากุล มาฤดี ผ่องพิพัฒนพงศ์ ตวิษา โลหะนะ ไพลิน ผู้พัฒน์ และวารุณี ประดิษจุ์ศรีกุล, 2536, การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วย, วารสารอาหาร, 23(3): 197-208.

เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545, กล้วย, พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 357 หน้า.

Champagne, E., Liuzzo, J.A., Rao, R.M. and Smith, D.A., 1985, Chemical Treatment and Process Modification for Producing Improved Quick-cooking Rice, Journal of Food Science, 50(4): 926-931.

Dasgupta, N. and De, B., 2004, Antioxidant Activity of *Piper betle* L. Leaf Extract *in vitro*, Journal of Food Chemistry, 88(2): 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 Clinical Nutrition, 49: 98-104.

Ragaee, S., Abdel-Aal, E.M. and Noaman, M., 2006, Antioxidant Activity and Nutrient Composition of Selected Cereals for Food Use, Food Chemistry, 98: 32–38.

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.

องค์ประกอบทางเคมี โปรไฟล์แร่ธาตุและกรดอะมิโนของสาหร่าย *Ulva intestinalis* จากบ่อเลี้ยงกุ้ง

Chemical Composition, Element and Amino Acid Profiles of *Ulva intestinalis* from the Shrimp Cultured Ponds

อมมี เบญจมะ[1] และ พายัพ มาศนิยม[1]
Benjama, O.[1] and Masniyom, P.[1]

Abstract

The chemical composition, dietary fibre contents, element and amino acid profiles of *Ulva intestinalis*, harvested from the shrimp cultured ponds in Pattani Province, were investigated in order to gain more intensive nutritional information. Results showed that *U. intestinalis* was characterised by a high contents of total dietary fibres (51.4% DW), ash (27.5% DW), protein (17.2% DW) and lipid (6.0% DW). The total dietary fibres contained soluble fibre (25.3% DW) and insoluble fibre (26.1% DW). The proteinic fraction analysis indicated the presence of essential amino acids, which represent high level in leucine, threonine and valine, respectively. For non-essential amino acids, *U. intestinalis* showed high levels in glutamic and aspartic acids. In the opposite, the most limiting essential amino acid was lysine. For the element contents, *U. intestinalis* was rich in Mg, Cl, K and Na, respectively. This study suggested that *U. intestinalis* species can be potentially used as raw material or ingredients to improve the nutritive value for human diet and animal feed.
Keywords: chemical composition, amino acid, element, macroalgae

บทคัดย่อ

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณใยอาหาร และโปรไฟล์ของแร่ธาตุและกรดอะมิโนของสาหร่าย *U. intestinalis* ที่เก็บเกี่ยวจากบ่อเลี้ยงกุ้งในจังหวัดปัตตานีเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกในด้านโภชนาการ ผลแสดงให้เห็นว่าสาหร่าย *U. intestinalis* มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูง (51.4% DW) เถ้า (27.5% DW) โปรตีน (17.2% DW) และไขมัน (6.0% DW) ใยอาหารทั้งหมดประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำ (25.3% DW) และไม่ละลายน้ำ (26.1% DW) การวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของโปรตีนแสดงให้เห็นว่า กรดอะมิโนจำเป็นที่มีในปริมาณสูงคือ ลูซีน ทรีโอนีน และวาลีน ตามลำดับ สำหรับกรดอะมิโนไม่จำเป็นที่มีในปริมาณสูงในสาหร่าย *U. intestinalis* คือ กรดกลูตามิกและแอสพาติก ในทางตรงข้าม กรดอะมิโนจำเป็นที่มีในปริมาณจำกัดที่สุดคือ ไลซีน สำหรับแร่ธาตุที่มีในปริมาณสูงในสาหร่าย *U. intestinalis* คือ แมกเนเซียม คลอไรด์ โพแทสเซียม และโซเดียม ตามลำดับ การศึกษานี้แนะนำได้ว่าสามารถนำสาหร่าย *U. intestinalis* มาใช้เป็นวัตถุดิบหรือส่วนผสมในการปรับปรุงคุณค่าโภชนาการสำหรับอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์
คำสำคัญ: องค์ประกอบทางเคมี กรดอะมิโน แร่ธาตุ สาหร่าย

คำนำ

สาหร่ายทะเลเป็นแหล่งอาหารที่ให้คุณค่าโภชนาการสูง เนื่องจากมีโปรตีน แร่ธาตุ ใยอาหาร และวิตามิน ส่วนของโปรตีนในสาหร่ายประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นชนิดต่างๆ ดังนั้นสาหร่ายจึงมีสารอาหารที่ร่างกายต้องการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สาหร่ายถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ประกอบอาหาร การสกัดสารไฟโคคอลลอยด์ต่างๆ เพื่อนำไปผลิตเครื่องสำอาง หรือใช้ในด้านเภสัชวิทยา อุตสาหกรรมอาหาร และทางการเกษตร (Fleurence, 1999, Ortiz และคณะ, 2006)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่าย *Ulva intestinalis* ที่นอกจากพบเจอในทะเลแล้ว ยังพบว่ามักเจริญในบ่อเลี้ยงกุ้ง ผู้ประกอบการจึงมักเลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่ายชนิดนี้ เพื่อเป็นแหล่งสารอาหารและช่วยสร้างภูมิคุ้มกันโรคให้กับสัตว์น้ำ ข้อมูลจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจึงมีความสำคัญในการประเมินศักยภาพด้าน โภชนาการของสาหร่ายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

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

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

สาหร่ายที่ศึกษาเป็น *Ulva intestinalis* ที่เก็บเกี่ยวจากบ่อเลี้ยงกุ้ง จังหวัดปัตตานี ในเดือนมกราคม 2552 โดยผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งนำมาทำความสะอาด อบแห้งในตู้อบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 60±3 องศาเซลเซียส นำไปบดให้ละเอียด และบรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ *U. intestinalis* ได้แก่

2.1 ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ตามวิธี AOAC (2000)

2.2 โปรไฟล์กรดอะมิโน โดยวิธี Waters Associates AccQ Tag (Liu และคณะ, 1995) ปริมาณกรดอะมิโนที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบรูปแบบกรดอะมิโนจำเป็นอ้างอิงที่เด็กก่อนวัยเรียนต้องการ และคำนวณคะแนนกรดอะมิโน (amino acid score) ตามวิธี FAO/WHO/UNU (1985) แสดงดังสมการ

$$\text{คะแนนกรดอะมิโน (\%)} = \frac{\text{ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในตัวอย่าง (mg/g protein)} \times 100}{\text{ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น ที่เด็กก่อนวัยเรียนต้องการ (mg/g protein)}}$$

2.3 โปรไฟล์แร่ธาตุ การวิเคราะห์ปริมาณ Ca, Mg, K and Na ใช้ atomic absorption spectrophotometry (AAS) และปริมาณ Fe, Cu และ Zn ใช้วิธี Inductively coupled plasma optical emission spectrometry ส่วน P ใช้วิธี gravimetry (Kolthoff และคณะ, 1969) และ Cl ใช้ Chloridometer

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (Table 1) เช่น โปรตีนและเถ้า มีปริมาณสูงสอดคล้องกับสาหร่ายสกุล *Ulva* ต่างๆ (Fleurence, 1999) และสาหร่ายสกุล *Hypnea japonica และ H. charoides* (Wong, K. และ Cheung, 2000) ปริมาณไขมันใกล้เคียงกับสาหร่าย *Enteromorpha* spp. (Haroon และคณะ, 2000) และ *U. lactuca* (Yaich และคณะ, 2011) ปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงใกล้เคียงกับสาหร่าย *U. lactuca* และ *Durvilllaea antarctica* (Ortiz และคณะ, 2006) และมีค่ามากกว่าปริมาณใยอาหารที่พบในพืชบกต่าง ๆ เช่น ข้าวสาลี ถั่ว และหัวหอม ทั้งนี้ใยอาหารในสาหร่ายประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำมีสมบัติเชิงหน้าที่ช่วยลดคอเลสเตอรอลและน้ำตาลในเลือด จึงป้องกันการเกิดโรคหัวใจ โรคเบาหวาน ส่วนใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำช่วยในการเพิ่มปริมาณกากขับถ่ายอุจจาระ (Prosky และคณะ, 1992; Ortiz และคณะ, 2006)

แร่ธาตุที่พบปริมาณมากในสาหร่าย *U. intestinalis* (Table 2) คือ แมกเนเซียม คลอไรด์ โพแทสเซียม และโซเดียม โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 456-4,115 mg/100g DW ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับสาหร่าย *Chondrus crispus*, *Porphyra tenera* (Rupérez, 2002), *Caulerpa lentillifera* และ *U. reticulata* (Rattana-arporn และ Chirapat, 2006) ทั้งนี้ในผลวิเคราะห์ แร่ธาตุในสาหร่าย *U. intestinalis* ยังพบว่ามีสัดส่วนของโซเดียมต่อโพแทสเซียมเท่ากับ 0.7 ซึ่งช่วยรักษาภาวะสมดุลของกรดด่าง ความดันออสโมซิส และอิเล็กโทรไลต์ของของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ ในทางตรงข้ามหากรับประทานอาหารที่มีสัดส่วนโซเดียมต่อโพแทสเซียมในสูง จะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดัน (Rupérez, 2002) สำหรับแร่ธาตุที่พบในปริมาณน้อยในสาหร่าย *U. intestinalis* ได้แก่ Cu และ Zn มีปริมาณผลรวมเท่ากับ 2.1 mg/100g DW ซึ่งอยู่ในระดับที่ให้มนุษย์บริโภคได้คือ ต่ำกว่า 10 mg/100g DW (Indegaard และ Minsaas, 1991) ส่วนปริมาณโลหะหนัก Pb และ Cd มีปริมาณต่ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Fleurence, 1999) ดังนั้นสามารถใช้สาหร่าย *U. intestinalis* ในการปรับปรุงโภชนาการหรือเสริมแร่ธาตุในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีประโยชน์ช่วยในการทำงานของระบบร่างกายให้เป็นปกติ (Insel และคณะ, 2007)

สำหรับโปรไฟล์ของกรดอะมิโน (Table 3) พบว่า มีปริมาณใกล้เคียงสาหร่าย *U. lactuca* (Wong และ Cheung, 2000), *Caulerpa lentillifera* และ *U. reticulata* (Rattana-arporn และ Chirapat, 2006) กรดอะมิโนจำเป็นที่มีในปริมาณสูงคือ ลูซีน ทรีโอนีน และวาลีน ตามลำดับ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 27.3-62.2 mg/g protein ส่วนกรดอะมิโนไม่จำเป็นที่มีมากคือ กรดกลูตามิกและแอสพาติก โดยมีปริมาณ 109.2 และ 105.3 mg/g protein ตามลำดับ มีบทบาทในการให้กลิ่นและรสชาติเฉพาะของสาหร่าย (Wong และ Cheung, 2000) และเมื่อคำนวณคะแนนกรดอะมิโนจำเป็นพบว่ามีค่าระหว่าง 47.1-152.1 (Table 4) กรดอะมิโนจำเป็นที่มีในปริมาณจำกัดที่สุดคือ ไลซีน ซึ่งมีคะแนนกรดอะมิโนน้อยที่สุดเท่ากับ 47.1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคะแนนกรดอะมิโนจำเป็นในสาหร่าย *Eucheuma cottonii* และ *C. lentilifera* (Matajun และ

คณะ, 2009) ผลการศึกษาวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถเลือกใช้สาหร่าย *U. intestinalis* เป็นวัตถุดิบหรือส่วนผสมในการผลิตอาหารหรือผลิตภัณฑ์สุขภาพที่เพิ่มคุณค่าสารอาหารต่างๆ ได้

Table 1 Chemical composition of dried *U. intestinalis* (% dry weight, DW)

Composition	Mean ± SD (n=3)
Moisture	12.0 ± 0.8
Protein	17.2 ± 0.2
Ash	27.5 ± 0.3
Lipid	6.0 ± 0.7
Total Dietary Fibre	51.4 ± 0.0
Soluble Dietary Fibre	25.3 ± 0.4
Insoluble Dietary Fibre	26.1 ± 0.4

Table 2 Element profiles of *U. intestinalis*

Elements	mg/100g DW	Trace elements	mg/100 g DW
Mg	4115.2	Cu	0.6
K	2456.8	Zn	1.5
Ca	794.5		
Na	1711.9	Toxic element	mg/kg DW
Fe	583.0	Lead	4.8
Cl	3094.0	Cd	0.3
P	455.7		
Na/K ratio	0.70		

Table 3 Essential Amino acid profiles of *U. intestinalis*

Essential amino acid	mg/100mg	mg/g protein	Non-essential amino acid	mg/100mg	mg/g protein
Arginine	0.81	47.1	Aspartic acid	1.81	105.2
Threonine	0.89	51.7	Serine	0.96	55.8
Valine	0.87	50.6	Glutamic acid	1.88	109.3
Lysine	0.47	27.3	Glycine	0.91	52.9
Isoleucine	0.55	32.0	histidine	0.13	7.6
Leucine	1.07	62.2	Alanine	1.48	86.0
Phenylalanine	0.74	43.0	Proline	0.68	39.5
			Tyrosine	0.32	18.6
Total AA	13.57	789.0			
EAA	5.4	314.0			
NEAA	8.17	475.0			
EAA/NEAA	0.66	0.66			
EAA/Total AA	0.40	0.40			

Table 4 Essential amino acid score of *U. intestinalis*

Amino acids	*U. intestinalis* (mg/g protein)	Reference (mg/g Protein)[a]	Score of *U. intestinalis*
Leucine	62.2	66	94.2
Isoleucine	32	28	114.3
Lysine	27.3	58	47.1
Methionine +Cysteine	ND	25	ND
Threonine	51.7	34	152.1
Tyrosine + Phenylalanine	61.6	63	97.8
Tryptophane	ND	11	ND
Valine	50.6	35	144.6

[a] Reference amino acid pattern of preschool children (2-5 years) (FAO/WHO/UNU, 1985).

ND, not determined

สรุปผล

สาหร่าย *U. intestinalis* เป็นแหล่งของสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายสูง เช่น ใยอาหาร แร่ธาตุ โปรตีนและกรดอะมิโน จึงมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหรือส่วนผสมสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพที่ให้คุณค่าโภชนาการสูง แต่ให้พลังงานต่ำ จึงเหมาะสำหรับประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารสำหรับมนุษย์และอาหารสัตว์เลี้ยงต่อไป

คำขอบคุณ

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

เอกสารอ้างอิง

AOAC., 2000, Official Methods of Analysis, 17th edition, Association of Official Analytical Chemists, Arlington VA, U.S.A.

FAO/WHO/UNU,1985, Energy and Protein Requirements, Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, WHO Technical Report Series No 724, WHO, Geneva, Switzerland.

Fleurence, J., 1999, Seaweed Proteins: Biochemical Nutritional Aspects and Potential Uses, Trends in Food Science and Technology, 10: 25-28.

Haroon, A.M., Szaniawska, A., Normant, M. and Janas, U., 2000, The Biochemical Composition of *Enteromorpha* spp. from the Gulf of Gdansk Coast on the Southern Baltic Sea, Oceanologia, 42: 19-28.

Indergaard, M. and Minsaas, J., 1991, Animal and Human Nutrition, In Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential, M.D. Guiry and G. Blunden, editors, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England, pp. 21-64.

Insel, P., Ross, D., McMahon, K. and Bernstein, M., 2007, Nutrition, 3rd edition, Jones & Bartlett Publishers, Sudbury, Canada.

Kolthoff, I.M., Sandell, E.B., Meehan, E.J. and Bruckenstein, S., 1969, Quantitative Chemical Analysis, Macmillan Company, New York, U.S.A.

Liu, H.J., Chang, B.Y., Yan, H.W. Yu., F.H. and Liu., X.X., 1995, Determination of Amino Acids in Food and Feed by Derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl Carbamate and Reversed-phase Liquid Chromatographic Separation, Journal of AOAC International, 78: 736-744.

Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M. and Muhammad K., 2009, Nutrient Content of Tropical Edible Seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*, Journal of Applied Phycology, 21: 75-80.

Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C.E., Navarrete C.E., Osorio A. and Rios A., 2006, Dietary Fiber, Amino Acid, Fatty Acid and Tocopherol Contents of the Edible Seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea Antarctica,* Food Chemistry, 99: 98-104.

Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W. and Furda, I., 1992, Determination of insoluble, Soluble Dietary Fiber in Foods and Food Products: Collaborative Study, Journal of the Association of Official Analytical Chemists International, 75: 360-367.

Ratana-arporn, P. and Chirapart, A., 2006, Nutritional Evaluation of Tropical Green Seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulat*a, Kasetsart Journal (Natural Science), 40 (Suppl.): 75-83.

Rupérez, P., 2002, Mineral Content of Edible Marine Seaweeds, Food Chemistry, 79: 23-26.

Wong, K. and Cheung, P.C., 2000, Nutritional Evaluation of Some Subtropical Red and Green Seaweeds Part 1-Proximate Composition, Amino Acid Profiles and Some Physico-chemical Properties, Food Chemistry, 7: 475-482.

Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C. and Attia, H., 2011, Chemical Composition and Functional Properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia, Food Chemistry, 128: 895-901.

ผลของเอนไซม์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของบะหมี่เสริมใบมะรุมผง

Effect of Transglutaminase on Quality of Noodle added with Moringa Leaves Powder

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] **นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ**[1] **และ อโนชา สุขสมบูรณ์**[1]

Limroongreungrat, K.[1], Prasitkhetkit, N.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

Moringa leaves are a good source of protein, β-carotene, vitamin C, calcium phosphorus and natural anti-oxidants including flavonoids, phenolics and carotenoids. Noodles with moringa leaves powder could be a good alternative for health food consumption; however, the amount of moringa leaves powder added to noodles was limited (less than 3% flour weight) by noodles qualities, especially texture. Transglutaminase has been used to improve noodle structure and texture. Thus, this research aimed to investigate the effect of transglutaminase addition (0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9% by flour weight) on cooking quality, texture and sensory attributes of noodles with 6% moringa leaves powder. The results indicated that tensile strength and firmness of cooked noodles significantly increased ($p<0.05$) as the levels of transgluminase increased from 0 to 0.3%, but a trend of decreased values was observed as transglutaminase content increased (0.5-0.9%). While cooking loss, color values (L*, a*, b*) and adhesiveness of noodles were not different ($p\geq0.05$). Sensory evaluation indicated that noodles with 0.3% transglutaminase received the highest overall acceptability score.

Keywords: moringa leaves powder, noodle quality, transglutaminase

บทคัดย่อ

ใบมะรุมเป็นแหล่งที่สำคัญของโปรตีน เบต้า-แคโรทีน วิตามินซี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และสารต้านออกซิเดชันหลายชนิด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก และแคโรทีนอยด์ บะหมี่เสริมใบมะรุมผงจึงอาจเป็นทางเลือกที่ดีในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามปริมาณของใบมะรุมผงที่ใช้เติมในบะหมี่ถูกจำกัด (น้อยกว่าร้อยละ 3 โดยน้ำหนักแป้ง) ด้วยคุณภาพของบะหมี่โดยเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัส เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสสามารถใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพหลังการต้ม ลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่เติมใบมะรุมผงร้อยละ 6 โดยแปรปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส เป็นร้อยละ 0 0.1 0.3 0.5 0.7 และ 0.9 (โดยน้ำหนักแป้ง) ผลการทดลองพบว่าค่าความต้านทานต่อการดึงขาด และค่าความแน่นเนื้อของบะหมี่ต้มสุกเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น (จากร้อยละ 0-0.3) แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเอนไซม์ ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0.5-0.9) ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ค่าสี แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าบะหมี่ที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.3 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

คำสำคัญ: ใบมะรุมผง คุณภาพของบะหมี่ เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

คำนำ

มะรุมเป็นพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนที่ทุกส่วนของต้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งทางด้านโภชนาการและการแพทย์ โดยเฉพาะใบมะรุมเป็นแหล่งของโปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน และสารต้านออกซิเดชันหลายชนิด มีรายงานว่าใบมะรุมแห้ง 100 กรัมมีปริมาณแคลเซียมสูงถึง 3467 มิลลิกรัม วิตามินซี 56 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 37.8 มิลลิกรัม และโปรตีน 23.78 กรัม (Joshi และ Mehta, 2010) และยังประกอบไปด้วยกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อร่างกายรวม 18 ชนิด (Foidl และคณะ, 2001) รวมทั้งสารพฤกษเคมี (Phytochemical) เช่น กลูโคซิโนเลตส์ และไอโซไธโอไซยาเนตส์ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็ง ลดความดันโลหิต และเป็นสารต้านแบคทีเรีย (Anwar และคณะ,

[1] **ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131**

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi 20131, Thailand

2007) ใบมะรุมจึงเหมาะแก่การนำมาเติมในผลิตภัณฑ์อาหารหลัก เช่น บะหมี่ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มทางเลือกในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามสามารถเติมใบมะรุมผงในปริมาณที่จำกัด (น้อยกว่าร้อยละ 3 โดยน้ำหนักแป้ง) เนื่องจากคุณภาพของบะหมี่ลดลง โดยเฉพาะคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของบะหมี่ (นภาลัย และคณะ, 2554) การเติมสารปรับปรุงคุณภาพ เช่น เอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนส มาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนสทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในการเชื่อมสายของโปรตีนระหว่างกรดอะมิโนกลูตามีนในสายเปปไทด์กับสารประกอบเอมีน โดยเกิดพันธะ ε-(γ-glutamyl) lysine (ประพันธ์, 2544) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เหมาะสมที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์บะหมี่ใบมะรุมผง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมใบมะรุมผง

เตรียมใบมะรุมผงตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของอรรถพร และคณะ (2553) โดยนำใบมะรุมสดมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปผึ่งลมพอหมาด นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 ชั่วโมง หรือจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 6 นำไปบดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (Mesh) บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทเพื่อป้องกันแสงและเก็บในช่องแช่แข็งของตู้เย็น จนกว่าจะนำมาใช้

ศึกษาปริมาณของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เหมาะสมที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์บะหมี่ใบมะรุมผง

นำใบมะรุมผงที่เตรียมได้เติมใส่ในบะหมี่ร้อยละ 6 และเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสลงในบะหมี่ โดยแปรปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.3 0.5 0.7 และ 0.9 (โดยน้ำหนักแป้ง) เตรียมบะหมี่โดยใช้สูตรของ Nagao (1996) ซึ่งประกอบด้วยแป้งสาลีอเนกประสงค์ร้อยละ 100 ด่าง (K_2CO_3: Na_2CO_3 ในอัตราส่วน 6: 4) ร้อยละ 1 และเกลือร้อยละ 1 (โดยน้ำหนักแป้ง) และทำบะหมี่ตามวิธีของนภาลัย และคณะ (2554) โดยผสมให้โดมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 37 นำไปรีดและตัดให้เป็นเส้นขนาดกว้าง 1.5 มิลลิเมตรและมีความยาว 30 เซนติเมตร นำไปนึ่งเป็นเวลา 20 นาที และนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม (Cooking quality) ลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ดังนี้

1. คุณภาพหลังการต้ม

- เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking Time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking Loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield) (AACC, 1995)

2. ลักษณะทางกายภาพ

- ค่าสี โดยนำเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่ต้มสุกมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, รุ่น Miniscan XE Plus) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)

- ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, รุ่น TA-XT2) วัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่ (Tensile Strength) โดยใช้หัววัด Spaghetti Tensile Grips (A/ SPR) วัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด A/ LKB และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (Adhesiveness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด P/ 35

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พิจารณาเลือกปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เหมาะสมจากผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยพิจารณาคุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางกายภาพประกอบด้วย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสลงในบะหมี่ใบมะรุมผงเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-0.3 โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่า น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ($p<0.05$,Table 1) ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าความแน่นเนื้อ ($p<0.05$, Table 2) เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากในใบมะรุมผงมีกรดอะมิโนกลูตามีนและไลซีนที่เป็นสารตั้งต้นในการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนสในการเชื่อมสายของโปรตีนระหว่างกรดอะมิโนกลูตามีนในสายเปปไทด์กับสารประกอบเอมีนของไลซีน เกิดพันธะ ε-(γ-

glutamyl) lysine เกิดเป็นโครงสร้างกลูเตนที่แข็งแรงขึ้น (Bellido และ Hatcher, 2011) แต่เมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0.5-0.9 โดยน้ำหนักแป้ง) ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) อาจเนื่องจากการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่มากกว่ากิจกรรมของการเชื่อมสายโปรตีน จะส่งผลให้เอนไซม์ไปเร่งปฏิกิริยา การย้ายหมู่เอซิลของกลูตามีนกับสารประกอบเอมีนอิสระ และนอกจากนี้น้ำยังเป็นตัวรับหมู่เอซิลของกลูตามีนในปฏิกิริยา ดีเอมิเนชันเป็นกรดกลูตามิก (Gerrard, 2002) ซึ่งส่งผลให้การเชื่อมสายของโปรตีนเปราะและนำไปสู่โครงสร้างที่ไม่แข็งแรง (Kuraishi และคณะ, 2001) ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า และค่าสีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยค่าสีของบะหมี่แห้งมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 26.14-26.99 ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) อยู่ในช่วง (-1.90)-(-2.10) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) อยู่ในช่วง 16.83-17.80 ส่วนค่าสีของบะหมี่สุกมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 27.78-28.59 ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) อยู่ในช่วง (-5.94)-(-6.35) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) อยู่ในช่วง 27.41-28.26 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าบะหมี่ที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.3 มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$, Table 3)

สรุปผล

การใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสช่วยปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ที่เติมใบมะรุมผงได้และสามารถเติมใบมะรุมผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย โดยบะหมี่ใบมะรุมผงที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.3 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านสูงที่สุด และมีค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าบะหมี่ใบมะรุมผงที่ไม่เติมเอนไซม์ ทรานส์กลูตามิเนส

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ) ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยภายใต้โครงการวิจัยในอุดมศึกษาปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ อโนชา สุขสมบูรณ์ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2554, ผลของการเติมใบมะรุมผงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่แห้ง, การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติ ครั้งที่ 1: การศึกษาเชิงสร้างสรรค์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ, หน้า 1477-1481.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม, 2544, ทรานซ์กลูตามิเนสและการประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหาร, อาหาร, 31(4): 245-256.

อรรถพร แสงฉาย กัญศิญา กาวีระ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2553, ผลของการเสริมใบมะรุมต่อคุณภาพของขนมปัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41, 3/1(พิเศษ): 349-352.

American Association of Cereal Chemists (AACC), 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry, 9th ed., American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA.

Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M. and Gilani., A.H., 2007, *Moringa oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses, Phytotherapy Research, 21(1): 17-25.

Bellido, G.G. and Hatcher, D.W., 2011, Effects of a Cross-linking Enzyme on the Protein Composition, Mechanical Properties, and Microstructure of Chinese-style Noodles, Food Chemistry, 125: 813-822.

Foidl, N., Makkar, H.P.S. and Becker, K., 2009, The Potential of *Moringa Oleifera* for Agricultural and Industrial Uses, [Online], Available: www.ruralsementes.com.br [24 October 2009].

Gerrard, J.A., 2002, Protein–protein Crosslinking in Food: Methods, Consequences, Applications, Trends in Food Science and Technology, 13: 391–399.

Kuraishi, C., Ymazaki, K. and Susa, Y., 2001, Transglutaminase: Its Utilization in the Food Industry, Food Reviews International, 17: 221-246.

Nagao, S., 1996, Processing Technology of Noodle Products in Japan, In Kruger, J. E., Matsuo, R. B. and Dick, J. W. (Eds.), Pasta and Noodle Technology, American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA.

Table 1 Cooking quality of noodle with 6% moringa leaves powder as affected by different levels of transglutaminase

	Cooking Time (Min.)	Cooking Loss [ns] (%)	Cooking Yield (%)
0	4.5	7.43 ± 0.06	258.12 ± 0.26 [c]
0.1	4.5	7.43 ± 0.41	268.97 ± 0.90 [b]
0.3	4.5	7.61 ± 0.44	270.35 ± 0.66 [a]
0.5	4.5	6.95 ± 0.37	268.45 ± 0.92 [b]
0.7	4.5	7.42 ± 0.75	267.79 ± 0.44 [b]
0.9	4.5	7.74 ± 0.48	267.63 ± 0.81 [b]

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

[ns] Means within a column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

Table 2 Texture of noodle with 6% moringa leaves powder as affected by different levels of transglutaminase

	Tensile Strength (N)	Firmness (N)	Adhesiveness [ns] (N.s)
0	0.103 ± 0.002 [b]	1.597 ± 0.012 [d]	0.053 ± 0.006
0.1	0.103 ± 0.003 [b]	1.663 ± 0.006 [c]	0.037 ± 0.015
0.3	0.107 ± 0.001 [a]	1.967 ± 0.021 [a]	0.030 ± 0.010
0.5	0.097 ± 0.002 [c]	1.703 ± 0.006 [b]	0.040 ± 0.010
0.7	0.088 ± 0.001 [d]	1.610 ± 0.000 [d]	0.033 ± 0.015
0.9	0.085 ± 0.001 [d]	1.553 ± 0.006 [e]	0.027 ± 0.006

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

[ns] Means within a column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

Table 3 Sensory scores of noodle with 6% moringa leaves powder as affected by different levels of transglutaminase.

	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	5.67 ± 1.58 [c]	5.60 ± 1.63 [b]	4.97 ± 1.99 [cd]	5.03 ± 1.97 [c]	5.57 ± 1.57 [cd]
0.1	6.37 ± 1.61 [b]	5.53 ± 1.76 [b]	5.33 ± 1.97 [bc]	5.57 ± 1.94 [b]	6.20 ± 1.37 [b]
0.3	6.93 ± 1.08 [a]	6.37 ± 1.40 [a]	6.13 ± 1.74 [a]	6.30 ± 2.00 [a]	6.83 ± 1.21 [a]
0.5	5.43 ± 1.61 [c]	5.10 ± 1.97 [c]	4.87 ± 1.78 [d]	5.00 ± 2.12 [c]	5.43 ± 1.72 [d]
0.7	6.53 ± 1.20 [ab]	5.50 ± 1.94 [b]	5.50 ± 1.59 [b]	6.17 ± 1.49 [a]	6.70 ± 1.02 [a]
0.9	6.33 ± 1.69 [b]	5.30 ± 1.90 [bc]	5.10 ± 2.20 [bcd]	5.33 ± 2.54 [bc]	5.93 ± 2.03 [bc]

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

ผลของมอลโตเด็กซทรินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของน้ำส้มผสมคอลลาเจน

Effect of Maltodextrin and Carboxymethylcellulose (CMC) on Qualities of Orange Juice with Collagen

เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] และ นภัสภรณ์ หินทอง[1]

Thumthanaruk, B.[1] and Hinthong, N.[1]

Abstract

Orange juice is one of the most popular healthy drinks. Addition of collagen to orange juice could increase its nutritional benefits. The objective of this study was to investigate the effect of maltodextrin (0, 2, 5% w/v) and carboxymethylcellulose (CMC) (0, 0.25, 0.5% w/v) on physical, chemical and sensory properties of orange juice with collagen at 0.1%, 0.2% and 0.5%, (w/v). The results showed that the higher content of CMC had significantly increased ($p \leq 0.05$) viscosity of orange juice with collagen, but the addition of maltodextrin to orange juice had less impact on viscosity. However, both maltodextrin and CMC did help to stabilize the colloidal compound and collagen. The color values (L*, a* and b*) of orange juice significantly increased ($p \leq 0.05$) at all concentrations of CMC used. Sensory evaluation showed that the orange juice containing 0.2% (w/v) collagen added 2% maltodextrin had the highest score of preference.

Keywords: maltodextrin, carboxymethylcellulose (CMC), orange juice, collagen

บทคัดย่อ

น้ำส้มจัดเป็นเครื่องดื่มสุขภาพที่ได้รับความนิยม การเพิ่มคุณภาพของน้ำส้มสามารถทำได้โดยการเติมคอลลาเจน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมอลโตเด็กซทริน (0, 2, 5% w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) (0, 0.25, 0.5% w/v) ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของน้ำส้มผสมคอลลาเจน (0.1% 0.2% และ 0.5% w/v) ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาณของ CMC มีผลทำให้ความข้นหนืดของน้ำส้มผสมคอลลาเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่การใช้มอลโตเด็กซตรินมีผลต่อความข้นหนืดน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม การใช้ทั้งมอลโตเด็กซตริน และ CMC มีผลทำให้สารประกอบคอลลอยด์และคอลลาเจนแขวนลอยอยู่ในน้ำส้มได้ สีของน้ำส้มผสมคอลลาเจนที่เติมปริมาณ CMC เพิ่มขึ้นมีค่า L*, a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าน้ำส้มผสม 0.2% คอลลาเจนและเติม 2% มอลโตเด็กซตรินได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด

คำสำคัญ: มอลโตเด็กซตริน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส น้ำส้ม คอลลาเจน

คำนำ

ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคให้ความสนใจในอาหารเสริม โดยมีส่วนแบ่งการตลาดของอาหารเสริมชนิดเม็ดมีมูลค่าร้อยละ 60 และในรูปของฟังก์ชันนัลดริงค์ (functional drink) ร้อยละ 40 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการเติบโตสูง เครื่องดื่มฟังก์ชั่นนัลดริ้งเป็นเครื่องดื่มอาหารแปรรูปที่มีการเติมส่วนผสมบางอย่างที่ให้สารอาหารพิเศษมากกว่าอาหารทั่วไปที่ช่วยเสริมสุขภาพ ตอบสนองความต้องการที่แตกต่างกันของผู้บริโภคที่ต้องการดูแลตัวเองมากขึ้น (โชติกา, 2552) การตัดสินใจของผู้บริโภคนอกจากจะคำนึงด้านความปลอดภัยแล้ว ยังพิจารณาด้านความสะดวก และ คุณค่าทางโภชนาการ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟังก์ชันนัลดริงค์ ที่มีจำหน่ายได้แก่ เครื่องดื่มที่เพิ่มสารอาหาร วิตามินและแร่ธาตุเพื่อช่วยบำรุงร่างกาย เครื่องดื่มผสมคอลลาเจนช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นและยืดหยุ่นให้ผิวหนัง เครื่องดื่มผสมไฟเบอร์ช่วยในระบบขับถ่าย เครื่องดื่มผสมคลอโรฟิลล์ช่วยในการล้างพิษ เครื่องดื่มสารสกัดต่างๆ เป็นต้น (ปารมี, 2550; โชติกา, 2552)

ส้ม (*Citrus reticulata*, Blanco) นำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มที่ให้พลังงานจากน้ำตาล เกลือแร่ และวิตามิน คุณค่าทางโภชนาการในส่วนของเกลือแร่ของส้มพบว่าประกอบด้วย แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ปริมาณ 30 24 และ 0.8

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพ 10800

[1] Department of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pibulsongkharm road, Bangsue, Bangkok 10800

มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ และวิตามิน ประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน (82 ไมโครกรัม) วิตามินเอ (13 RE) และ วิตามิน ไทอะมีน, ไรโบฟลาวิน, ไนอะซิน และ วิตามินซีในปริมาณ 0.04, 0.04, 0.4 และ 42 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (คณะกรรมการสวัสดิการอนามัย, 2548) การแปรรูปน้ำส้มผสมโปรตีนคอลลาเจนสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตรและเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ คอลลาเจนเป็นโปรตีนที่พบมากแมงกะพรุนโดยประเทศไทยเป็นแหล่งประมงที่สามารถจับแปรรูปและส่งออกแมงกะพรุนหนัง และแมงกะพรุนลอดช่องทำรายได้ให้กับประเทศไทยประมาณปีละ 300 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2553) ปัญหาคุณภาพของน้ำส้มผสมคอลลาเจนคือการตกตะกอนของคอลลาเจน ดังนั้นการใช้สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ เช่น มอลโตเด็กซตริน และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จะช่วยแขวนลอยคอลลาเจนและคอยลอยด์ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของน้ำส้มดีขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคอลลาเจน และสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ (มอลโตเด็กซทรินและCMC) ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของน้ำส้มผสมคอลลาเจน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำวัตถุดิบส้ม (*Citrus reticulate,* Blanco) มาล้างให้สะอาด ทิ้งไว้ให้แห้ง คั้นเป็นน้ำส้มโดยให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) 19.53±0.46°Brix, pH เท่ากับ 3.70±0.40 และมีปริมาณกรดเท่ากับ 0.35±0.02% คอลลาเจนเตรียมจากแมงกะพรุนลอดช่องดองเกลือโดยการนำแมงกะพรุนลอดช่องดองเกลือส่วนร่มมาล้างเกลือออก แช่ในน้ำพร้อมกับการผ่านโอโซนในปริมาณของโอโซน 250 มิลลิกรัมต่อชั่วโมงเป็นเวลานาน 3 ชั่วโมงในอัตราส่วนแมงกระพรุน 100 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิที่ 4°C (โยธิน, 2554) แล้วนำมาแช่ในสารละลาย 0.1 N NaOH (pH 13) เป็นเวลา 30 นาที (นเรศ และ อรพิชา, 2553; ธรรมวัฒน์, 2552) จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นจนน้ำที่ล้างมีค่า pH ใกล้เคียงกับ 7 สะเด็ดน้ำแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างแห้งมาบดจนละเอียดร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 80 mesh แล้วเก็บไว้ในถุงซิปล็อค อัตราส่วนของน้ำส้มกับคอลลาเจนแปรปริมาณ 3 ระดับ คือ 0.1, 0.2 และ 0.5% (w/v) ปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์คือ มอลโตเด็กซ์ทรินในช่วง (0, 2, 5% w/v) และ CMC (0, 0.25, 0.5% w/v) เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำส้มผสมคอลลาเจนและสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ ทางกายภาพวัดความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืด (Brookfield, USA) กำหนดความเร็ว 90 rpm ใช้ขนาดหัวเข็มเบอร์ 1 สี หน่วยเป็น centipoise สี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab Color Quest, USA) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) ด้วยเครื่อง Hand Refractometer (Atago, USA) และความขุ่นโดยวิธีวัดแสงที่ยอมให้ผ่านได้ (transmittance) และองค์ประกอบทางเคมีปริมาณ โปรตีน ไขมัน และเถ้า (AOAC,1995) ทดสอบความพึงพอใจที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยทำการประเมินคะแนนรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2=ไม่ชอบ, 3= เฉยๆ, 4= ชอบ, 5= ชอบมากที่สุด)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของน้ำส้มผสมคอลลาเจนและใช้มอลโตเด็กซตรินและ/หรือ CMC จำนวน 12 สูตร พบว่าน้ำส้มมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อเติม CMC มากกว่ามอลโตเด็กซตรินอย่างชัดเจนโดยเฉพาะเมื่อใช้ปริมาณมากขึ้น ความหนืดที่แตกต่างกันเนื่องจาก CMC เป็นพอลิเมอร์ของเซลลูโลสทำปฏิกิริยากับด่างและกรดโมโนคลอโรอะซีติกได้พอลิเมอร์ที่มีประจุลบ (anionic) เมื่อละลายน้ำได้ลักษณะข้นหนืดมากเมื่อใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่มอลโตเด็กซตรินเป็นพอลิแซคคาไรด์เกิดจากการย่อยแป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์อะไมเลสที่มีค่า DE ต่ำกว่า 20 จึงความหนืดต่ำกว่า (นิธิยา, 2545) จากผลการทดลองจึงเลือกมอลโตเด็กซตรินในปริมาณ 2 และ 5% และ CMC ในปริมาณ 0.25 และ 0.5% มาทดลองต่อไป

ปริมาณคอลลาเจนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความหนืดของน้ำส้มผสมคอลลาเจนและใช้มอลโตเด็กซตรินและ/หรือ CMC เพิ่มขึ้นเนื่องจากโปรตีนคอลลาเจนสามารถพองตัวในน้ำส้มที่มีค่า pH เป็นกรด (pH ~ 3.7) ผลการวัดความขุ่น (อนุภาคคอลลอยด์ในน้ำส้ม) ของน้ำส้มแต่ละสูตรพบว่าลักษณะคุณภาพของน้ำส้มทุกสูตรไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ทั้งมอลโตเด็กซตรินและ CMC สามารถทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวทำให้คอลลอยด์ที่มีอยู่ในน้ำส้มเกิดการตกตะกอนช้าลง และปริมาณของการตกตะกอนขึ้นอยู่กับความสามารถและชนิดของสารให้ความคงตัวด้วย (นิธิยา, 2545) สำหรับสีของผลิตภัณฑ์น้ำส้มพบว่าเมื่อเติมมอลโตเด็กซตรินหรือ CMC ทำให้ผลิตภัณฑ์โดยรวมมีค่าความสว่าง (L*) สีแดง (+a*) และ สีเหลือง (+b*) เปลี่ยนไป โดยปริมาณมอลโตเด็กซตรินเพิ่มขึ้นมีค่า ความสว่าง (L*) สีแดง (+a*) และ สีเหลือง (+b*)

ลดลง ยกเว้นสูตรที่มีมอลโตเด็กซตรินปริมาณ 2 และ 5% และคอลลาเจน ปริมาณ 0.5% สำหรับการเติม CMC มีผลทำให้น้ำส้มผสมคอลลาเจนมีความสว่าง (L*) สีแดง (+a*) และ สีเหลือง (+b*) โดยรวมเพิ่มขึ้น ดังแสดงใน Table 1 อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อเก็บไว้นานตั้งแต่ 2 วันขึ้นไปคอยลอยด์ในน้ำส้มสามารถตกตะกอนแยกชั้นได้ชัดเจนและมีสีเข้มขึ้นจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดจากสารประกอบเชิงซ้อนของน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าน้ำส้มผสมคอลลาเจน 0.2% และใช้มอลโตเด็กซตริน 2% ให้ลักษณะปรากฏที่ไม่แตกต่างจากน้ำส้มชุดควบคุม ผู้ทดสอบให้คะแนนในด้านต่างๆ ดังนี้ รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวม เท่ากับ 4.06±0.65, 3.31±0.85, 3.70±0.65 และ 4.00±0.77 โดยคะแนนด้านรสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงมีความชอบมาก หากควรต้องปรับปรุงการกำจัดกลิ่นคาวในคอลลาเจนและขนาดของผงคอลลาเจนให้เล็กลง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงคอลลาเจนอบแห้งพบว่ามีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน และเถ้า เท่ากับ 6.85±0.08% 0.39±0.02%, 85.82±0.87% และ 5.12±0.02% ตามลำดับ สำหรับน้ำส้มผสมคอลลาเจน 0.2% และมอลโตเด็กซตริน 2% พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เท่ากับ 0.63±0.01%, 0.02±0.01% และ 0.0042±0.00% ตามลำดับซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าน้ำส้มชุดควบคุมเล็กน้อย (0.51±0.01%) เนื่องจากปริมาณคอลลาเจนที่ใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สรุปผล

ปริมาณคอลลาเจนที่สามารถเติมในผลิตภัณฑ์น้ำส้มมากที่สุดเท่ากับ 0.2% (w/v) และใช้ปริมาณมอลโตเด็กซตรินเท่ากับ 2% โดยได้รับความยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบมาก แต่ต้องปรับปรุงคะแนนด้านกลิ่นซึ่งมีที่มาจากกลิ่นคาวของคอลลาเจนและปรับผงคอลลาเจนให้มีขนาดเล็กลงเพื่อลดโอกาสที่ผู้ทดสอบจะสามารถสัมผัสกับคอลลาเจนได้อย่างชัดเจน

Table 1 Physical properties of 13 formulas of orange juice with collagen

Sample	Viscosity (cP)	Turbidity^{ns}	Lightness (L*)	Redness (+a*)	Yellowness(+b*)
Orange juice (OJ) (control)	20.50±0.51^{H}	2.03±0.58	37.35±0.16^{CD}	6.69±0.31^{C}	33.87±0.15^{C}
OJ+maltodextrin2%+ collagen 0.1%	20.47±0.75^{H}	2.20±0.17	37.52±0.29^{BC}	6.45±0.32^{C}	32.69±0.20^{D}
OJ+maltodextrin 5%+collagen 0.1%	22.04±0.21^{FG}	2.13±0.12	35.95±0.74^{F}	6.65±0.42^{C}	32.68±0.24^{D}
OJ+maltodextrin 2%+collagen 0.2%	20.90±0.11^{GH}	2.07±0.12	36.71±0.22^{CD}	6.42±0.13^{C}	32.16±0.24^{D}
OJ+ maltodextrin 5%+collagen 0.2%	22.94±0.56^{F}	2.03±0.58	35.38±0.34^{F}	6.27±0.44^{C}	32.62±0.12^{D}
OJ+maltodextrin 2%+collagen 0. 5%	21.21±0.11^{FG}	2.13±0.12	36.63±0.35^{E}	7.60±0.32^{B}	34.56±0.33^{B}
OJ+maltodextrin 5%+collagen 0. 5%	22.99±0.83^{F}	2.07±0.12	35.49±0.26^{F}	7.21±0.10^{B}	32.33±0.18^{D}
OJ+ CMC 0.2%+collagen 0.1%	32.21±0.79^{E}	2.07±0.12	38.45±0.09^{A}	7.20±0.10^{B}	34.65±0.26^{B}
OJ+CMC 0.5%+collagen 0.1%	64.29±0.80^{C}	2.20±0.10	38.17±0.08^{AB}	7.44±0.34^{B}	35.24±0.15^{A}
OJ+CMC 0.2%+collagen 0.2%	36.66±0.61^{D}	2.10±0.10	38.36±0.21^{A}	7.47±0.17^{B}	34.67±0.18^{B}
OJ+ CMC 0.5%+collagen 0.2%	67.25±0.92^{B}	2.17±0.15	37.61±0.26^{BC}	7.23±0.13^{B}	34.52±0.26^{B}
OJ+CMC 0.2%+collagen 0.5%	37.77±0.67^{D}	2.13±0.06	38.71±0.86^{A}	8.56±0.47^{A}	35.22±0.18^{A}
OJ+CMC 0.5%+collagen 0.5%	68.41±0.25^{A}	2.03±0.06	38.16±0.05^{AB}	7.46±0.16^{B}	34.53±0.41^{B}

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

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปี 2553

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร, [สืบค้น] http://www. customs.go.th/Statistic /StatisticIndex 2553.jsp [8 / April / 2011].

คณะกรรมการสวัสดิการอนามัย, 2548, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

ธรรมวัฒน์ คล้ายวงษ์, 2552, การสกัดและเปรียบเทียบสมบัติของคอลลาเจนจากแมงกะพรุนสายพันธุ์หนัง (*Rhopilema hispidum*) และสายพันธุ์ ลอดช่อง (*Lobonema smithii*), วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปารมี หนูนิ่ม, 2550, ผลของสภาวะการผลิตต่อคุณภาพกลิ่นของผลโปรตีนในรำข้าวเข้มข้น,วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชติกา ใจทิพ, 2552, การใช้ปัจจัยด้านส่วนประสมการตลาดในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องดื่มประเภทฟังก์ชันนัลดริงค์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเกริก, ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

นเรศ วรรณทวี และอรพิชา แสงวีระพันธ์, 2553, การผลิตแมงกะพรุนด้วยวิธีอบแห้งแบบถาด, ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

โยธิน อัมพวา, 2554, การกำจัดกลิ่นของแมงกะพุรนโดยใช้โอโซน.ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,

AOAC, 1995, Official method of Analysis, 16th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Arlington, VA.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 505-508 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 505-508 (2554)

การปรับปรุงปริมาณสารอาหารของถั่วแดงงอกหลังผ่านกระบวนการหมัก

Improvement of Nutritional Values of Germinated Kidney Bean by Fermentation Process

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 improvement of nutritional value and antioxidant activity of fermented germinated kidney bean. Although germination process and fermentation process brought about an increase in the content of nutrition vitamin and antioxidant capacity, its process decreased phytic acid contents. Germinated kidney bean resulted in the increase of protein, fiber, vitaminB1, GABA and phenolics contents compared to that control kidney bean which their values were 25.26%, 4.17%, 4.42 mg/100g, 10.56 mg/100g and 1.48 mg/100g. However antrinutritive of phytic acid after 12 hr of germinated process was decreased. The germinated kidney bean was then fermented with 2 lactic acid bacteria; *Lactobacillus plantarum* and *Lactococus lactis*, at 10% v/w of kidney bean. It was found that protein, fiber, vitamin B1, GABA and phenolic compound were 1-4 folds greater than the control or non-fermented germinated kidney bean but decrease in fat and phytic acid occured.

Keywords: kidney bean, nutrition, anti-oxidant, anti-nutrition

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการปรับปรุงสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระของถั่วแดงโดยวิธีการงอกและการหมัก ซึ่งพบว่าสารอาหาร และความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจากธัญพืชที่ไม่ผ่านกระบวนการงอกหมัก แต่ปริมาณสารไฟติคแอซิดหรือสารต้านโภชนาการลดลง โดยถั่วแดงหลวงที่ผ่านกระบวนการงอกพบว่า มีปริมาณโปรตีน เยื่อใย เพิ่มขึ้นเท่ากับ 25.26 และ 4.17% และพบว่าปริมาณของวิตามินบี 1 สาร GABA และฟีนอลิค เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 4.42, 10.56 และ1.48 mg/100g แต่พบว่าสารต้านโภชนาการลดลงจาก จากนั้นนำถั่วแดงงอกไปหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ คือ 10% v/w *Lactobacillus plantarum* และ *Lactococus lactis* พบปริมาณสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นจากถั่วแดงงอกประมาณ1-4 เท่า แต่พบปริมาณของไขมันและสารต้านโภชนาการมีปริมาณลดลงจากธัญพืชที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการงอก

คำสำคัญ: ถั่วแดง โภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านโภชนาการ

Introduction

Kidney bean 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 nutritional quality of kidney bean 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) (Elegbede, 1998) and the coarse nature of the grains (Chavan and Kadam, 1989). A number of methods have been increased qualities of cereals such as sprouting, germination and fermentation, have been put into practise to improve the nutritional properties of cereals, 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

[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

and energy, for the formation of the seedling, although, probably the best one is fermentation (Mattila-Sandholm, 1998).

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 degradation of phytate which is present in cereals in the form of complexes with polivalent 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 (Chavan and Kadam, 1989; Gillooly *et al*., 1984; Haard *et al*., 1999; Nout and Motarjemi, 1997). In this work, thus aim to Improvement of nutritional values of germinated red kidney bean by fermentation process.

Materials and Methods

Plant material: Cereal 'Luang' kidney bean (***Phaseolus vulgaris***) were harvested in 2010. Seeds were stored in a cool room at 4°c prior to processing.

Microorganism: *Aapergillus oryzae* and *Bifidobacterium longum* were supplied by Thailand Institute of Scientific and Technology Research (TISTR).

Germination method: This method will be followed Kerdchoechuen *et al.* (2009). 'Luang' kidney bean, will be soaked in water at pH 6.5, temperature of room temperature for 6 hrs (Khampang, 2010) 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. Five microbial strains will be observed. These are *R. oryzae* and *Bifidobacterium longum*. Fermentation procedure will be varied: 1) ratio of microbial and cereals at 10% v/w fermentation time 0 and 12 hr temperature at 30°C for mold and 37°C for bacteria.

Proximate method: Proximate analysis Moisture, crude protein, fat, crude fiber and ash contents were determined by the standard procedures of the AOAC (1990). Carbohydrates were calculated by difference, and energy content by multiplying the protein, fat and carbohydrates by factors of 4, 9 and 4, respectively.

The total of phenolic compound: TPC of extracts is determined using the Folin–Ciocalteu reagent Extract 1 ml is mixed 5 ml of 10% Folin–Ciocalteu reagent. After that, 4 ml of 7.5% (w/v) sodium carbonate is added. The mixture is incubated for 2 hrs in 20°C water bath and left at room temperature for 30 min after that the mixture is measured at 760 nm by a spectrophotometrically. The concentration of total phenolic contents is expressed as milligrams of gallic acid equivalents (GAE) per gram of rice sample Vitamin B1 analyses.

Vitamin B1: Kidney bean flour (0.5 g) is extracted with 50 ml of distilled water and filtered through filter paper. A 1.5 ml of the filtrate is adjusted to 50 ml with distilled water. One milliliter of the extract is mixed with 1.5 ml of NH_4Cl-NH_3H_2O buffer and 1 ml of 1% Triton X-100 and adjusted to 10 ml with distilled water. Then two to three drops of 0.05% phenol red is added and shaked for 10 minute. The mixture is measured colorimetrically with a spectrophotometer at the wavelength 427 nm (120).

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

Results and Discussion

The major nutrient composition of control kidney bean, germinated and fermented germinated kidney bean are presented in Table 1. It was found that kidney bean consisted of the lowest protein, fat, crude fiber, and carbohydrate contents at 21.68, 1.74, 1.34, 4.96 and 71.62%, respectively, which were lower than germinated and fermented germinated kidney bean. After germination process kidney bean had a higher protein content about 28.26% because water activates hydrolysis enzymes that degrade the storage nutrient into peptide, amino acids, and sugar. However, chemical composition of fermented germinated kidney bean by 2 lactic acid bacteria resulted in a greater amount of protein but not different from germinated bean because during fermentation the microorganisms secrete hydrolytic enzymes which degrade bioactive compound into simpler and due to fermentation has been reported by were found in cereal grain.

Table 2 shows the nutrition value such as GABA, vitamin B1, total phenolics and phytic acid. It was found that fermented germinated bean had greater GABA, vitamin B1, and phenolic contents in control. It was also shown that fermented the germinated bean with *L. plantarum* (10% v/w*)* had the greater GABA, vitamin B1 and total phenolics then those fermented with *L.* lactis. According to priya et al. reported the nutrition of sesame increased during germination and doubled at 3 day fermentation because when germination plant need process and 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 (Bartolome and Gomez-Cordoves, 1999). However, phytic acid, an antinutritive, was decreased when kidney bean was germinated and fermented by 2 lactic acid bacteria because the decrease in phytic acid was accompanied by an increase in inorganic phosphorus. They concluded that the reduction in phytic acid obtained was due to the action of the enzyme, phytase, which was mixed with salt solution produced by mold during fermentation.

Summary

Kidney bean was germination process brought about an increase in the content of protein, crude fiber vitamin phenolic and antioxidant capacity, its process decreased fat and carbohydrate content. The germinated kidney bean was found that protein, fiber, vitamin B1, GABA and phenolic compound were greater than the control or non-fermented germinated kidney bean, after fermentation from germinated kidney bean found the content of protein, crude fiber vitamin phenolic and antioxidant capacity but decrease in the content of fat and carbohydrate.

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

Chavan, J.K. and Kadam, S.S., 1989, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Food Science, 28: 348–400.

Elegbede, J.A., 1998, Legumes. In: Nutritional Quality of Plant Foods, (Ed) Ambik Press Benin City Nig., 53- 83.

Gillooly, M., Bothwell, T.H., Charlton, R.W., Torrance, J.D., Bezwoda, W.R., Macphail, A.P., Deman, D.P., Novelli, L., Morrau, D. and Mayet, F., 1984, Factors Affecting the Adsorption of Iron from Cereals, British Journal of Nutrition, 51: 37–46.

Haard, N.F., Odunfa, S.A., Lee, C.-H., Quintero-Ramırez, R., Lorence- Quinones, A. and Wacher-Radarte, C., 1999, Fermented Cereals. A Global Perspective, FAO Agricultural Services Bulletin, 138.

Katina, K., Laitila, A., Juvonen, R., Liukkonen, K-H., Kariluoto, S., Piironen, V., Lindbergh, R., Armand, P. and Poutanen, K., 2007, Bran Fermentation as a Means to Enhance Technological Properties and Bioactivity of Rye, Food Microbiology, 24: 175–186.

Mattila-Sandholm, T., 1998, VTT on lactic acid bacteria, VTT Symposium, 156: 1–10.

Nout, M.J.R. and Motarjemi, Y., 1997, Assessment of Fermentation as a Household Technology for Improving Food Safety: a Joint FAO/WHO Workshop, Food Control, 8: 221–226

Table 1 Chemical composition (% dry basis) of kidney bean

kidney bean	%				
	protein	fat	crude fiber	ash	carbohydrate
control	21.68	1.74	1.34	4.96	71.62
germinated	28.26	1.52	1.02	4.88	65.34
germinated fermented *L. plantarum*	29.84	1.42	0.97	4.73	65.13
germinated fermented *L. lactis*	29.45	0.55	0.47	3.57	66.43

Table 2 Total phenolic content of vitamin B1, GABA, antioxidant properties and anti-nutrition of kidney bean

cereal	mg/100g			
	GABA	vitamin B1	Total Phenolic	Phytic acid
kidney bean (raw material)	1.59	4.96	14.64	875.52
germinated kidney bean	9.56	14.88	27.95	628.89
fermented germinated kidney bean (*Bifidobacterium longum*)	15.05	18.44	41.38	412.84
fermented germinated kidney bean (*Aspergillus oryzae*)	16.00	18.41	39.54	467.13

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 509-512 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 509-512 (2554)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก

Development of Vegetable Carrageenan Jellies

สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ[1] ณัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา[1] ผาณิต ไทยยันโต[1] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]

Saehor, S.[1], Vattanakrisda, N.[1], Taiyanto, P.[1] and Thumthanaruk, B.[1]

Abstract

Carrageenan jelly is a dessert widely sold for kids and teenagers. The composition of jelly generally consists of carrageenan, citric acid, sugar, artificial color and flavor. The aim of this research was to monitor the appropriate ratio of vegetable juices on the gel properties of carrageenan jelly. The ratio of carrageenan was varied at 0.8 and 1.0% (w/w) and juices obtained from tomato, carrot and pumpkin were used at 15, 20 and 25% (w/w) while the red cabbage juice was varied at 5, 10 and 15% (w/w). Results showed that the best formula of jelly was from 1% carrageenan, with either 25% tomato, or 25% carrot or 25% pumpkin juices or 5% red cabbage juice. The determination of gel quality indicated that vegetable carrageenan jelly had less hardness but springiness and cohesiveness was similar to the commercial carrageenan jelly.

Keywords: carrageenan, gel quality, tomato, carrot, pumpkin, red cabbage

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานที่ได้รับความนิยมในเด็กและวัยรุ่น โดยทั่วไปส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ คาราจีแนน กรดซิตริก น้ำตาล สารแต่งสีและสารปรุงแต่งกลิ่น งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้น้ำผักชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพของเจลในผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนน โดยแปรปริมาณคาราจีแนน (0.8 และ 1.0% w/w) น้ำมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) น้ำแครอท (*Daucus carota*) น้ำฟักทอง (*Cucurbita moschata*) เป็น 15, 20 และ 25% (w/w) และน้ำกะหล่ำปลีม่วง (*Brassica olerecea* L.var. rubra) เป็น 5, 10 และ 15% (w/w) ผลการศึกษาพบว่าเยลลี่ลักษณะที่ดีที่สุดและได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบนั้นมีส่วนประกอบของคาราจีแนน 1% ใช้น้ำมะเขือเทศ น้ำแครอท และ น้ำฟักทอง 25% แต่ใช้น้ำกะหล่ำปลีม่วงได้เพียง 5% เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของเจลกับผลิตภัณฑ์คาราจีแนนที่มีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่จากน้ำผักทั้ง 4 ชนิดจะมีค่าความแข็งของเจล (hardness) น้อยกว่า แต่มีค่าความยืดหยุ่น (springiness) และ แรงที่ยึดเกาะกันทำให้วัตถุคงรูปได้ (cohesiveness) ใกล้เคียงผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

คำสำคัญ: คาราจีแนน คุณภาพของเจล มะเขือเทศ แครอท ฟักทอง กะหล่ำปลีม่วง

คำนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์กลุ่มเยลลี่ในท้องตลาดได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มของเด็กจนถึงวัยรุ่นเนื่องจากเยลลี่มีรูปร่างและสีสันสวยงาม รสชาติหวานเป็นที่ถูกปาก เยลลี่หมายถึงผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้สดหรือน้ำ ผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธีหรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็งผสมกับสารที่ให้ความหวานและทำให้มีความเหนียวพอเหมาะมีลักษณะเป็นเจลโปร่งแสง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521) ในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะเยลลี่อ่อน ซึ่งหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำ ผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี่ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดได้สนิท ลักษณะทั่วไปของเยลลี่อ่อนต้องเป็นก้อนวุ้นและคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะบรรจุ สีของเยลลี่อ่อนต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และมีความสม่ำเสมอ

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพ 10800

[1] Department of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pibulsongkharm road, Bangsue, Bangkok 10800

กลิ่นรสของเยลลี่อ่อน ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ ลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่อ่อนต้องนุ่ม หยุ่นตัว ไม่แข็งกระด้าง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

สารอาหารหลักของเยลลี่คือคาร์โบไฮเดรตทำให้เยลลี่มีคุณค่าด้านพลังงานเท่านั้น เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและลดการใช้สารแต่งกลิ่นและสีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนน งานวิจัยนี้จึงพัฒนาเยลลี่สูตรน้ำผัก โดยผักแต่ละชนิดนั้นมีประโยชน์ต่อร่างกายได้แก่ แครอท มะเขือเทศ และฟักทอง ประกอบด้วยสารประกอบคาโรทีนอยด์ที่มีศักยภาพสูงในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และโรคที่เกี่ยวกับตา (Krinsky และ Johnson, 2005) สารไลโคพีนในมะเขือเทศ ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและโรคหลอดเลือดโคโรนารี (Rao และ Agarwal, 1999) และกะหล่ำปลีม่วง (*Brassica oleracea* var. rubra) มีสารแอนโทไซยานินซึ่งมีผลช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบย่อยอาหาร (McDougall และ คณะ, 2007) ดังนั้นสูตรเยลลี่น้ำผักที่เหมาะสม มีรสชาติ และสีสันที่ดีจะนำไปสู่การผลิตเยลลี่เพื่อสุขภาพที่เหมาะสมกับคนทุกเพศและทุกวัย

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบผักมะเขือเทศ แครอท ฟักทอง และกระหล่ำปลีม่วง น้ำผึ้ง น้ำตาลทราย และตัวอย่างเยลลี่คาราจีแนนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ซื้อจากห้างซุปเปอร์มาร์เก็ต สำหรับคาราจีแนน กรดซิตริก เกลือโซเดียมซิเตรท โซเดียมเบนโซเอทกับโพแทสเซียมซอร์เบทซื้อจากบริษัทรวมเคมี 1986 จำกัด การเตรียมน้ำสกัดจากผักมะเขือเทศและแครอทสามารถปั่นผสมกับน้ำได้เลย ส่วนฟักทองและกระหล่ำปลีม่วงต้องนึ่งให้สุกก่อนที่จะนำมาปั่นผสมกับน้ำ โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำกับผักมะเขือเทศ 1: 5 และแครอท ฟักทอง และกะหล่ำปลีม่วงใช้อัตราส่วน 2: 5 (โดยน้ำหนัก) การพัฒนาสูตรเยลลี่แปรปริมาณน้ำสกัดจากผักมะเขือเทศ แครอท และฟักทอง ร้อยละ 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนัก สำหรับน้ำสกัดจากกระหล่ำปลีม่วงแปรปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักและแปรปริมาณคาราจีแนนระดับ ร้อยละ 0.6, 0.8 และ 1.0 ตามลำดับ

วิธีการผลิตเยลลี่สูตรน้ำผัก โดยผสมคาราจีแนนกับน้ำตาลก่อนคนให้เข้ากัน เติมน้ำแล้วให้อุณหภูมิที่ 80°C คนจนได้สารละลายใส แล้วเติมน้ำผักตามสูตรต่างๆ จากนั้นเติมกรดซิตริก เกลือโซเดียมซิเตรท โซเดียมเบนโซเอท และโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณ 3, 1, 0.25 และ 0.25 กรัมตามลำดับ คนให้เข้ากันจนละลาย บรรจุในภาชนะตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บที่อุณหภูมิ 20°C

การวิเคราะห์คุณภาพของเยลลี่สูตรน้ำผักทางกายภาพได้แก่สี (L*,a*,b*) ด้วยเครื่อง Hunter Lab Color Quest (USA) เนื้อสัมผัสได้แก่ Hardness, Springiness และ Cohesiveness ด้วยเครื่อง Texture analyzer (USA) คุณภาพทางเคมีวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น (AOAC,1995) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count), *Staphyloccous aureus*, *Escherichia coli* และจำนวนยีสต์และรา (Bacteriological Analysis Manual Online, 2001) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 15-25 ปี ประเมินความชอบลักษณะสี กลิ่น รสชาติ ความหนืด เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม จากระดับคะแนน 5 (5-point hedonic scale) (1 ชอบน้อยที่สุด, 5 ชอบมากที่สุด)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการพัฒนาเยลลี่จากสูตรน้ำผักทั้งหมด 24 สูตร โดยประเมินจากการทดสอบความชอบโดยรวมทางประสาทสัมผัสพบว่าเยลลี่จากทุกสูตรน้ำผักที่มีปริมาณคาราจีแนน 1% น้ำมะเขือเทศ หรือ น้ำแครอท หรือ น้ำฟักทองในปริมาณ 25% ในขณะที่น้ำกะหล่ำปลีม่วงเพียง 5% (Table 1) ทั้งนี้เพราะน้ำกะหล่ำปลีม่วงจะมีกลิ่นผักอย่างชัดเจนจึงใช้ในปริมาณที่น้อยลง สำหรับเยลลี่สูตรน้ำผักที่มีปริมาณคาราจีแนน 0.8% มีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าเยลลี่สูตรน้ำผักที่มีปริมาณคาราจีแนน 1% (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

Table 1 Sensory preference of 12 formulas of vegetable carrageenan jellies containing 1% carrageennan

Juice	Quantity (%)	Color	Odor	Taste	Elasticity	Texture	Overall ikeliness
tomato	15	3.50±0.90^{a}	2.83±1.08^{a}	3.17±1.05^{a}	2.80±0.85^{a}	2.80±0.85^{a}	2.97±0.81^{a}
	20	3.33±0.96^{a}	2.87±0.86^{a}	3.43±0.94^{a}	3.43±0.86^{b}	3.43±0.86^{b}	3.23±0.86^{ab}
	25	2.80±0.85^{b}	2.63±0.81^{a}	3.40±0.85^{a}	3.47±0.82^{b}	3.47±0.82^{b}	3.50±0.94^{b}
carrot	15	3.77±1.00^{a}	2.97±1.07^{a}	2.97±1.22^{a}	3.37±1.00^{c}	3.27±1.11^{b}	3.20±0.92^{a}
	20	3.97±0.93^{a}	3.07±0.94^{a}	3.00±1.02^{a}	2.83±0.95^{abc}	2.63±0.96^{a}	2.87±0.86^{a}
	25	4.00±0.95^{a}	3.03±0.96^{a}	3.13±1.04^{a}	2.73±0.87^{ab}	2.73±1.08^{ab}	3.00±1.08^{a}
pumpkin	15	3.86±0.86^{a}	3.20±0.81^{a}	3.10±0.80^{a}	3.50±0.72^{a}	3.35±0.83^{a}	3.48±0.82^{a}
	20	4.07±0.91^{a}	3.53±0.82^{a}	3.37±0.94^{a}	3.13±0.90^{a}	3.03±1.03^{a}	3.26±0.91^{a}
	25	3.60±0.97^{a}	3.33±0.80^{a}	3.50±0.94^{a}	3.33±0.92^{a}	3.33±0.99^{a}	3.47±0.94^{a}
red cabbage	5	3.80±0.96^{a}	3.57±0.73^{a}	3.40±0.93^{a}	3.60±0.72^{a}	3.70±0.75^{a}	3.83±0.70^{a}
	10	3.57±0.63^{a}	2.90±0.76^{b}	3.07±0.98^{ab}	3.40±0.89^{a}	3.27±0.87^{a}	3.17±0.75^{b}
	15	3.57±0.77^{a}	3.03±0.85^{b}	2.83±0.91^{b}	2.87±0.97^{b}	2.53±0.94^{b}	2.63±0.81^{c}

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

Hedonic scale : 1 = dislike extremely ; 5 = like extremely

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผักพบว่าค่าความแข็ง (hardness) ของเยลลี่ฟักทองมีเนื้อสัมผัสแข็งมากที่สุด รองลงมาคือ เยลลี่กะหล่ำปลีม่วง เยลลี่มะเขือเทศ และ เยลลี่แครอท (Table 2) เนื่องจากในน้ำฟักทองมีความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งเป็นปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากสุด จึงทำให้เยลลี่มีปริมาณของแข็งละลายได้สูง ค่าความแข็งจึงมีค่าสูง (นิธิยา, 2545) ส่วนค่าความยืดหยุ่น (springiness) และ ความสามารถในการเกาะกันของเนื้อเยลลี่ (cohesiveness) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในเยลลี่สูตรน้ำผักแต่ละชนิด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่เยลลี่ที่มีจำหน่ายมีคุณภาพด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น และ ความสามารถในการเกาะกันของเนื้อเยลลี่ที่แตกต่างกันในแต่ละสีของเยลลี่ (Table 2) ผลการเก็บรักษาเยลลี่สูตรน้ำผักทุกชนิดไว้ที่ 4°C เป็นระยะเวลา 1 เดือนพบว่าค่าเนื้อสัมผัสทุกค่ามีแนวโน้มลดลงในทุกผลิตภัณฑ์ (ข้อมูลไม่ได้แสดง) และมีโอกาสเกิดซินเนอรีซีส (syneresis) เนื่องจากโครงร่างของเจลนั้นสายของแคปป้าคาราจีแนนมีการจัดเรียงตัวที่เข้ามาใกล้ชิดกันมากขึ้นทำให้แยกโมเลกุลของน้ำออก เกิดการแยกชั้นอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Thrimawithana และคณะ (2010) ที่พบว่าแคปป้าคาราจีแนนสามารถเกิดซินเนอรีซีสได้เมื่อเก็บรักษาไว้ ผลการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรน้ำผักมีค่าความโปร่งแสงมากกว่า และมีค่าสีของผลิตภัณฑ์สัมพันธ์กับชนิดของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรน้ำผักมีลักษณะสีสันที่สวยงามกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (Table 2)

Table 2 Texture and color characteristic s of vegetable carrageenan jellies compared to commercial jellies

Type of jelly	Hardness	Springiness	Cohesiveness	L*	a*	b*
Tomato based	928.32±107.16^{bc}	0.91±0.06^{a}	0.72±0.06^{ab}	23.79±0.04^{c}	10.92±0.47^{c}	15.09±0.47^{d}
Carrot based	896.94±25.84^{d}	0.95±0.01^{a}	0.70±0.01^{a}	30.24±0.10^{b}	16.65±0.26^{b}	26.44±0.27^{b}
Pumpkin based	1419.45±99.19^{b}	0.96±0.01^{a}	0.71±0.01^{a}	36.69±0.06^{a}	6.44±0.07^{f}	46.11±0.12^{a}
Red cabbage based	976.94±59.24^{c}	0.91±0.03^{b}	0.70±0.03^{a}	15.40±1.06^{d}	9.00±0.37^{d}	-4.11±0.11^{f}
Commercial carrageenan jelly						
Red color	1414.05±16.89^{b}	0.90±0.00^{b}	0.66±0.02^{b}	6.81±0.53^{f}	20.63±1.03^{a}	2.14±0.93^{e}
Orange color	1540.38±358.01^{b}	0.80±0.07^{c}	0.53±0.04^{c}	12.33±1.13^{e}	11.98±0.67^{c}	19.07±1.97^{c}
Purple color	3955.91±124.76^{a}	0.92±0.01^{a}	0.71±0.08^{a}	3.41±0.25^{g}	7.19±0.36^{e}	-8.45±0.34^{g}

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

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบผักในการผลิตเยลลี่สูตรน้ำผัก ได้แก่ มะเขือเทศ แครอท ฟักทอง และกะหล่ำปลีม่วง พบว่า มะเขือเทศ แครอท ฟักทอง และกะหล่ำปลีม่วงมีปริมาณความชื้น 93.39, 91.73, 84.91 และ 92.56% ตามลำดับ ปริมาณโปรตีน 0.89, 0.912, 1.43 และ 1.79% ตามลำดับ ปริมาณไขมัน 0.55, 0.53, 1.69 และ

0.13% ตามลำดับ ปริมาณเถ้า 0.63, 0.64, 0.88, และ 0.63% ตามลำดับ มีผลสอดคล้องกันกับผลของคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (คณะกรรมการสวัสดิการอนามัย, 2548) อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางเคมีของเยลลี่สูตรน้ำผักทั้ง 4 ชนิดไม่แตกต่างกันมาก (Table 3)

Table 3 Proximate analysis of vegetable carrageenan jellies

Type of jelly	% moisture	% fat	% protein	% ash
Tomato based	68.89±0.29[ab]	0.33±0.02[b]	2.02±0.01[b]	0.59±0.01[a]
Carrot based	68.22±0.17[b]	0.32±0.06[b]	1.45±0.01[c]	0.49±0.01[b]
Pumpkin based	63.62±6.04[b]	1.15±0.05[a]	2.54±0.10[a]	0.63±0.01[a]
Red cabbage based	74.39±0.19[a]	0.10±0.00[c]	1.02±0.06[d]	0.40±0.05[c]

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

การทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของเยลลี่ผสมน้ำผัก พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา *S. aureus E. coli* ต่ำกว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์เยลลี่ (มผช. 519/2547) ทั้งนี้เนื่องจากในเยลลี่ได้มีการใช้วัตถุกันเสียคือ โซเดียมเบนโซเอท และโพแทสเซียมซอร์เบท ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และราได้ (ศิวาพร, 2535) การประเมินราคาเยลลี่ต่อ 100 กรัม พบว่า เยลลี่มะเขือเทศ แครอท ฟักทอง และกะหล่ำปลีม่วง มีราคา 3.18, 3.60, 2.97 และ 5.15 บาท ตามลำดับ

สรุปผล

เยลลี่คาราจีแนนสามารถผลิตได้โดยใช้น้ำผักเป็นส่วนประกอบ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมคือ 1% และปริมาณน้ำผักจากมะเขือเทศ แครอท ฟักทองสามารถใช้ได้ 25% ในขณะที่น้ำผักกะหล่ำปลีม่วงใช้ได้เพียง 5% เยลลี่สูตรน้ำผักทุกชนิดมีสีที่สวยงามตามสีของผัก มีความยืดหยุ่น และความสามารถในการเกาะกันของเนื้อเยลลี่ใกล้เคียงกัน เฉพาะเยลลี่ฟักทองที่มีความแข็งมากกว่าเยลลี่ชนิดอื่นๆ และผลการทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เยลลี่สูตรน้ำผักทุกชนิดมีความเป็นไปได้ในการผลิตทางการค้าเพื่อลดการใช้สารแต่งสีและกลิ่นสังเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการสวัสดิการอนามัย, 2548, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

นิติยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวาเวชช, 2535, วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแยม เยลลีและมาร์มาเลด, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่เหลว เยลลี่อ่อน และเยลลี่แข็ง (มผช 519/2547), [สืบค้น]: http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps518_47.pdf. [10 มกราคม 2554].

AOAC, 1995, Official Method of Analysis, 16th ed., Association of Official Analytical Chemistry. Arlington, VA.

Bacteriological Analysis Manual, [online], Available: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm063346.htm[February12, 2010].

Krinsky, N.I. and Johnson, E.J., 2005, Carotenoid Actions and Their Relation to Health and Disease, Molecular Aspects of Medicine, 26(6): 459-516.

McDougall, G.J., Fyffe, S., Dobson, P. and Stewart, D., 2007, Anthocyanin form Red Cabbage-stability to Stimulated Gastrointestinal Digestion, Phytochemistry, 68(9): 1285-1294.

Rao, A.V. and Agarwal, S., 1999, Role of Lycopene as Antioxidant Carotenoid in the Prevention of Chronic Disease: A review, Nutrition research, 19(2): 305-323.

Thrimawithana, T.R., Young, S., Dunstan, D.E. and Alany, R.G., 2010, Texture and Rheological Characterization of Kappa and Iota Carrageenan in the Presence of Counter Ions, Carbohydrate polymers, 82(1): 69-77.

ผลของการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทอดต่อการดูดซับน้ำมันของเห็ดนางฟ้าชุบทอด

Effect of Pre-fried Treatments on Oil Absorption of Deep-fat Fried Mushroom

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] มณฑิรา นพรัตน์[2] นิพร เดชสุข[1] พรทิพย์ ยศยิ่ง[1] ภณิดา เอี่ยมรัชนี[1] และ ภัทร ไตรปัญญาศาสตร์[1]

Vongsawasdi, P.[1], Nopharatana, M.[2], Dejsuk, N.[1], Yodying, P.[1], Aimratchanee, P.[1] and Tripanyasatara, P.[1]

Abstract

This research aimed to investigate the effect of pre-treatments prior to frying on oil absorption of fried Sarjor-caju mushroom. Three different approaches, namely blanching with 1% w/v calcium chloride at 55±5°C for 15-60 min, drying at 60±2°C for 30-120 min, and coating with methylcellulose at concentration of 0.5-1.5% w/v were conducted. The results showed that mushroom blanched with $CaCl_2$ or coated with methylcellulose before frying had significantly higher total oil content ($P \leq 0.05$) as compared with the control. On the other hand, drying mushroom at 60±2°C for 90 min before frying could significantly reduce oil absorption from 45.64±1.25% to 39.01±0.55% and the product was like moderately by the panelists.

Keywords: Sarjor-caju mushroom, calcium chloride, methylcellulose, drying, oil absorption

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทอดต่อการดูดซับน้ำมันของเห็ดนางฟ้าทอดโดยใช้วิธีการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% w/v ที่อุณหภูมิ 55±5°C เป็นเวลา 15-60 นาที การอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60±2°C เป็นเวลา 30-120 นาที และการเคลือบด้วยเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 0.5-1.5% w/v ผลการทดลองพบว่า วิธีการเตรียมโดยใช้การลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์หรือ การเคลือบด้วยสารละลายเมทิลเซลลูโลสก่อนทอดทำให้ผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าชุบทอดมีปริมาณน้ำมันสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60±2°C ก่อนทอด ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณน้ำมันลดลงโดยการอบแห้งเห็ดเป็นเวลา 90 นาทีก่อนนำมาทอด สามารถลดการดูดซับน้ำมันลงจาก 45.64±1.25% เหลือ 39.01±0.55% และผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับชอบปานกลาง

คำสำคัญ: เห็ดนางฟ้า แคลเซียมคลอไรด์ เมทิลเซลลูโลส การอบแห้ง การดูดซับน้ำมัน

คำนำ

เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer) เป็นพืชทางการเกษตรที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศชนิดหนึ่ง เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการพบว่าเห็ดนางฟ้ามีสารอาหารที่มีประโยชน์ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และไนอะซีน แต่เห็ดนางฟ้ามีอายุการเก็บรักษาจำกัดเพียง 1 วันที่อุณหภูมิปกติ การเก็บผลิตผลข้ามคืนจะทำให้มีรสชาติและลักษณะปรากฏด้อยลงคือมีรสขม สีเหลืองและคล้ำขึ้น แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 4±1°C สามารถยืดอายุการเก็บได้นาน 3-4 วัน โดยการเสื่อมเสียหลักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีซึ่งทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบใช้เอนไซม์ ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำกระบวนการแปรรูปอาหารมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเช่น การอบแห้งซึ่งเป็นกระบวนการที่ลดปริมาณความชื้นในผลิตผล ส่งผลให้เห็ดนางฟ้ามีอายุการเก็บที่นานขึ้นแต่ข้อจำกัดของกระบวนการนี้คือผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสแข็ง มีสีไม่น่าดู และไม่สามารถรับประทานได้ทันที ส่วนการแปรรูปอื่นๆ ได้แก่ การทอด ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยลดปริมาณความชื้นในผลิตผลเช่นกัน จุดเด่นของการแปรรูปด้วยวิธีนี้คือผลิตภัณฑ์ทอดจะมีลักษณะเฉพาะของเนื้อสัมผัสและสีซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับ แต่ผลิตภัณฑ์อาหารทอดมักพบปัญหาด้านการดูดซับน้ำมัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ จากการค้นคว้าพบว่ามีหลายวิธีที่สามารถใช้ในการลดการดูดซับน้ำมันในมันฝรั่งทอดได้อาทิ การลวกด้วยแคลเซียมคลอไรด์ (Rimac-Brncic และคณะ, 2004) การใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ เช่น

---

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

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

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

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

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Rimac-Brncic และคณะ, 2004) เมทิลเซลลูโลสและไฮดรอกซิลโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Garcia และคณะ, 2002) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการใช้เทคนิคการเตรียมวัตถุดิบก่อนทอดที่แตกต่างกัน คือการลวกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ การอบแห้ง และการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งคาดหวังว่าผลที่ได้จะทำให้ได้สภาวะการเตรียมวัตถุดิบที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีการดูดซับน้ำมันน้อยที่สุด อันจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิตในแง่สุขภาพและการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

นำดอกเห็ดนางฟ้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-6 เซนติเมตรมาตัดก้านออก จากนั้นนำมาล้างน้ำและสะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 10 นาที แบ่งเห็ดนางฟ้าเป็น 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 นำมาลวกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% w/v ที่อุณหภูมิ 55±5°C เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 30±2°C ก่อนนำมาสะเด็ดน้ำนาน 10 นาที ส่วนที่ 2 นำเห็ดนางฟ้ามาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60±2°C เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที สำหรับส่วนที่ 3 นำเห็ดนางฟ้ามาจุ่มในสารละลายเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 % w/v เป็นเวลา 1 นาที นำตัวอย่างมาชุบแป้งชุบทอดสำเร็จรูปและทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180±5°C สุ่มตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นที่สูญเสียในระหว่างการทอด (AOAC,1995) ปริมาณน้ำมันทั้งหมด (AACC, 2000) ปริมาณน้ำมันที่ผิวและปริมาณน้ำมันภายในโครงสร้าง (Bouchon, 2003) การตัดสินเลือกสภาวะการผลิตที่เหมาะสมจะใช้การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสร่วมในการตัดสินใจ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน ตรวจสอบคุณลักษณะด้านสี (5=เหลืองทอง, 1=น้ำตาลไหม้) กลิ่นรส (5= กลิ่นเห็ดทอดตามธรรมชาติ, 1=มีกลิ่นผิดปกติ เช่นกลิ่นไหม้)แข็ง เนื้อสัมผัส (5=ผิวนอกกรอบ เนื้อเห็ดไม่แข็ง, 1= เหนียวและแข็ง และการยอมรับรวม (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำโดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Figure 1a พบว่าเห็ดนางฟ้าทอดมีการสูญเสียความชื้นลดลงจาก 1706.74±0.31% น้ำหนักแห้ง เป็น 1523.69±4.00% น้ำหนักแห้ง เมื่อระยะเวลาการลวกเพิ่มจาก 15 นาทีเป็น 30 นาที ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแคลเซียมทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสและเพคติน ทำให้ผนังเซลล์มีโครงสร้างที่แข็งแรง (Grant และคณะ, 1973) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ระยะเวลาการลวกนานขึ้นกลับพบว่าเห็ดภายหลังการทอดมีการสูญเสียความชื้นมากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมากจากการได้รับความร้อนขณะลวกนานเกินไปจะทำให้เพคตินหลุดออกมาจากโครงสร้างและละลายไปกับน้ำดังนั้นจึงสูญเสียความชื้นได้ง่ายเมื่อเข้าสู่การแปรรูปขั้นถัดไป จากผลการทดลองยังพบว่าระยะเวลาการลวกไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ผิวแต่มีผลต่อปริมาณน้ำมันในโครงสร้างของเห็ดทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่ผิวจะขึ้นอยู่กับสภาวะในการทอด ดังนั้นการทอดที่ใช้สภาวะเดียวกันจึงให้ผลไม่แตกต่างกันในเชิงสถิติ ส่วนปริมาณน้ำมันในโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในตัวอย่าง โดยจาก Figure 1a พบว่าตัวอย่างที่มีการสูญเสียความชื้นออกไปมากจะมีปริมาณน้ำมันในโครงสร้างมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Debnath และคณะ (2009) ที่พบว่าถ้ามันฝรั่งมีการสูญเสียความชื้นในระหว่างการทอดสูงจะมีปริมาณน้ำมันในโครงสร้างสูงด้วย เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเห็ดทอดที่ไม่ผ่านการลวกพบว่าเห็ดทอดที่ผ่านการลวกมีปริมาณน้ำมันทั้งหมดและปริมาณน้ำมันในโครงสร้างสูงกว่าเห็ดทอดที่ไม่ผ่านการลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะการลวกทำให้ผนังเซลล์ของเห็ดเสียหายส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำจากเซลล์มากและดูดซับน้ำมันได้มาก

จาก Figure 1b พบว่าเมื่อใช้ระยะเวลาการอบแห้งก่อนทอดนานขึ้น เห็ดทอดมีปริมาณความชื้นที่สูญเสียในระหว่างการทอดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยจากผลการทดลองพบว่าการอบแห้งเห็ดก่อนทอดเป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที ทำให้เห็ดสูญเสียความชื้นเท่ากับ 1267.29±26.39, 762.28±17.94, 518.29±6.64 และ 179.46±14.69% ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีค่าเท่ากับ 42.98±10.58, 40.62±0.61, 39.01±0.55 และ 36.16±1.06% ตามลำดับ ในขณะที่เห็ดที่ไม่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณความชื้นที่สูญเสียและปริมาณน้ำมันทั้งหมดเท่ากับ 1490.28±28.30 และ 45.64±1.25% ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในระหว่างการอบแห้ง น้ำที่ผิวหน้าของเห็ดจะถูกกำจัดออกไปโดยลมร้อน ทำให้เกิดโครงสร้างที่แน่นและค่อนข้างแข็งซึ่งจะเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำด้านในออกสู่ผิวหน้า โดยเมื่อระยะเวลาการอบแห้งนานขึ้นก็จะยิ่งส่งผลให้ผิวหน้าแห้งและมีโครงสร้างแน่นขึ้น เมื่อนำเห็ดที่ผ่านการอบแห้งมาชุบแป้งแล้วทอด เห็ดจึงสูญเสียน้ำออกไปน้อย ซึ่งเป็นการจำกัดปริมาณน้ำมันที่จะแทรกเข้าไปในโครงสร้าง ในขณะที่โครงสร้างที่ผิวหน้าที่แน่นขึ้นของเห็ดก็จะทำให้ดูดซับน้ำมันได้น้อยลง ดังนั้นค่าปริมาณ

น้ำมันที่ผิวจึงต่ำลงไปด้วย (Figure 1b) ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของปนัดดา (2548) ซึ่งทดลองทำสับปะรดทอดกรอบ โดยพบว่าการลดปริมาณความชื้นเริ่มต้นของสับปะรดจาก 720.91% เป็น 248.48% น้ำหนักแห้ง สามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้จาก 41.93% ลดลงเหลือ 23.28%

จาก Figure 1c พบว่าเห็ดที่เคลือบเมทิลเซลลูโลสก่อนนำมาชุบแป้งทอดมีปริมาณความชื้นที่สูญเสียในระหว่างการทอดมากกว่าเห็ดที่ไม่เคลือบโดยมีค่าอยู่ในช่วง 1977.23-2166.53% เนื่องจากการเคลือบเมทิลเซลลูโลสจะทำให้ความชื้นที่ผิวเห็ดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลสสูงขึ้น เห็ดทอดกลับมีปริมาณความชื้นที่สูญเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมทิลเซลลูโลสมีคุณสมบัติสามารถเกิดเป็นฟิล์มเคลือบอาหารได้เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 50-55°C ดังนั้นเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นก็จะทำให้เกิดชั้นฟิล์มที่หนาขึ้น ส่งผลให้ป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีขึ้น (Salvador และคณะ, 2007; Loewe, 1993) สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันพบว่าผลที่ได้สอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่สูญเสียกล่าวคือตัวอย่างที่มีปริมาณการสูญเสียความชื้นมากก็จะมีปริมาณน้ำมันทั้งหมดและปริมาณน้ำมันภายในโครงสร้างสูงกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณการสูญเสียความชื้นน้อย

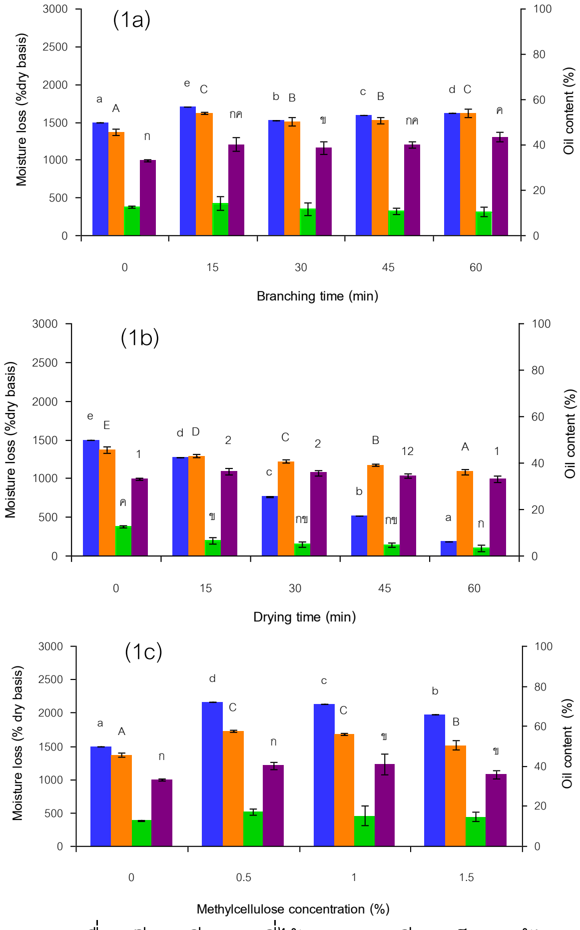


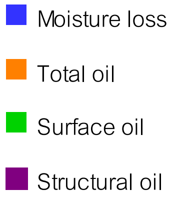
Figure 1 Moisture loss during frying, total oil content, surface oil and structural oil in fried mushroom.

(1a) Blanching in 1% w/v calcium chloride solution at 55±5°C*

(1b) Drying at 60±5°C*

(1c) Soaking in methylcellulose solution*

* For each parameter interval, bars with different letters are significantly different at the 0.05 level of confidence by Duncan's multiple range test



เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการเตรียมเห็ดนางฟ้าก่อนทอดทั้ง 3 วิธีพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60±2°C ก่อนทอดจะให้เห็ดทอดที่มีปริมาณน้ำมันทั้งหมด ปริมาณน้ำมันที่ผิวและปริมาณน้ำมันในโครงสร้างต่ำกว่าวิธีการลวกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และวิธีการจุ่มในสารละลายเมทิลเซลลูโลส ซึ่งอธิบายได้ว่าการอบแห้งเป็นการลดปริมาณความชื้นเริ่มต้นในวัตถุดิบและทำให้มีผิวหน้าแห้งและแข็งเมื่อนำมาทอดจึงมีการสูญเสียน้ำจากโครงสร้างน้อยส่งผลให้มีการดูดซับน้ำมันต่ำ ในขณะที่การลวกในแคลเซียมคลอไรด์ แม้ว่าแคลเซียมคลอไรด์จะช่วยรักษาความแข็งแรงของผนังเซลล์ได้ แต่การลวกจะทำให้วัตถุดิบมีการสูญเสียน้ำและเนื่องจากผิวหน้าของวัตถุดิบยังคงอ่อนนุ่ม ดังนั้นเมื่อนำมาทอด น้ำภายในเซลล์จะยิ่งระเหยออกมาได้มาก ส่งผลให้มีช่องว่างมาก น้ำมันจึงเข้าไปแทนที่ในช่องว่างเหล่านั้นได้มากด้วย นอกจากนี้การลวกเป็นระยะเวลานานก็อาจทำให้มีการละลายของสารประกอบเพคตินออกมา ซึ่งจะยิ่งทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงลดลง ส่งผลให้อุ้มน้ำได้น้อยลงด้วย ส่วนวิธีการจุ่มในสารละลายเมทิลเซลลูโลสจะทำให้เห็ดมีความชื้นสูงขึ้น ทำให้ต้องใช้เวลาในการทอดนานกว่า 2 วิธีแรกเพื่อที่จะทำให้มีค่าความชื้นสุดท้ายเท่ากัน ดังนั้นตัวอย่างจึงมีเวลาสัมผัสกับน้ำมันนาน ส่งผลให้มีการดูดซับน้ำมันสูงขึ้นด้วย จากผลการทดลองที่ได้จึงนำตัวอย่างที่เตรียมโดยการอบแห้งก่อนนำมาทอดมาศึกษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ซึ่งได้ผลดัง Table 1

จาก Table 1 พบว่าตัวอย่างมีลักษณะทางด้านสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยผู้ทดสอบพบว่าเห็ดทอดที่ไม่ผ่านการอบและเห็ดที่อบแห้งก่อนทอดเป็นเวลา 30 และ 60 นาที มีสีเหลืองทอง ส่วนเห็ดทอดที่อบแห้งก่อนทอดเป็นเวลา 90 และ 120 นาที มีสีเหลืองอมน้ำตาล ส่วนผลการทดสอบด้านกลิ่นรสพบว่าเห็ดทอดที่ไม่ผ่านการอบและเห็ดทอดที่อบเป็นเวลา 120 นาที มีกลิ่นเห็ดและแป้งทอด กลิ่นน้ำมัน และ/หรือกลิ่นไหม้เล็กน้อย ส่วนเห็ดทอดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที มีกลิ่นเห็ดและแป้งทอด แต่ไม่มีกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ สำหรับผลทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่าเห็ดทอดที่ไม่ผ่านการอบและเห็ดที่อบเป็นเวลา 30 และ 60 นาที มีความกรอบปานกลาง เนื้อเห็ดไม่เหนียว และไม่แข็งกระด้าง ส่วนเห็ดทอดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 90 นาที และ 120 นาที มีเนื้อสัมผัสกรอบและแข็งเล็กน้อย เนื้อเห็ดเหนียวปานกลาง เมื่อพิจารณาผลความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเห็ดทอดที่ไม่ผ่านการอบและเห็ดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 30 นาที เป็นอันดับแรก รองลงมาคือเห็ดนางฟ้าชุบทอดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 60 นาที และ 90 นาที ตามลำดับ ส่วนอันดับสุดท้ายคือเห็ดนางฟ้าชุบทอดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 120 นาที

Table 1 Sensorial characteristics of mushroom dried at 60 ± 2^{o}C at various time before frying*

Drying time (min)	Color	Flavor	Texture	Overall acceptance
0	$4.20^{bc}\pm0.79$	$3.40^{a}\pm0.97$	$4.30^{b}\pm0.68$	$7.20^{b}\pm0.63$
30	$4.40^{c}\pm0.84$	$4.30^{b}\pm0.48$	$4.00^{ab}\pm0.94$	$7.20^{b}\pm0.79$
60	$4.30^{bc}\pm0.82$	$3.90^{ab}\pm0.88$	$4.10^{ab}\pm0.74$	$6.60^{ab}\pm1.78$
90	$3.50^{ab}\pm0.97$	$3.90^{ab}\pm0.88$	$3.60^{ab}\pm0.84$	$6.30^{ab}\pm2.00$
120	$3.30^{a}\pm1.06$	$3.40^{a}\pm0.97$	$3.30^{a}\pm1.16$	$5.30^{a}\pm2.00$

*means with different letters (a,b,...) in the same column are significantly different at the 0.05 level of confidence by Duncan's multiple range test

จากผลการทดลองพบว่าแม้การอบเห็ดนางฟ้าเป็นเวลา 120 นาที ทำให้เห็ดทอดที่มีการดูดซับน้ำมันน้อยที่สุดแต่เห็ดทอดที่ได้กลับมีข้อจำกัดด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะด้านกลิ่น ส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับต่ำ ส่วนเห็ดทอดที่ไม่ผ่านการอบแห้งนั้นแม้ว่าได้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางแต่เนื่องจากตัวอย่างนี้มีปริมาณน้ำมันสูงซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา ในขณะที่เห็ดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 90 นาที มีปริมาณน้ำมันในโครงสร้างต่างจากเห็ดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 120 นาที อย่างไม่มีนัยสำคัญ และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างจากเห็ดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 0-60 นาที อย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นวิธีการเตรียมเห็ดก่อนทอดที่เหมาะสมคือการนำเห็ดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ± 2^{o}C เป็นเวลา 90 นาที

สรุปผล

การเตรียมเห็ดก่อนทอดด้วยวิธีการนำเห็ดมาลวกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์หรือด้วยวิธีการนำเห็ดมาจุ่มในสารละลายเมทิลเซลลูโลสไม่สามารถลดการดูดซับน้ำมันในเห็ดทอดได้ ส่วนการนำเห็ดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ± 2^{o}C เป็นเวลา 90 นาที ก่อนนำมาทอดจะทำให้ได้เห็ดทอดที่มีการดูดซับน้ำมันต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ปนัดดา ชำนิเวสสะ, 2548, ผลของการลดความชื้นด้วยแรงดันออสโมติกและอัตราการแช่แข็งต่อคุณภาพของสับปะรดทอดกรอบภายใต้สภาวะสุญญากาศ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 130 หน้า

AACC, 2000, American Association of Cereal Chemist Cereal Laboratory Methods, 10th edition, The American Association of Cereal Chemists Washington, DC.

AOAC, 1995, Official Methods of Analysis, 16th edition, The Association of Official Analytical Chemists, 1: 1-108.

Bouchon, P., Aguilera, J.M. and Pyle, D.L., 2003, Structure Oil-absorption Relationship During Deep-fat Frying, Journal of Food Science, 68: 2711-2716.

Debnath S, Rastogi N.K., Gopala K.A.G. and Lokesh, B.R., 2009, Oil Partitioning between Surface and Structure of Deep-fat Fried Potato Slices: A Kinetic Study, Food Science and Technology, 42: 1054–1058.

García, M.A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M. and Zaritzky, N., 2002, Edible Coating from Cellulose Derivatives to Reduce Oil Uptake in Fried Products, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 3: 391-397.

Grant, G.T., Morris, E.R., Rees, D.A., Smith, P.J.C. and Thom, D., 1973, Biological Interactions between Polysaccharides and Divalent Cations: the Egg-box Model. FEBS Let, 32: 195–198.

Loewe, R., 1993, Role of Ingredients in Batter Systems, Cereal Foods World, 9: 673–677.

Rimac-Brncic, S., Lelas, V., Rade, V. and Simundic, B., 2004, Decreasing of Oil Absorption in Potato Strips During Deep Fat Frying, Journal of Food Engineering, 64: 237-241.

Salvadore, A., Sanz, T. and Fiszman, S.M., 2007, Performance of Methylcellulose in Coating Batters for Fried Products, Journal of Food Hydrocolloid, 22: 1062-1067.

ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรอง

Dietary Fiber Supplement Tablet from Malva Nut Powder

พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] สุวรรณี ศรีสุวรรณ[1] คงกฤษ น้อยเผ่า[1] และ ปัณณพร ตันธีระพงศ์[1]

Somboonpanyakul, P.[1], Hudthagosol, C.[1], Srisuwan, S.[1], Noipao, K.[1] and Tunteerapong, P.[1]

Abstract

This project aims to develop the dietary fiber supplement tablet from malva nut powder (DFTM). This product is convenient to consume. The optimum formula for the manufacture of the dietary fiber supplement tablet from DFTM is malva nut powder 30%, sorbitol 45%, magnesium stearate 0.3%, microcrystalline cellulose: croscarmellose sodium (80:20) 24.7%. The product 20.19 mm in diameter, weighs 2.19 grams and 6.15 mm thick. The hardness of the product was 97.33 N and it had 1.05% of friability. Results of the sensory evaluation from 9-point hedonic scale showed that the preference scores of color, appearance, flavor, odor, texture, and overall acceptability of DFTM were 5.66, 5.66, 6.46, 3.92, 3.80 and 5.04, respectively. The moisture, fat, protein, crude fiber, dietary fiber, ash and carbohydrate contents of DFTM were 4.13, 0.37, 1.19, 5.99, 33.43, 2.20 and 86.12%, respectively. One serving size of DFTM provided 14.05 kcal of energy.

Keywords: dietary fiber, malva nut, *Scaphium affine* (Mast.) Pierre, dietary fiber supplement

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรอง ซึ่งสะดวกต่อการบริโภค สูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรอง คือ สำรองผง 30%, Sorbitol 45%, Magnesium stearate 0.3%, Microcrystalline cellulose : Croscarmellose sodium (80:20) 24.7% ผลิตภัณฑ์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.19 มิลลิเมตร น้ำหนัก 2.19 กรัม ความหนา 6.15 มิลลิเมตร ความแข็ง 97.33 นิวตัน และความกร่อนร้อยละ1.05 จากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่า ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรองได้รับคะแนนความชอบด้านสี, ลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, รสชาติ, ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมเป็น 5.66, 5.66, 6.46, 3.92, 3.80 และ 5.04 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรองมีปริมาณความชื้น, ไขมัน, โปรตีน, กากอาหาร, ใยอาหาร, เถ้า และ คาร์โบไฮเดรตเป็นร้อยละ 4.13, 0.37, 1.19, 5.99, 33.43, 2.20 และ 86.12 ตามลำดับ หนึ่งหน่วยบริโภคของผลิตภัณฑ์ให้พลังงาน 14.05 กิโลแคลอรี

คำสำคัญ: ใยอาหาร สำรอง *Scaphium affine* (Mast.) Pierre ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหาร

คำนำ

ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารประกอบด้วยใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ และ ใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ ในปริมาณที่เหมาะสม ช่วยให้รู้สึกอิ่ม มีสมบัติในการดูดซึมน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ซึ่งเป็นสาเหตุของการสร้างไขมันใหม่ (New Fat) และ ภาวะเบาหวาน (Diabetes) จึงช่วยควบคุมปริมาณน้ำตาล (Glucose) จากอาหารที่เรารับประทาน เหมาะสำหรับผู้ป่วยเบาหวานและผู้ที่มีปัญหาน้ำหนักตัวหรืออ้วน (Obesity) สำรอง [*Scaphium affine* (Mast.) Pierre] (พงษ์ศักดิ์, 2550) เป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่มีใยอาหารสูงจึงเหมาะที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหาร ช่วยในการอิ่มท้อง และควบคุมน้ำหนักด้วย ผลิตภัณฑ์จากสำรองที่มีขายในท้องตลาด มักจะอยู่ในรูปของเครื่องดื่ม หรือ ผงสำหรับชงดื่ม ซึ่งไม่ค่อยสะดวกสำหรับผู้บริโภค คณะผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจที่จะนำผงสำรองมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดเพื่อให้สะดวกสำหรับการบริโภคและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/ ถ.ราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400.

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน กากอาหาร ใยอาหาร เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต ของผงสำรองตรา พุทธรักษา จากกลุ่มผู้ผลิตพืชสมุนไพร บ้านเกาะลอย จังหวัด จันทบุรี ตามวิธีของ AOAC (1996)
2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรอง

2.1 ศึกษาอัตราส่วนของสารช่วยยึดเกาะระหว่าง Microcrystalline cellulose (Avicel®): Corn starch โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 100:0, 90:10 และ 80:20 (ปริมาณคงที่ร้อยละ 24.7)

2.2 ศึกษาอัตราส่วนของสารช่วยยึดเกาะระหว่าง Avicel®: Croscarmellose sodium โดยแปรเป็น 6 ระดับ คือ 00:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 (ปริมาณคงที่ร้อยละ 24.7)ปริมาณของสำรองผง, sorbitol และ magnesium stearate คงที่ เป็นร้อยละ 30, 45 และ 0.30 ตามลำดับ ร่อนส่วนผสมทุกอย่างผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh ผสมส่วนผสมทั้งหมดลงในถุงพลาสติก เขย่าผสม 15 นาที จากนั้นนำไปตอกเม็ดด้วยเครื่องตอกเม็ดยา

แผนการทดลองที่ใช้คือ Completely Randomized Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1997) เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3. ประเมินลักษณะทางกายภาพ โดยชั่งน้ำหนัก วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา ความแข็ง (N) และ ความกร่อน (% Friability) ของเม็ด
4. ประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ด้วยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คน โดยวิธี 9- Points Hedonic scale (Peryam และ Pilgrim, 1957)
5. วิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน กากอาหาร ใยอาหาร เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต ของผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรองตามวิธีของ AOAC (1996) พร้อมทั้งคำนวณค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

ผลการทดลอง

Table 1 Proximate compositions of malva nut powder.

Compositions	Content (%)
Moisture	7.00±0.08
Fat	0.24±0.01
Crude fiber	1.18±0.27
Protein	2.21±0.20
Ash	5.42±0.20
Total dietary fiber	82.45 ±0.16

Table 2 Effect of ratio of avicel ® and corn starch on physical characteristics of the dietary fiber supplement tablet from malva nut powder.

formula	Avicel ®: Corn starch	hardness (N)	Weight (g)	Thickness (mm)	diameter (mm)	Friability (%)
1	100:0	51.11[a] ±1.44	2.08[a]±0.05	6.22[a]±0.06	20.22 [a]±0.02	5.38[b]±0.01
2	90:10	89.06[c]±18.86	2.46[b]±0.05	6.52[b]±0.06	20.23 [b]±0.02	4.71[a]±0.02
3	80:20	76.21[b]±19.71	2.50[c]±0.08	6.64[c]±0.06	20.26 [c]±0.02	10.07[c]±0.03

[a,b,]...Means followed by a different letter within the same column are highly significant different ($p<0.05$)

Table 3 Effect of ratio of avicel ® and croscarmellose sodium on physical characteristics of the dietary fiber supplement tablet from malva nut powder.

สูตร	Avicel ®: Croscarmellose sodium	hardness (N)	Weight (g)	Thickness (mm)	diameter (mm)	Friability (%)
1	100:0	51.11^{a}±1.44	2.08^{a}±0.05	6.22^{b}±0.06	20.22^{b}±0.02	5.38^{d}±0.03
2	90:10	79.42^{b}±6.07	2.11^{a}±0.09	6.16^{a}±0.02	20.20^{a}±0.02	10.09^{e}±0.01
3	80:20	97.33^{c}±14.19	2.19^{bc}±0.01	6.15^{a}±0.07	20.19^{a}±0.02	1.05^{a}±0.02
4	70:30	57.62^{a}±10.87	2.22^{c}±0.04	6.39^{c}±0.13	20.22^{b}±0.02	2.70^{b}±0.02
5	60:40	35.29^{d}±13.10	2.20^{c}±0.03	6.81^{d}±0.09	20.23^{c}±0.02	4.57^{c}±0.03
6	50:50	18.10^{e}±3.36	2.16^{b}±0.05	6.99^{e}±0.06	20.25^{d}±0.02	29.59^{f}±0.03

[a,b,]...Means followed by a different letter within the same column are highly significant different ($p<0.05$)

Table 4 Mean scores of acceptability of supplement fiber the dietary fiber supplement tablet from malva nut powder.

Attributes	Mean scores±SD
Color	5.66±1.70
Appearance	5.66±1.50
Odor	6.46±1.46
Flavor	3.92±1.51
Texture	3.80±1.47
Overall acceptibility	5.04±1.58

Table 5 Chemical compositions of the dietary tablet from malva nut powder.

Compositions	Content (%)
Moisture	4.13±0.25
Fat	0.37±0.18
Crude fiber	5.99±0.45
Protein	1.19±0.16
Ash	2.2±0.22
Total dietary fiber	33.43±1.81

วิจารณ์ผล

จาก Table 1 พบว่าผงสำรองมีความชื้น ไขมัน กากใยอาหาร (Crude fiber) โปรตีน เถ้า ใยอาหารทั้งหมด (Dietary fiber) ร้อยละ 7.00, 0.24, 1.18, 2.21, 5.42 และ 82.45 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเนื้อสำรองมีปริมาณเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) สูง เหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ด จาก Table 2 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนระหว่าง avicel ® : corn starch มีผลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนีดเม็ดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยที่สูตรที่ 2 มีค่าความแข็งสูงที่สุด แต่ทั้ง 3 สูตรยังมีค่าความกร่อนสูงแสดงว่า corn starch มีสมบัติในการยึดเกาะไม่ดี ซึ่งค่าความแข็งของเม็ดผลิตภัณฑ์มีความเกี่ยวข้องกับความกร่อน เมื่อค่าความแข็งเพิ่มขึ้นค่าความกร่อนจะลดลง เนื่องจากว่าอนุภาคมีการอัดตัวกันแน่น (พุทธชาด และคณะ, 2552) ส่วนน้ำหนัก ความหนา และเส้นผ่านศูนย์กลาง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และเป็นในทิศทางเดียวกัน คือ เพิ่มขึ้นเมื่อลดอัตราส่วนของ avicel ® และ เพิ่มอัตราส่วนของ corn starch ซึ่งน้ำหนักและความหนาของเม็ดผลิตภัณฑ์ขึ้นกับการปรับระยะห่างของสากบนกับสากล่างและแรงที่ใช้ในการตอก ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดขึ้นกับความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของสากที่ใช้ตอกเม็ด จาก Table 3 พบว่า สูตร 1, 2 และ 3 มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) และลดลงในสูตรที่ 4, 5 และ 6 คือ เมื่อลดอัตราส่วนของ avicel® แต่เพิ่ม croscarmellose sodium ถึงอัตราส่วนที่ 80:20 ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นแต่ค่าความกร่อนลดลง แสดงให้เห็นว่า croscarmellose sodium มีสมบัติในการช่วยลดความกร่อนได้ แต่ในสูตรที่ 4, 5 และ 6 มีค่าความแข็งลดลงและความกร่อนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) ทั้งนี้เพราะปริมาณของ avicel® ซึ่งเป็นสารช่วยยึดเกาะที่ดีที่สุดในการตอกเม็ดยานั้นลดลง และ croscarmellose sodium ซึ่งมีสมบัติในการดูดความชื้นเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้น ความแข็งจึงลดลง (ทัดทรวง, 2534) ส่วนน้ำหนักและความหนาในแต่ละสูตรถึงแม้จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)แต่มีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่า สูตร 3 ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่าง avicel® : croscarmellose sodium เป็น 80:20 มีค่าความแข็งสูงสุดและความกร่อนน้อยสุด จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผง

สำรอง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Hedonic test) จากผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน (Table 4) พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีและลักษณะปรากฏในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ด้านกลิ่น มีระดับความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง ด้านรสชาติมีระดับความชอบที่ไม่ชอบปานกลางถึงไม่ชอบเล็กน้อย และการยอมรับรวม ที่ระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรองจึงควรมีการปรับปรุงด้านสีและลักษณะปรากฏ รสชาติ เพื่อให้ผู้บริโภคให้การยอมรับมากขึ้นต่อไป

สรุปผล

สูตรผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรองที่ดีที่สุด คือ ผงสำรอง 30 %, sorbitol 45%, magnesiun stearate 0.3 % และ microcrystalline cellulose (avicel®): croscarmellose sodium (80:20) 24.7% ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาล ความแข็ง 97.33 นิวตัน ความหนา 6.15 มิลลิเมตร น้ำหนัก 2.19 กรัม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20.19 มิลลิเมตร ความกร่อน 1.05% ผลิตภัณฑ์มีความชื้น, ไขมัน, กากอาหาร, โปรตีน, เถ้า และ ใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 4.13, 0.37, 5.99, 1.19, 2.22 และ 33.43 ตามลำดับ (Table 5) ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดเม็ดจากผงสำรองได้รับคะแนนความชอบด้านสี, ลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, รสชาติ, ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมเป็น 5.66, 5.66, 6.46, 3.92, 3.80 และ 5.04 ตามลำดับ (Table 4) ผลิตภัณฑ์ 1 เม็ด มีน้ำหนักประมาณ 2 กรัม มีใยอาหารประมาณ 0.6 กรัม รับประทานวันละ 4 เม็ด ในหนึ่งวันจะได้รับใยอาหารเพิ่มถึง 2.4 กรัม และได้พลังงาน 14.05 กิโลแคลอรีต่อหน่วยบริโภค (2 เม็ด)

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ศักดิ์ พลเสนา, 2550, คู่มือจำแนกความแตกต่างระหว่างสำรองกับสำรองกะโหลก, ปราจีนบุรี: ห้างหุ้นส่วนจำกัดเจตนารมณ์ภัณฑ์.

พุทธชาด รุ่งเจริญ กิตติญา หงส์สุวรรรณ ถาวรีย์ แป๊ะเอี่ยม และสุกัญญา วิชชุกิจ, 2552, การพัฒนาอาหารเสริมมังคุดอัดเม็ด, [online] Available from: http://eng.kps.ku.ac.th/eng/images/stories/engineer/pdf/Research/sukanya.pdf. [August 20, 2554].

ทัดทรวง ทั่วทิพย์, 2534, ยาเม็ด, กรุงเทพมหานคร: คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1996, 16 ed, Arlington, (VA),

Chandalia, M., Garg, A., Lutjohann, D., Bergmann, K.V., Grundy, S.M., Brinkley, L.J., 2000, Beneficial Effects of High Dietary Fiber Intake in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus, The New England Journal of Medicine, 11: 1392-1397.

Peryam, D.R., Pilgrim, F.J., 1957, Hedonic Scale Method of Measuring Food Preferences, Food Technology (September): 9-14.

SAS User's guide, 1997, Cary, NC: SAS Institute Inc.

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม 'Seaspray' ด้วยวิธี Seed priming

Germination Enhancement of 'Seaspray' Turfgrass (*Paspalum vaginatum* Swartz) Seed by Seed Priming

นงลักษณ์ เพียเทพ[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] ปริยานุช จุลกะ[1] และ ปาริชาติ พรมโชติ[2]

Pheathep, N.[1], Kaewsorn, P.[1], Chulaka, P.[1] and Promchote, P.[2]

Abstract

Seashore paspalum (*Paspalum vaginatum* Swartz) is a grass that is increasing in use as a turfgrass business in Thailand especially, 'Seaspray' turfgrass. Because of 'Seaspray' is the only cultivar for which seeds are available, while the others are only available as root or stolon. However, seeds of 'Seaspray' turf grass often found non-uniform germination because of impermeable seed coat to oxygen. Therefore, objective was to study the germination enhancement of 'Seaspray' turfgrass seed by seed priming. This research was carried out at Department of Horticulture, Kasetsart University, Bangkhen campus during June to October 2010. The experiment was designed in 8 x 2 Factorial in completely randomized design with two factors. Factor one was seed priming by different chemical solutions following as 1) non-primed seed (control) 2) soaking seed in water for 24 hrs 3) incubated seed with moisten paper for 24 hrs 4) soaking seed in 0.1% GA_3 for 24 hrs 5) soaking seeds in 0.1% GA_3 for 48 hrs 6) soaking seeds in 0.2% KNO_3 for 48 hrs 7) soaking seeds in 2% KNO_3 for 48 hrs and 8) soaking seed in 3% KNO_3 for 24 hrs. Factor two was two seed lots as Lot 1 and Lot 2. The results showed that soaking seed in water for 24 hrs and incubated seed with moisten paper for 24 hrs had tend to increase the germination of both seed lots. In the other case, soaking seed in 3% KNO_3 for 24 hrs and soaking seed in 0.1% GA_3 for 24 hrs showed shortest mean germination time (5.10 and 6.07 days, respectively) when compared with non-primed seed (control) (8.68 days).

Keywords: turfgrass seed, germination, gibberellic acid, potassium nitrate

บทคัดย่อ

หญ้าสนาม Seashore paspalum (*Paspalum vaginatum* Swartz) เป็นหญ้าที่มีการใช้เพิ่มขึ้นในธุรกิจสนามหญ้าของประเทศไทย โดยเฉพาะพันธุ์ Seaspray เนื่องจากเป็นพันธุ์เดียวที่มีการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ในขณะที่พันธุ์อื่นขยายพันธุ์โดยการใช้รากหรือลำต้น อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม 'Seaspray' ยังคงพบปัญหาความงอกไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดขัดขวางการซึมผ่านของออกซิเจน ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม 'Seaspray' ด้วยวิธี Seed priming ทำการทดลอง ณ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 โดยวางแผนการทดลองแบบ 8 x 2 Factorial in completely randomized design มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วย seed priming ในสารละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1) เมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นความงอก (control) 2) แช่เมล็ดในน้ำนาน 24 ชม. 3) ห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้น นาน 24 ชม. 4) แช่เมล็ดใน 0.1% GA_3 นาน 24 ชม. 5) แช่เมล็ดใน 0.1% GA_3 นาน 48 ชม. 6) แช่เมล็ดใน 0.2% KNO_3 นาน 48 ชม. 7) แช่เมล็ดใน 2% KNO_3 48 ชม. และ 8) แช่เมล็ดใน 3% KNO_3 นาน 24 ชม. ปัจจัยที่ 2 เมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม 2 ล็อต คือ Lot 1 และ Lot 2 พบว่า การแช่เมล็ดในน้ำ นาน 24 ชม.และการห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้น นาน 24 ชม. มีแนวโน้มทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 ล็อตเพิ่มขึ้น ส่วนการแช่เมล็ดใน 3% KNO_3 นาน 24 ชม. และการแช่เมล็ดใน 0.1% GA_3 นาน 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด (5.10 และ 6.07 วัน ตามลำดับ) เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกมากที่สุด (8.68 วัน)

คำสำคัญ: เมล็ดหญ้าสนาม ความงอก กรดจิบเบอเรลลิก โพแทสเซียมไนเตรต

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

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

[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

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

คำนำ

หญ้า Seashore Paspalum เป็นพืชในวงศ์ Poaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Paspalum vaginatum* Swartz ชื่อสามัญ หญ้านมหนอน หญ้าเห็บ พบได้ทั่วไปในเขตร้อน กระจายอยู่ตามชายฝั่งบริเวณทุ่งนาและที่เปิดในบริเวณชุ่มชื้น เป็นหญ้าหลายฤดู (perennials) (Duncan และ Carrow, 2000) หญ้า Seashore *Paspalum* เป็นหญ้าสกุล (genus) ใหม่ ประกอบด้วยหลายพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ Seaspray เป็นพันธุ์เดียวที่มีการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ซึ่งมีข้อดีกว่าการขยายพันธุ์ด้วยส่วนของลำต้น กิ่งแขนง หรือราก เพราะทำให้สะดวกในการขนส่ง นอกจากนี้การปลูกด้วยเมล็ดทำให้ทราบปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ต่อพื้นที่ปลูกได้อย่างแน่นอน มีการเจริญเติบโตของต้นหญ้าที่เรียบสม่ำเสมอ และสนามหญ้ามีคุณภาพดีกว่าการปลูกด้วยส่วนอื่น ๆ ปัจจุบันเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ ยังคงพบปัญหาเมล็ดงอกไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดขัดขวางการซึมผ่านของออกซิเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์ (Mercado, 1978) ซึ่งการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการทำ seed priming เป็นการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก โดยการแช่เมล็ดในน้ำหรือในสารละลายที่สามารถควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดและชะลอ/หรือยับยั้งการงอกของรากไว้ เพื่อให้เมล็ดพัฒนาการงอกขึ้นมาอยู่ในระดับเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน (Bewley และ Black, 1983) ความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนามมีผลอย่างมากต่อการตั้งตัวของต้นกล้าเมื่อหว่านเมล็ดโดยตรงในแปลงปลูก ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ ด้วยวิธี Seed priming ให้สามารถงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ มาศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดด้วยวิธี Seed priming โดยวางแผนการทดลองแบบ 8×2 Factorial in completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด มี 2 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ มี 8 วิธี ได้แก่ 1) เมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) 2) แช่เมล็ดในน้ำนาน 24 ชม. 3) ห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้นนาน 24 ชม. 4) แช่เมล็ดในสารละลาย 0.1% Gibberellic acid (GA_3) นาน 24 ชม. 5) แช่เมล็ดในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 48 ชม. 6) แช่เมล็ดในสารละลาย 0.2% KNO_3 นาน 48 ชม. 7) แช่เมล็ดในสารละลาย 2% KNO_3 นาน 48 ชม. 8) แช่เมล็ดในสารละลาย 3% KNO_3 นาน 24 ชม. ปัจจัยที่ 2 คือ Seed lot ได้แก่ Lot 1 และ Lot 2 จากนั้นนำเมล็ดที่กระตุ้นความงอกแล้วมาบ่มที่อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นจึงนำเมล็ดมาลดความชื้นลงและทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะเมล็ดบนกระดาษชื้น (Top of paper) ประเมินความงอกตามหลักการของ International Seed Testing Association โดยนับจำนวนต้นกล้าปกติครั้งแรก 6 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย 28 วันหลังเพาะเมล็ด (ISTA, 2010) แล้วคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอก (Ellis และ Roberts, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ 2 ล็อต ด้วยวิธี seed priming เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นความงอก (control) พบว่า มีผลทำให้ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำนาน 24 ชม. มีความงอกสูงที่สุด 63.75% ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ห่อด้วยกระดาษชื้นนาน 24 ชม. (62.50%) และเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) (57.00%) โดยสอดคล้องกับมีเมล็ดสดไม่งอกน้อยที่สุด 29.25 33.25 และ 33.00% ตามลำดับ (Table 1) ส่วนเมล็ดที่แช่ในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 24 ชม. มีความงอกต่ำที่สุด 22.75% ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย 3% KNO_3 นาน 24 ชม. (26.75%) และเมล็ดที่แช่ในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 48 ชม. (30.50%) ซึ่งมีเมล็ดสดไม่งอกพบมากที่สุด 68.75 62.50 และ 63.00% ตามลำดับ อาจเพราะระดับความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 และ KNO_3 และ/หรือระยะเวลาการแช่เมล็ดในสารละลายยังไม่เหมาะสม จึงทำให้ไปยับยั้งกระบวนการเมตาบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ทำให้เมล็ดไม่สามารถงอกได้ตามปกติ (วันชัย, 2538) เมื่อพิจารณาความแตกต่างของ Seed lot พบว่ามีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ (Table 1) โดยเมล็ดพันธุ์ Lot 1 มีความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ Lot 2 (45.38 และ 39.38% ตามลำดับ) และเมล็ดพันธุ์ Lot 1 มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ Lot 2 (5.73 และ 8.42 วัน ตามลำดับ) อาจเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ Lot 1 มีความสมบูรณ์ แข็งแรง และพร้อมที่จะงอกเมื่อได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมมากกว่าเมล็ดพันธุ์ Lot 2 ความแตกต่างของ Seed lot ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยวิธี seed priming มีผลทำให้ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1) โดยเมล็ดพันธุ์ Lot 1 มีความงอกสูงที่สุดเมื่อนำเมล็ดไปแช่ในน้ำนาน 24 ชม. มีความงอก 74.00% ซึ่งไม่

แตกต่างทางสถิติกับการห่อด้วยกระดาษชื้นนาน 24 ชม. และเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) (71.50 และ 62.00% ตามลำดับ) ส่วนเมล็ดที่แช่ในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 24 ชม. มีความงอกต่ำที่สุด 24.50% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย 3% KNO_3 นาน 24 ชม. แช่ในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 48 ชม. และแช่ในสารละลาย 0.2% KNO_3 นาน 48 ชม. (25.50 28.00 และ 34.00% ตามลำดับ) ส่วนเมล็ดพันธุ์ Lot 2 พบว่า การแช่เมล็ดในน้ำนาน 24 ชม. และห่อด้วยกระดาษชื้นนาน 24 ชม. มีความงอกสูงที่สุดเท่ากัน คือ 53.50% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) (52.00%) ส่วนเมล็ดที่แช่ในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 24 ชม. มีความงอกต่ำที่สุด 21.00% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย 3% KNO_3 นาน 24 ชม. (28.00%) ซึ่งจากการแช่เมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 ล็อตในสารละลาย GA_3 และ KNO_3 ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกัน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) และเมล็ดที่แช่ในน้ำหรือห่อด้วยกระดาษชื้น อาจเป็นเพราะระดับความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 และ KNO_3 และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เมล็ดนั้นยังไม่เหมาะสมต่อการพัฒนากระบวนการเมตาบอลิซึมภายในของเมล็ด ทำให้เมล็ดไม่สามารถงอกขึ้นมาตามปกติได้ (รังสิต และ เรวัตต์, 2538)

การกระตุ้นความงอกมีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) การแช่เมล็ดในสารละลาย 3% KNO_3 นาน 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 5.10 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่ในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 6.07 วัน ส่วนเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 8.68 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่เมล็ดในน้ำ นาน 24 ชม. และการแช่ในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 48 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 8.00 และ 7.59 วัน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างการกระตุ้นความงอกด้วยวิธี seed priming และ Seed lot พบว่า มีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ (Figure 2) โดยการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ Lot 1 พบว่า การแช่เมล็ดในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 4.0 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย 3% KNO_3 นาน 24 ชม. และการแช่ในสารละลาย 2% KNO_3 นาน 48 ชม. ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 4.4 และ 4.6 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 7.5 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับและการแช่เมล็ดในน้ำ นาน 24 ชม. การแช่เมล็ดในสารละลาย 0.2% KNO_3 นาน 48 ชม. การแช่เมล็ดในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 48 ชม. และการห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้น นาน 24 ชม. ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 7.3 6.4 6.0 และ 5.7 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ Lot 2 พบว่า การแช่เมล็ดในสารละลาย 3% KNO_3 นาน 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 5.8 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย 0.2% KNO_3 นาน 48 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 7.4 วัน ส่วนเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 9.9 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย 2% KNO_3 นาน 48 ชม. การแช่เมล็ดในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 48 ชม. การห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้น นาน 24 ชม. การแช่เมล็ดในน้ำ นาน 24 ชม. และการแช่เมล็ดในสารละลาย 0.1% GA_3 นาน 24 ชม. (9.5 9.2 8.8 8.7 และ 8.2 วัน ตามลำดับ) แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ Lot 1 ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลาย GA_3 และ KNO_3 มีความสามารถในการงอกได้เร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ Lot 2 อาจเป็นเพราะเมล็ดพันธุ์ Lot 1 มีความมีชีวิตและความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ Lot 2

สรุปผล

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ โดยการแช่เมล็ดในน้ำนาน 24 ชม. และการห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้นนาน 24 ชม. มีแนวโน้มเพิ่มความงอกของเมล็ดทั้ง 2 ล็อตจาก 57.00% (control) เป็น 63.75 และ 62.50% ตามลำดับ ส่วนการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 และ GA_3 ไม่สามารถกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนามได้

เอกสารอ้างอิง

รังสิต สุวรรณเขตนิยม และเรวัตต์ จันทวิญญูรักษ์, 2538, ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดหญ้าโขย่ง, วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์), 30(4): 419-428

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2538, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bewley, J.D. and Black, M., 1983, Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination-Viability, Dormancy and Environmental Control, Springer-Verlag, New York.

Desai, B.B., Kotecha, P.M. and Salunkhe, D.K., 1997, Seed Hand Book Biology, Production, Processing and Storage, Marecl Deaker, Inc., New York.

Duncan, R.R. and Carrow, R.N., 2000, Seashore Paspalum: The Environmental Turfgrass. Ann Arbor Press, Chelsea, MI. 281p.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980, Improved Equation for the Prediction of Seed Longevity, Ann. Bot., 45: 13-30.

International Seed Testing Association, 2010, International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland.

Mercado, B., 1978, Biology, Problems and Control of *Rottboellia exaltata* L.f., Biotrop Bulletin, 14: 40.

Table 1 Germination, fresh ungerminated seed (FUS) and mean germination time (MGT) of 'Seaspray' seed by seed priming

Treatment	Germination (%)	FUS (%)	MGT (day)
A : Priming			
Non-primed seed (control)	57.00 a	33.00 d	8.68 a
Soaking in water for 24 hrs	63.75 a	29.25 d	8.00 ab
Moisten paper for 24 hrs	62.50 a	33.25 d	7.25 bc
0.1% GA_3 for 24 hrs	22.75 d	68.75 a	6.07 cd
0.1% GA_3 for 48 hrs	30.50 cd	63.00 ab	7.59 ab
0.2% KNO_3 for 48 hrs	35.50 bc	57.50 bc	6.89 bc
2% KNO_3 for 48 hrs	40.25 b	51.75 c	7.04 bc
3% KNO_3 for 24 hrs	26.75 d	62.50 ab	5.10 d
F-test	*	*	*
B : Seed lot			
Lot 1	45.38 a	52.00 a	5.73 b
Lot 2	39.38 b	47.75 b	8.42 a
F-test	*	*	*
AxB	*	*	*
CV.(%)	18.29	16.52	16.98

[1/] Mean in the same column followed by the same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by DMRT

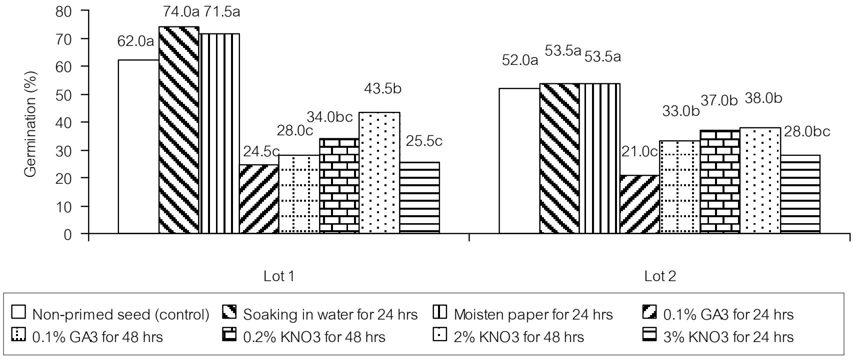


Figure 1 Germination of seed lot 1 and lot 2 by seed priming

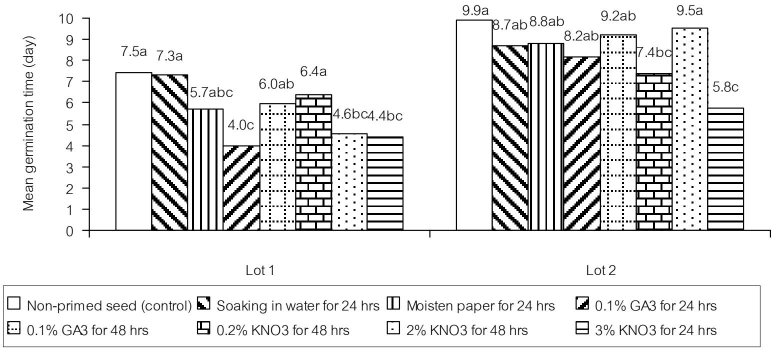


Figure 2 Mean germination time of seed lot 1 and lot 2 by seed priming

ลักษณะปรากฏและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขิงสดที่ฉายรังสีแกมมา

Appearance and Consumer Acceptance on Gamma Irradiated Ginger Rhizomes

ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1,2] ชณิตรา โพธิคเวษฐ์[1,2] เทอดธวัช โสภณดิลก[1,2] สุปราณี แก้ววิหาร[1,2] สิรินันทน์ สุขทวี[1,2] และ วาริช ศรีละออง[1 2]

Photchanachai, S.[1,2], Pothikhawet, C.[1,2], Sopondilok, T.[1,2], Kaewiharn, S.[1,2], Suktawee, S.[1,2] and Srilaong, V.[1,2]

Abstract

Inhibition of ginger rhizome sprouting by gamma irradiation has been reported, however, high doses of gamma irradiation reduced their qualities. Thus, the aim of this research was to investigate the effect of gamma irradiation on ginger rhizome appearance and consumer perception. The 6-8 months ginger rhizomes were irradiated at doses of 400, 800 and 1,200 Gys and the non-irradiated sample was used as a control. Results showed that the highest increase of hue angle value was found in the rhizome irradiated at 1,200 Gys. Moreover, gamma irradiation at 1,200 Gys tended to increase b* value of pulp tissues. Sensory evaluations including appearance, peel colour, off-odor and over-all acceptance were slightly reduced in irradiated ginger rhizomes compared to the non-irradiated. Therefore, gamma irradiation at lower than 1,200 Gys would be a promising practice method for further application on extending shelf life of ginger rhizomes.

Keywords: ginger, gamma irradiation, quality

บทคัดย่อ

การยับยั้งการแตกหน่อของแง่งขิงสดด้วยการฉายรังสีแกมมาเคยมีรายงานการศึกษาวิจัยแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม การฉายรังสีแกมมาในปริมาณสูงทำให้คุณภาพของขิงลดลง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะปรากฏและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขิงสดที่ฉายรังสีแกมมา โดยนำแง่งขิงสดอายุ 6-8 เดือน มาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 400 800 และ 1,200 เกรย์ โดยมีขิงที่ไม่ฉายรังสีเป็นชุดควบคุม พบว่า ค่า Hue angle ของสีเปลือกเพิ่มขึ้นมากที่สุดในขิงที่ฉายรังสี 1,200 เกรย์ นอกจากนี้การฉายรังสีที่ 1,200 เกรย์ มีแนวโน้มทำให้เนื้อขิงมีค่าสีเหลือง (b* value) เพิ่มขึ้น การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส 4 ด้าน โดยผู้บริโภคพบว่า คะแนนลักษณะปรากฏ สีเปลือก กลิ่นผิดปกติ และการยอมรับโดยรวมของขิงที่ฉายรังสีมีค่าน้อยกว่าขิงในชุดควบคุมเพียงเล็กน้อย ดังนั้น การฉายรังสีในปริมาณต่ำกว่า 1,200 เกรย์ มีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เพื่อการยืดอายุการวางจำหน่ายของขิงสด

คำสำคัญ: ขิง การฉายรังสีแกมมา คุณภาพ

คำนำ

การยับยั้งการแตกหน่อของแง่งขิงสดด้วยรังสีแกมมาเคยมีรายงานการศึกษาวิจัยไว้แล้ว เช่น การฉายรังสีแกมมาในปริมาณรังสีอยู่ระหว่าง 0.3-0.6 กิโลเกรย์ หรือมากกว่า สามารถชะลอการงอกของขิงได้ แต่การฉายรังสีแกมมาโดยเฉพาะการฉายรังสีในปริมาณสูงทำให้คุณภาพของขิงลดลง และมักก่อให้เกิดลักษณะปรากฏที่ไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากการฉายรังสีก่อให้เกิดความเสียหายของเซลล์ ดังรายงานการฉายรังสีแกมมาทำให้แง่งขิงแห้ง เนื่องจากการสูญเสียน้ำมากกว่าขิงที่ไม่ฉายรังสี (Variyar และคณะ, 1997) รวมทั้งทำให้ขิงมีกลิ่นหอมลดลง (Variyar และคณะ, 1997) ในขณะการใช้รังสีแกมมาที่ 60 เกรย์ พบว่า สามารถยับยั้งการงอกของขิงได้เช่นกัน แต่มีผลเสียเนื่องจากมีผลต่อกลิ่นของขิงเปลี่ยนแปลงไป (Variyar และคณะ, 1997) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะปรากฏและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขิงสดที่ฉายรังสีแกมมา เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการยับยั้งการงอกของแง่งขิง แต่ไม่ทำให้คุณภาพของขิงเปลี่ยนแปลงหรือลดลงเพียงเล็กน้อย

[1] **หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150**

[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bang Khun Thian), Bangkok, 10150

[2] **ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400**

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

นำขิงสดขนาดเล็ก (ไซด์ S) อายุประมาณ 6-7 เดือน จากบริษัทผู้ส่งออกแห่งหนึ่ง มาคัดแยก แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำที่ผสมสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ความเข้มข้น 1,000 พีพีเอ็ม ประมาณ 5 นาที จากนั้นนำไปแช่สารละลายโปรคลอราซความเข้มข้น 1,000 พีพีเอ็ม 5 นาที แล้วนำไปผึ่งให้แห้ง ก่อนบรรจุลงกล่อง กล่องละ 5 กิโลกรัม แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 400 800 และ 1,200 เกรย์ ที่บริษัท ไอโซ ตรอน จังหวัดชลบุรี โดยมีขิงที่ไม่ฉายรังสีเป็นชุดควบคุม จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องซาเซลเซียส) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Design ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 แง่ง บันทึกผลการทดลองก่อนฉายและฉายรังสีทันที (ภายใน 1 วัน) ดังนี้ สีเปลือกและสีเนื้อ ด้วยเครื่อง Chromameter (Minolta รุ่น DP-301) ในระบบ Hunter's scale และรายงานผลด้วยค่า L* a*และ b* และ Hue angle โดยการวัดจะให้หัวแนบกับเปลือกขิงมากที่สุดและจะสุ่มวัด 3 จุดต่อแง่ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส 4 ด้านโดยผู้บริโภค ได้แก่ คะแนนลักษณะปรากฏ สีเปลือก กลิ่นผิดปกติ และการยอมรับโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สีเปลือก

สีเปลือกของขิงที่อธิบายด้วยค่าสีตามระบบ Hunter's scale ได้แก่ ความสว่าง (ค่า L*) สีแดง (a*) เมื่อค่า a* เป็นบวก และสีเหลือง (b*) เมื่อค่า b* เป็นบวก ซึ่งจากการวัดค่าสีพบว่า การฉายรังสีในปริมาณที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้ ค่า L* a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาค่า Hue angle พบว่า ขิงที่ฉายรังสี 1,200 เกรย์มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด (Table 1) แสดงว่ารังสีแกมมาปริมาณ 1,200 เกรย์ กระตุ้นในเปลือกขิงมีสีเข้มมากขึ้น เพราะโดยทั่วไปการฉายรังสีในปริมาณสูงขึ้นความร้อนในผลผลิตจะเพิ่มขึ้นสูงกว่า มีการหายใจเพิ่มขึ้น และคายน้ำมากกว่าการฉายรังสีในปริมาณต่ำกว่า (โกวิทย์ และคณะ, 2543; Nketsia-Tabiri, 1998) และผิวเปลือกของขิงเกิดความเสียหายจึงเกิดช่องทางในการสูญเสียน้ำมากกว่าขิงที่ไม่ฉายรังสี (Yusof, 1990)

สีเนื้อ

เนื้อขิงโดยทั่วไปมีสีเหลือง ดังนั้นค่าสีเหลืองจึงเป็นค่าที่ใช้อธิบายสีเนื้อขิงได้ดี การฉายรังสีที่ 1,200 เกรย์ ทำให้เนื้อขิงมีค่าสีเหลือง (b* value) เพิ่มขึ้น และค่า a* เพิ่มใกล้เคียงกับขิงในชุดควบคุม แต่ทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L*) มีค่าลดลงน้อยกว่า (Table 2) แสดงว่าการฉายรังสีในปริมาณ 1,200 เกรย์มีสีมีแนวโน้มทำให้เนื้อขิงเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อนำขิงฉายรังสีมาให้คะแนนโดยผู้บริโภค 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏโดยรวม สีเปลือก กลิ่นผิดปกติ และความชอบโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนลักษณะปรากฏโดยรวมของขิงฉายรังสีปริมาณ 800-1,200 เกรย์ ต่ำกว่าขิงที่ฉายรังสี 400 เกรย์ และชุดควบคุม โดยขิงฉายรังสีปริมาณ 1,200 เกรย์ มีคะแนนสีเปลือกและความชอบโดยรวมต่ำที่สุด (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลของการตรวจวัดค่าสีตามระบบ Hunter's scale (Table 1, 2) สำหรับกลิ่นผิดปกติพบว่า การฉายรังสีไม่มีผลต่อกลิ่นของขิง ทั้งนี้แตกต่างจากการทดลองของ Variyar และคณะ (1997) ที่รายงานว่า การฉายรังสีมีผลเสียทำให้กลิ่นของขิงเปลี่ยนแปลงไป

การฉายรังสีทำให้ลักษณะปรากฏ ได้แก่ สีเปลือกมีสีเข้มขึ้น เช่นเดียวกับสีเนื้อ และผู้บริโภคสามารถสังเกตเห็นได้ ทั้งนี้ น่าจะมีสาเหตุจากการเกิดปฏิกิริยา mailard ที่มีน้ำตาลทำปฏิกิริยากับหมู่แอมโมเนีย ซึ่งอาจจะอยู่ในส่วนประกอบของกรดอะมิโนและโปรตีน เพราะการฉายรังสีแกมมากระตุ้นให้สารประกอบทั้ง 2 ทำปฏิกิริยากันได้ นอกจากนี้ยังพบว่า การฉายรังสีสามารถกระตุ้นให้เอ็นไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ทำงานเพิ่มขึ้น จึงทำให้ขิงมีสีน้ำตาลมากขึ้น เช่นเดียวกับการฉายรังสีในมะม่วงทำให้เกิดปื้นสีน้ำตาลมากขึ้น (Photchanachai และคณะ, 2010)

Table 1 Effect of gamma irradiation at 400 800 and 1,200 Gys on colour of ginger peel

Gamma Ray (Gy)	L* value		a* value		b* value		Hue angle	
	Irradiation							
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
0	58.11	57.99	8.14	8.21	13.75	13.61	64.08	64.18
400	57.85	56.45	8.19	8.36	12.97	13.46	62.21	62.85
800	58.38	57.01	7.96	8.31	12.99	13.50	62.55	62.89
1,200	58.44	57.29	8.14	8.21	13.16	13.79	62.70	64.18
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	3.86	4.03	8.48	6.89	6.59	4.78	3.24	3.06

Table 2 Effect of gamma irradiation at 400 800 and 1,200 Gys on colour of ginger pulp

Gamma Ray (Gy)	L* value		a* value		b* value		Hue angle	
	Irradiation							
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
0	71.15	66.17	0.30	0.65	17.24	16.49	90.71	91.19
400	71.15	64.71	0.30	0.21	17.24	16.00	90.71	89.75
800	71.15	67.25	0.30	0.16	17.24	16.96	90.71	89.95
1,200	71.15	70.47	0.30	0.49	17.24	18.30	90.71	90.58
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	2.12	5.97	90.72	74.45	4.63	10.20	0.96	1.61

Table 3 Appearance and consumer acceptance on gamma irradiated ginger rhizomes

Gamma Ray (Gy)	Appearance (score)		Off-flavour (score)		Color of peel (score)		Color of pulp (score)		Over-all (score)	
	Irradiation									
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
0	7.10	7.00	6.20	6.40	7.10	6.80	7.10	7.20	7.40	7.20
400	7.10	7.00	6.20	6.10	7.10	6.90	7.10	5.90	7.40	6.90
800	7.10	6.40	6.20	6.50	7.10	6.90	7.10	6.20	7.40	7.00
1,200	7.10	6.70	6.20	6.40	7.10	6.40	7.10	6.40	7.40	6.70
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	19.30	19.45	41.51	27.05	15.50	17.42	19.30	22.98	20.35	18.36

สรุปผล

การฉายรังสีปริมาณ 400-1,200 เกรย์ ทำให้คุณภาพทางกายภาพ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขิงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การฉายรังสีในปริมาณ 1,200 เกรย์ มีแนวโน้มทำคุณภาพของขิงด้อยกว่าการฉายรังสีในปริมาณที่ต่ำกว่าและขิงชุดควบคุม ดังนั้น การฉายรังสีในปริมาณต่ำกว่า 1,200 เกรย์ มีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เพื่อการยืดอายุการวางจำหน่ายของขิงสด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

โกวิทย์ นุชประมุล เสาวพงศ์ เจริญ ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิ์ศักดิ์ วชิรา พริ้งศุลกะ และพิทยา อดุลยธรรม, 2543, การเก็บรักษาในทางการค้าและการทดลองการวางแผนตลาดหัวหอมใหญ่ฉายรังสี, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, กรุงเทพฯ, 17 หน้า.

Nketsia-Tabiri, J., 1998, Optimization of Radiation Treatment of Ginger (*Zingiber officinale*) Rhizomes Using Response Surface Methodology, Radiation Physics and Chemistry, 52: 101-106.

Photchanachai, S., Jitareerat, P., Uthairattanakij, A., Srilaong, V., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N., 2010, Studies Hot Water Treatment and Gramma Irradiation on Physiological Change of “Nam Dok Mai No.4”, Agricultural Science Journal, 41(3/1) (suppl): 561-564.

Variyar, P.S., Gholap, A.S. and Thomas, P., 1997, Effect of γ-irradiation on the Volatile Oil Constituents of Fresh Ginger (*Zingiber officinale*) Rhizome, Food Research International, 30(1): 41-43.

Yusof, N., 1990, Sprout Inhibition by Gamma Irradiation in Fresh Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), Journal of Food Processing and Preservation, 14: 113–122.

การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ด้วยสาร ascorbic acid และอนุพันธ์

Browning Inhibition of Organic Baby Corn Using Ascorbic Acid and Its Derivatives

ชลิดา ชลไมตรี[1] **ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์**[1] **และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ**[1]

Cholmaitri, Ch.[1], Jitareerat, P.[1] and Uthairatanakij, A.[1]

Abstract

Baby corn has high nutrition, but the problems are the weight loss and browning after harvest resulted in quality losses. The objective of this research was to control the browning of organic baby corn cv. Pacific 271 by using ascorbic acid and its derivatives. Organic baby corn was harvested at the commercial stage and then treated with ascorbic acid, ascorbic -2- phosphate and isoascorbate at the concentration of 1% for 2 min, while distilled water served as the control. Thereafter, organic baby corn was dried in air, packed in foam tray and wrapped with PVC film prior to 4°C storage for 8 days. Organic baby corns immersed in ascorbic acid and its derivatives increased weight loss (1.16-1.45% of initial weigh) and decreased total sugar throughout the storage period (3.27-2.24 mg/mL). Total phenolic of organic baby corn was slightly increased from initial day (16.33-17.56 μg/mL), but there were not significant difference with the control. However, overall visual quality of treated organic baby corns were not significantly different compared with control.

Keywords: organic baby corn, ascorbic acid and its derivatives, browning

บทคัดย่อ

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มักประสบปัญหาการสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ด้วยสาร ascorbic acid และอนุพันธ์ โดยทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์พันธุ์แปซิฟิค 271 ในระยะแก่ทางการค้า จากนั้นนำมาแช่ในสารละลาย ascorbic acid, ascorbic -2- phosphate และ isoascorbate ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 นาที โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งแล้วบรรจุลงถาดโฟมและหุ้มด้วยฟิล์ม PVC เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ที่แช่ในสารละลาย ascorbic acid และอนุพันธ์ มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น (1.16-1.45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น) ปริมาณน้ำตาลมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษา (3.27-2.24 mg/mL) สำหรับปริมาณฟีนอลิกของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากวันแรกของการเก็บรักษา (16.33-17.56 μg/mL) ซึ่งไม่แตกต่างกับชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะปรากฏโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ กรดแอสคอร์บิกและอนุพันธ์ การเกิดสีน้ำตาล

คำนำ

ข้าวโพดฝักอ่อน (*Zea mays* L.) เป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตข้าวโพดฝักอ่อนส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยมีตลาดหลัก ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และแคนาดา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) แต่อย่างไรก็ตามข้าวโพดฝักอ่อนมักประสบปัญหาการสูญเสียน้ำหนักและการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพที่ตลาดปลายทาง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของฝัก อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยเฉพาะที่ปลายฝักหรือจุดที่มีการชอกช้ำอันเนื่องจากการขนส่ง รอยตัดหรือหัก หรือโดนแมลงเจาะ (กุลวดี, 2536) การเกิดสีน้ำตาลในเซลล์ของพืช เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการออกซิไดซ์สารจำพวกฟีนอลโมเลกุลเดี่ยวซึ่งในพืชชั้นสูงทั่วๆ ไป สะสมอยู่ในรูปอนุพันธ์ของกรดซินนามิค (Vickery และ Brain, 1981) และเปลี่ยนไปเป็นอนุพันธ์ของควิโนน โดยมีสารตั้งต้นคือ แอลฟีนิลอลานีน (L-phenylalanine) แล้วรวมตัวเป็นโมเลกุใหญ่และมีสีน้ำตาล (Murata และคณะ, 1995) ในผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้หลายวิธี เช่น การใช้สารยับยั้ง

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[1] Devision of Postharvest Technology, Faculty of Biosource and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

การเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ ascorbic acid, 4-hexyl resorcinol (Son และคณะ, 2001) เป็นต้น อาภาภรณ์ (2538) ได้ศึกษาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อน 3 สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์ Chiang Mai 90 มีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่าพันธุ์ CP 45 และ Pacific #5 ซึ่งสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณฟีนอลิก นอกจากนี้ พัชราภรณ์ (2547) ได้ศึกษาถึงผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนที่ระดับความเข้มข้น 0.3, 0.5 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สอดคล้องกับการศึกษาของ นาทอนงค์ (2547) พบว่า การใช้กรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 และ 3.0 มีการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและการเน่าเสียของ ข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ เพื่อสนับสนุนการส่งออกข้าวโพดอ่อนอินทรีย์ของไทยในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์พันธุ์แปซิฟิค 271 ในระยะแก่ทางการค้าจากแปลงบริษัทอดัมส์ เอ็นเตอร์ไพรเซส จังหวัดมุกดาหาร (เก็บฝักอ่อนเมื่อปลายฝักมีไหมยาว 5-7 เซนติเมตร) บรรจุลงกล่องโฟมโดยรองก้นกล่องด้วยน้ำแข็งจากนั้นขนส่งโดยรถตู้ปรับอากาศมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ และปอกเปลือกด้วยมือ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาแช่ในสารละลาย ascorbic acid, ascorbic -2- phosphate และ isoascorbate ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 นาที โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งแล้วบรรจุลงถาดโฟมและหุ้มด้วยฟิล์ม PVC เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน วิเคราะห์ผลการทดลองดังนี้ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ปริมาณฟีนอลิก และการยอมรับของผู้บริโภค

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสูญเสียน้ำหนักของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ที่ผ่านการแช่ในสารละลาย ascorbic acid และอนุพันธ์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 นาที ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุถาดโฟมแล้วถูกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC จึงทำให้สามารถชะลอการสูญสูญเสียน้ำหนักได้ไม่แตกต่างกัน (Figure 1) สำหรับปริมาณน้ำตาลพบว่า มีค่าค่อยๆ ลดลง ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาโดยมีปริมาณน้ำตาลลดลงอยู่ระหว่าง 3.27-2.24 mg/mL ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา (Figure 2) เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนเป็นผลิตผลที่ไม่สะสมแป้ง แต่สะสมคาร์โบไฮเดรต ในรูปน้ำตาล โดยปริมาณน้ำตาลที่ลดลงถูกนำไปใช้ในการหายใจ (จริงแท้, 2546) สำหรับปริมาณฟีนอลิกของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 16.33 -17.56 μg/mL ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา (Figure 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของอาภาภรณ์ (2538) พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนมีปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเมื่อรักษานานขึ้น อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสามารถเป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ได้ นอกจากนี้ พบว่า ผู้บริโภคมีการยอมรับอยู่ในระดับชอบมาก (คะแนนเท่ากับ 5) ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา และมีคะแนนการยอมรับค่อยๆ ลดลง ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลาย ascorbic acid มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุด

สรุปผล

การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ด้วยสาร ascorbic acid และอนุพันธ์ ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 นาที หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งแล้วบรรจุลงถาดโฟมและหุ้มด้วยฟิล์ม PVC เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลาย ascorbic acid มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุด

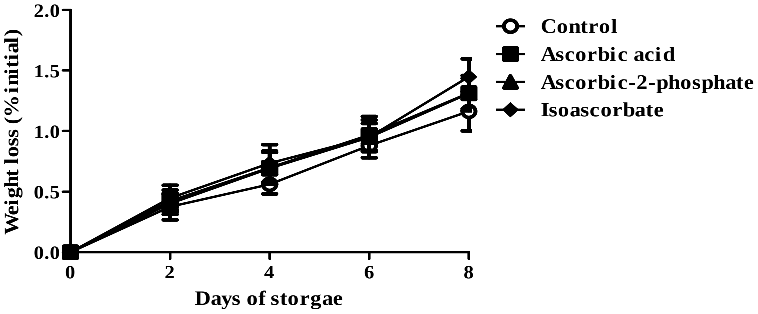


Figure 1 Weight loss of organic baby corn cv. Pacific 271 using ascorbic acid , ascorbic -2- phosphate and isoascorbate at the concentration of 1% for 2 min and stored at 4°C

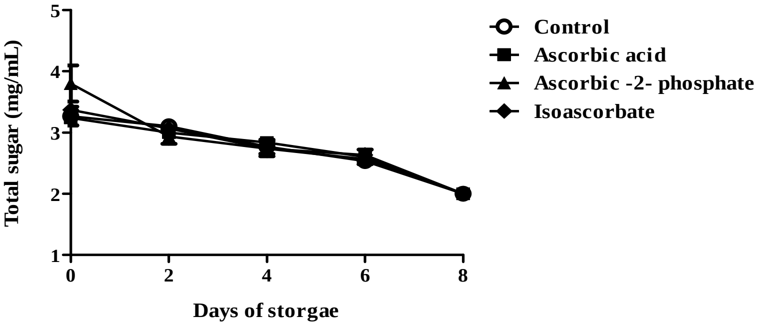


Figure 2 Total sugar of organic baby corn cv. Pacific 271 using ascorbic acid , ascorbic -2- phosphate and isoascorbate at the concentration of 1% for 2 min and stored at 4°C

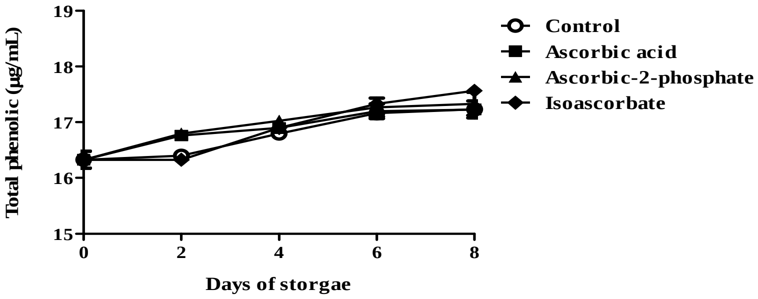


Figure 3 Total phenolic of organic baby corn cv. Pacific 271 using ascorbic acid , ascorbic -2- phosphate and isoascorbate at the concentration of 1% for 2 min and stored at 4°C

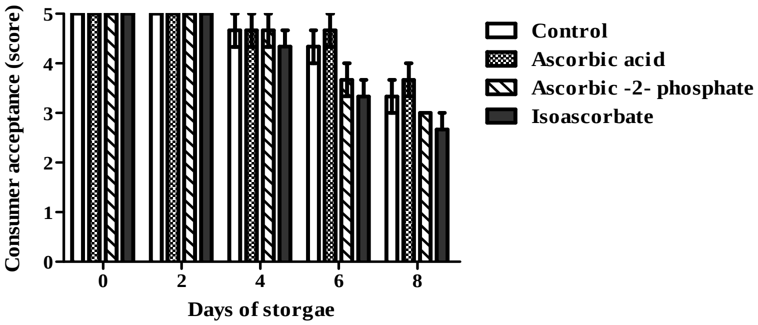


Figure 4 Consumer accettance of organic baby corn cv. Pacific 271 using ascorbic acid , ascorbic -2- phosphate and isoascorbate at the concentration of 1% for 2 min and stored at 4°C

เอกสารอ้างอิง

กุลวดี ตรองพานิชย์, 2536, การใช้ประโยชน์ข้าวโพดฝักอ่อนในอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, กรุงเทพฯ, 9 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 396 หน้า.

นาทอนงค์ สุวรรณมาโจ, 2547, ผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อการเกิดสีน้ำตาลของแอปเปิลตัดสดพร้อมบริโภค, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์, 2547, ผลของกรดแอสคอร์บิกและการดัดแปลงสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, สถิติการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อน, [Online], Available: http://www.oae.go.th /oae_report/export_import/export_result.php. [July 9, 2010].

อาภาภรณ์ มีนาพันธุ์, 2538, การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและการเน่าเสียของข้าวโพดฝักอ่อนหลังการเก็บเกี่ยว, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 88 หน้า.

Murata, M., Tsurutani, M., Tomita, M., Honma, S. and Kaneko, K., 1995, Relationship Between Apple Ripening and Browning: Changes in Polyphenol Content and Polyphenol Oxidase, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 1115-1121.

Son, S.M., Moon, K.D. and Lee, C.Y., 2001, Inhibitory Effects of Various Anti-browning Agent on Apple Slices, Food Chemistry, 73: 23-30.

Vickery, L.M. and Brain, V., 1981, Secondary Plant Metabolism, The Macmillan Press Ltd., London, 335p.

ผลของกรดซาลิไซลิคต่ออาการสะท้านหนาวของผลพุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ล

Effect of Salicylic Acid on Chilling Injury of Jujube cv. Bomb Apple

พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1] ศุภลักษณ์ พิริยะพันธุ์สกุล[1] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1]

Boonyaritthongchai, P.[1], Piriyaphansakul, S.[1] and Kanlayanarat, S.[1]

Abstract

Jujube fruit (cv. Bomb apple) were pre-treated with 0 (control) and 2.0 mM salicylic acid (SA) for 3 min and then stored at 10 and 25°C for 21 days to investigate the effect of SA treatment and cold temperature on chilling injury and changes in quality of jujube. Jujube fruit developed chilling injury, manifested as increased fruit pitting, and browning during storage. These chilling injury symptoms were significantly reduced by SA treatment and cold temperature. The result shown that L value of jujube fruits was treated with 2.0 mM SA and untreated then stored at 25°C higher than stored at 10°C. The a value of jujube fruits was treated with 2.0 mM SA and untreated then stored at 10°C less value than stored at 25°C. Although, SA treated fruits revealed the decline of Hue value than untreated fruits. Meanwhile, both of SA-treated and untreated shown non-significant of peroxidase (POD) activity during 12 days of storage after that SA-treated fruit higher POD activity than control until the end of storage period.

Keywords: jujube fruits (cv. bomp apple), salicylic acid, chilling injury symptoms

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้นำพุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ลจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิคที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 2.0 mM นาน 3 นาที หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน เพื่อศึกษาผลของกรดซาลิไซลิคและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการลดอาการสะท้านหนาวและคุณภาพของพุทรา ซึ่งอาการสะท้านหนาวได้แก่ เป็นรอยบุ๋มสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ อาการสะท้านหนาวนี้สามารถลดได้โดยการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิคร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จากผลการทดลองพบว่าพุทราที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิค 2.0 mM และชุดควบคุมที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่า L สูงกว่าที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ค่า a ของพุทราที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 mM และชุดควบคุมที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่า a ต่ำกว่าที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ค่า Hue ของพุทราที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิค 2.0 mM จะมีค่าต่ำลงกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้พบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ไม่มีความแตกต่างกันในช่วง 12 วันของการเก็บรักษา แต่หลังจากนั้นพุทราที่จุ่มด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิคมีกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase สูงกว่าชุดควบคุมจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

คำสำคัญ: พุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ล กรดซาลิไซลิก อาการสะท้านหนาว

คำนำ

พุทราเป็นไม้ผลยืนต้นเขตร้อน ปลูกกันมากในแถบอำเภอดำเนินสะดวก อำเภอสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี และอำเภอบ้านแพ้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร เนื่องจากปลูกง่าย สามารถทนทานต่อความแห้งแล้งและฝนตกชุกได้ดี จึงมีศักยภาพที่เหมาะสมต่อการผลักดันให้เป็นพืชเศรษฐกิจ แต่มีการเสื่อมคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว (ประมาณ 2-5 วัน) โดยมีลักษณะผลเหี่ยวนิ่ม สีผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว และผลเน่าเนื่องจากการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้เพราะพุทราเป็นผลไม้ที่บอบช้ำและเกิดบาดแผลได้ง่าย เนื่องจากเปลือกค่อนข้างบาง ดังนั้นการใช้อุณหภูมิต่ำจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ในการชะลอการเน่าเสียและยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ (จริงแท้, 2549) แต่การใช้อุณหภูมิต่ำแล้ว ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงจะสามารถทำให้เชื้อราชนิดต่างๆ ที่มีอยู่บนผิวเจริญเติบโตได้ง่าย ส่งผลให้ผลไม้เน่าเสียได้เร็วขึ้น และถ้าเก็บในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ผลไม้จะเกิดการสูญเสียน้ำ ทำให้สูญเสียน้ำหนักและผลเหี่ยวนิ่ม

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้พุทราเป็นไม้ผลเขตร้อน การใช้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม จะส่งผลให้เกิดอาการสะท้านหนาว เช่น เกิดรอยบุ๋มสีน้ำตาล อาการฉ่ำน้ำ เนื่องจากเนื้อเยื่อถูกทำลาย เป็นต้น ได้มีการใช้กรดซาลิไซลิคเพื่อลดอาการสะท้านหนาว ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของกรดซาลิไซลิคและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการลดอาการสะท้านหนาวและคุณภาพของพุทราหลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกผลพุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ล จากสวนของเกษตรกรจังหวัดสมุทรสาคร นำมาคัดเลือกผลที่ปราศจากตำหนิการเข้าทำลายของเชื้อโรคขนาดใกล้เคียงกัน ทำการขนส่งโดยรถตู้ปรับอากาศที่ควบคุมอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการขนส่งมายังห้องปฏิบัติการวิจัย สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จากนั้นจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิคที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 2.0 mM เป็นเวลา 3 นาที วางให้แห้ง แล้วนำผลพุทราใส่ตะกร้าพลาสติกและทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 80-90 หลังจากนั้นทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 3 วัน

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของกรดซาลิไซลิคและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการลดอาการสะท้านหนาวและคุณภาพของพุทราหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าผลของพุทราที่จุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิคที่ความเข้มข้น 0 และ 2.0 mM และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 21 วัน ในขณะที่ผลของพุทราที่จุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิค ที่ความเข้มข้น 0 และ 2.0 mM และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้เพียง 9 วัน (Table 1)

Table 1 Storage life of jujube treated DI water then storage at 10 and 25 °C and SA 2.0 mM then storage at 10 and 25 °C, 80-90% RH

Treatment	Storage life (days)
DI water (SA 0 mM, control) storage at 10°C	21
DI water (SA 0 mM, control) storage at 25°C	9
SA 2.0 mM storage at 10°C	21
SA 2.0 mM storage at 25°C	9

การเปลี่ยนแปลงค่าสีพบว่าพุทราที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิค 2.0 mM และชุดควบคุมที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่า L สูงกว่าที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ค่า a ของพุทราที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิค 2.0 mM และชุดควบคุมที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่า a ต่ำกว่าที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส ส่วนค่า Hue ของพุทราที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิค 2.0 mM และชุดควบคุม ที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียสมีค่าต่ำกว่าที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส แต่พบว่าค่า Hue ของพุทราที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดซาลิไซลิค 2.0 mM ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (Figure 1) ทั้งนี้พบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ไม่มีความแตกต่างกันในช่วง 12 วันของการเก็บรักษา แต่หลังจากนั้นพุทราที่จุ่มด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิคมีกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase สูงกว่าชุดควบคุมจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา (Figure 2)

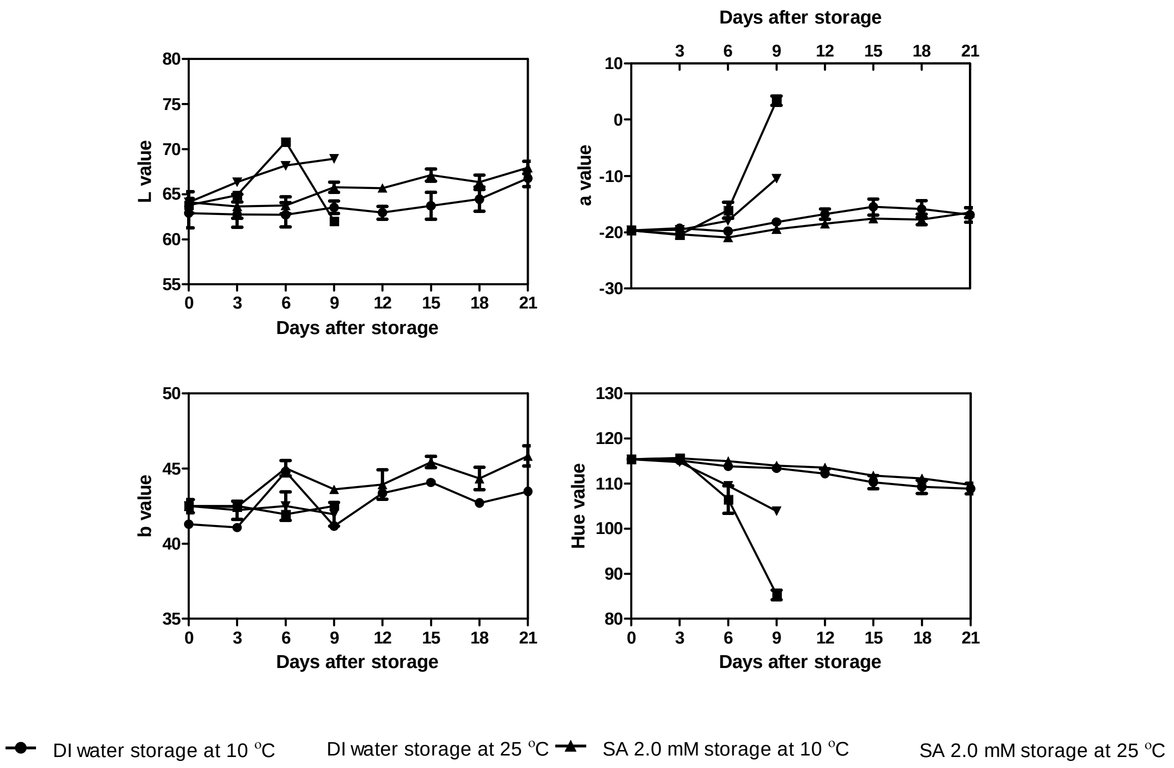


Figure 1 Colour change of jujube treated DI water then storage at 10 and 25 °C and SA 2.0 mM then storage at 10 and 25 °C, 80-90% RH

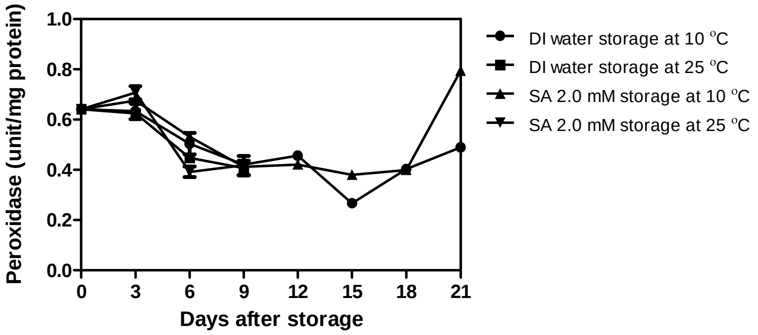


Figure 2 Peroxidase activity (unit/mg protein) jujube treated DI water then storage at 10 and 25 °C and SA 2.0 mM then storage at 10 and 25 °C, 80-90% RH

วิจารณ์ผล

การลดอาการสะท้านหนาวด้วยการจุ่มสารละลายกรดซาลิไซลิคร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดการเกิดรอยบุ๋มสีน้ำตาล อาการฉ่ำน้ำ เนื่องจากเนื้อเยื่อถูกทำลาย โดยกรดซาลิไซลิคสามารถลดความรุนแรงในการเกิดอาการสะท้านหนาวได้โดยการเพิ่มความทนทานให้แก่พืช ปรับปรุงองค์ประกอบของเมมเบรนลิปิดและเพิ่มกิจกรรมของแอนติออกซิแดนซ์ ซึ่งกรดซาลิไซลิคเป็นสารประกอบกลุ่ม Phenolic มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช จึงนิยมน้ำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น นำไปใช้ในข้าวโพด (Janda และคณะ, 1999) มะเขือเทศ (Ding และคณะ, 2002) และกล้วย (Kang และคณะ, 2003) เป็นต้น นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมจะช่วยชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา ทำให้เกิดเน่าเสีย รวมทั้งช่วยป้องกันการคายน้ำ ทำให้ผลเหี่ยวนิ่ม เกิดการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ดังนั้นการใช้กรดซาลิไซลิคร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวและรักษาคุณภาพ ส่งผลให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาพุทราได้นานยิ่งขึ้น

สรุปผล

การลดอาการสะท้านหนาวพุทราด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิคที่ความเข้มข้น 2.0 mM และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 80-90 สามารถลดอาการสะท้านหนาวและรักษาคุณภาพของพุทรา โดยช่วยลดการเกิดรอยบุ๋มสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงสี และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาพุทราได้นาน 21 วัน ในขณะที่พุทราที่จุ่มด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิคที่ความเข้มข้น 2.0 mM และชุดควบคุม ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้เพียง 9 วันเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีระวิทยาและเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 396 หน้า.

Ding, C.K., Wang, C.Y., Gross, K.C. and Smith, D.L., 2002, Jasmonate and Salicylate Induce the Expression of Pathogenesis-related Protein Genes and Increase Resistance to Chilling Injury in Tomato Fruit, Planta, 214: 895–901.

Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E., 1999, Hydroponic Treatment with Salicylic Acid Decreases the Effects of Chilling Injury in Maize (*Zea mays* L.) Plants, Planta, 208: 175–180.

Kang, G.Z., Wang, Z.X. and Sun, G.C., 2003, Participation of H_2O_2 in Enhancement of Cold Chilling by salicylic Acid In Banana Seedlings, Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 45: 567–573.

ประสิทธิภาพของฟิล์มบริโภคได้ในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลของผลไม้ตัดแต่งสด

Effective of the Edible Films to Inhibit Browning Reaction for Fresh-cut Fruit

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 study was to evaluate the effectiveness of edible coating and film mixed with 3 antibrowning agents (ascorbic acid, citric acid and honey) for inhibiting browning reaction of fresh-cut apple. Results showed that dipping fresh cut apple with edible coating mixed with 1% and 2% ascorbic acid, citric acid and honey could delay the color change (%brown pigment) for 6 days. However wrapping the fruit with edible film mixed with 1% and 2% ascorbic acid and citric acid can inhibit the color change (%brown pigment) for 9 days which was better than fruit wrapping with edible film added with 1% and 2% honey. The fresh cut apple wrapped with edible film contained 1% ascorbic acid was the most effectiveness for antibrowning reaction.

Keywords: edible film, browning reaction, fresh cut apple

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบ และฟิล์มบริโภคได้ผสมสาร antibrowning 3 ชนิด (กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และน้ำผึ้ง) ต่อการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแอปเปิลตัดแต่งสด พบว่าการใช้สารเคลือบบริโภคได้ผสมกรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และน้ำผึ้ง ความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) โดยวิธีการจุ่มสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสี (%brown pigment) ได้นาน 6 วัน ส่วนการใช้ฟิล์มบริโภคได้ผสมกรดแอสคอร์บิคและกรดซิตริค ความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสี (%brown pigment) ได้นาน 9 วัน และดีกว่าการใช้ฟิล์มบริโภคได้ผสมน้ำผึ้ง ความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) ซึ่งการใช้ฟิล์มบริโภคได้ผสมกรดแอสคอร์บิค ความเข้มข้น 1% (w/v) ห่อแอปเปิลตัดแต่งสดมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ฟิล์มบริโภคได้ ปฏิกิริยาสีน้ำตาล แอปเปิลตัดแต่งสด

คำนำ

แอปเปิลเป็นผลไม้ที่มีการผ่านกระบวนการแปรรูปเบื้องต้น (minimally process) เช่น การล้าง การปอกเปลือก และการตัดแต่ง ส่งผลต่อการเสื่อมเสีย เช่น การสูญเสียน้ำหนัก และคุณค่าทางอาหาร มีลักษณะไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยเฉพาะการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) โดยสีของแอปเปิลตัดแต่งสด เป็นเกณฑ์สำคัญของการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทำให้คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของแอปเปิลตัดแต่งสดลดลง สาเหตุสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิค ที่มีเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase; POD) (Rojas-Graü และคณะ, 2008) วิธีเพื่อชะลอหรือยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีหลายวิธี แต่การใช้ฟิล์มบริโภคได้เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการสนใจ เนื่องจากไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษา แต่ฟิล์มบริโภคได้ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จึงมีการใช้สาร antibrowning (Son และคณะ, 2001) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสาร antibrowning ร่วมกับสารเคลือบ และฟิล์มบริโภคได้ที่ส่งผลต่อการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแอปเปิลตัดแต่งสด เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมต่อการชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการลดปัญหาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลกับผลิตผลอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

[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

เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% โดยละลายไคโตแซนร้อยละ 1 ในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% และเตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง โดยนำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (5 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร) ต้มแป้งจนสุกบน hotplat กวนจนสารละลายข้นหนืด หลังจากนั้นนำไปผสมกับไคโตซาน อัตราส่วน 1:1 ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เติมพลาสติไซเซอร์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง และเติม antibrowning 3 ชนิด ได้แก่ กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และน้ำผึ้ง ความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) นำสารเคลือบที่ได้ทดสอบกับแอปเปิลตัดแต่งสด 2 วิธี ได้แก่ การจุ่ม (dipping) และการห่อด้วยฟิล์มขึ้นรูป (wrapping as the thin film) เปรียบเทียบกับแอปเปิลตัดแต่งสดที่ไม่ผ่านกรรมวิธีใดๆ (control) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน บันทึกผลทุก 3 วัน โดยนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายและเคมี ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าสี โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสี (HunterLab รุ่น MiniScanEZ) และค่า brown pigment ตามวิธีของ Jiang และ Fu (1999) โดยนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ brown pigment ดังนี้

$$\%\text{brown pigment} = \frac{\text{brown pigment}_t - \text{brown pigment}_{initail}}{\text{brown pigment}_{initail}} \times 100$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการสูญเสียน้ำหนักของแอปเปิลตัดสดแต่งโดยใช้สารเคลือบบริโภคได้ผสม antibrowning ได้แก่ กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และน้ำผึ้ง ความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) ทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การจุ่ม (dipping) และการห่อด้วยฟิล์มขึ้นรูป (wrapping as the thin film) ต่ำกว่า control โดยเฉพาะการห่อด้วยฟิล์มบริโภคได้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเคลือบโดยการจุ่ม (Figure 1) อย่างไรก็ตามการสูญเสียน้ำหนักมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้น และการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลเป็นผลมาจากการคายน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจ แต่สารเคลือบบริโภคได้สามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซและปิดช่องเปิดต่างๆ ของผลิตผล (Qi และคณะ, 2011)

การเปลี่ยนแปลงสีของแอปเปิลตัดแต่งสด แสดงเป็นค่าความสว่างของสี (L*) พบว่าแอปเปิลตัดแต่งสดจากการใช้สารเคลือบบริโภคได้ผสม antibrowning โดยวิธีการจุ่ม (dipping) และการห่อด้วยฟิล์มขึ้นรูป (wrapping as the thin film) มีความสว่างของสีลดลงหรือการเปลี่ยนแปลงความสว่างของสีต่ำกว่าแอปเปิลตัดแต่งสดที่ไม่ผ่านกรรมวิธีใดๆ และการใช้ฟิล์มบริโภคได้ผสมกรดแอสคอร์บิคและกรดซิตริค ความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) มีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของแอปเปิลตัดแต่งสดได้ดีกว่าการใช้สารเคลือบบริโภคได้ผสมกรดแอสคอร์บิค กรดซิตริก และน้ำผึ้ง ตามลำดับ (Figure 2)

การใช้สารเคลือบบริโภคได้ผสม antibrowning โดยวิธีการจุ่ม (dipping) และการห่อด้วยฟิล์มขึ้นรูป (wrapping as the thin film) พบว่าการใช้ฟิล์มบริโภคได้ผสม antibrowning มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้สารเคลือบบริโภคได้ผสม antibrowning เมื่อการเก็บรักษานานขึ้น และการใช้ฟิล์มบริโภคได้ผสมกรดแอสคอร์บิค ความเข้มข้น 1% (w/v)มีการเปลี่ยนแปลงของสารสีน้ำตาลน้อยที่สุด รองลงมา คือ กรดซิตริค และน้ำผึ้ง ตามลำดับ (Figure 3) ทั้งนี้เนื่องจากกรดแอสคอร์บิค มีคุณสมบัติเป็น reducing agent จะรีดิวส์ ออโธ-ควิโนน ให้เป็นสารโมโนฟีนอลซึ่งไม่มีสี (Rojas-Graü และคณะ, 2008) ส่วนของกรดซิตริก สามารถยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ ทั้งนี้เนื่องจากกรดซิตริคมีคุณสมบัติเป็น acidulant ส่งผลให้ pH ต่ำลง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมของการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Altunkaya และคณะ, 2008) และในส่วนของน้ำผึ้งสำหรับการใช้เป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) (Rosa และคณะ, 2011)

สรุปผล

การใช้ฟิล์มบริโภคได้ผสมกรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และน้ำผึ้ง ความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้สารเคลือบบริโภคได้ผสมกรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค และน้ำผึ้ง ความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) ถึงแม้น้ำผึ้งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลไม่ดีเท่ากรดแอสคอร์บิค และกรดซิตริค แต่ก็ทำให้ฟิล์มมีกลิ่นหอม รสหวาน ไม่เปรี้ยวเหมือนการใช้สารเคลือบ และฟิล์มบริโภคได้ที่เป็นกรด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Altunkaya, A. and Gokmen, V., 2008, Effect of Various Inhibitors on Enzymatic Browning, Antioxidant Activity and Total Phenol Content of Fresh Lettuce (*Lactuca sativa*), Food Chemistry, 107: 1173-1179.

Jiang, Y.M. and Fu, J.R., 1999, Postharvest Browning of Litchi Fruit by Water Loss and its Control by Controlled Atmosphere Storage at High Relative Humidity, Lebensmittel Wissenschaft and Technologie, 32: 278-283.

Qi, H., Hu, W., Jiang, A., Tian, M. and Li, Y., 2011, Extending Shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' Apples with Chitosan-coatings, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 12: 62-66.

Rojas-Graü, M.A., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O., 2008, Effect of Natural Antibrowning Agents on Color and Related Enzymes in Fresh-cut Fuji Apples as an Alternative to the Use of Ascorbic Acid, Journal of Food Science, 73: 267–272.

Rosa, L.A., Alvarez-Parrilla, E., Moyers-Montoya, E., Villegas-Ochoa, M., Ayala-Zavala, J.F., Hernández, J., Ruiz-Cruz, S. and González-Aguilar, G.A., 2011, Mechanism for the Inhibition of Apple Juice Enzymatic Browning by Palo Fierro(desert ironweed) Honey Extract and Other Natural Compounds, Food Science and Technology, 44: 269-276.

Son, S.M., Moon, K.D. and Lee, C.Y., 2001, Inhibitory Effects of Various Antibrowning Agents on Apple Slices, Food Chemistry, 73: 23-30.

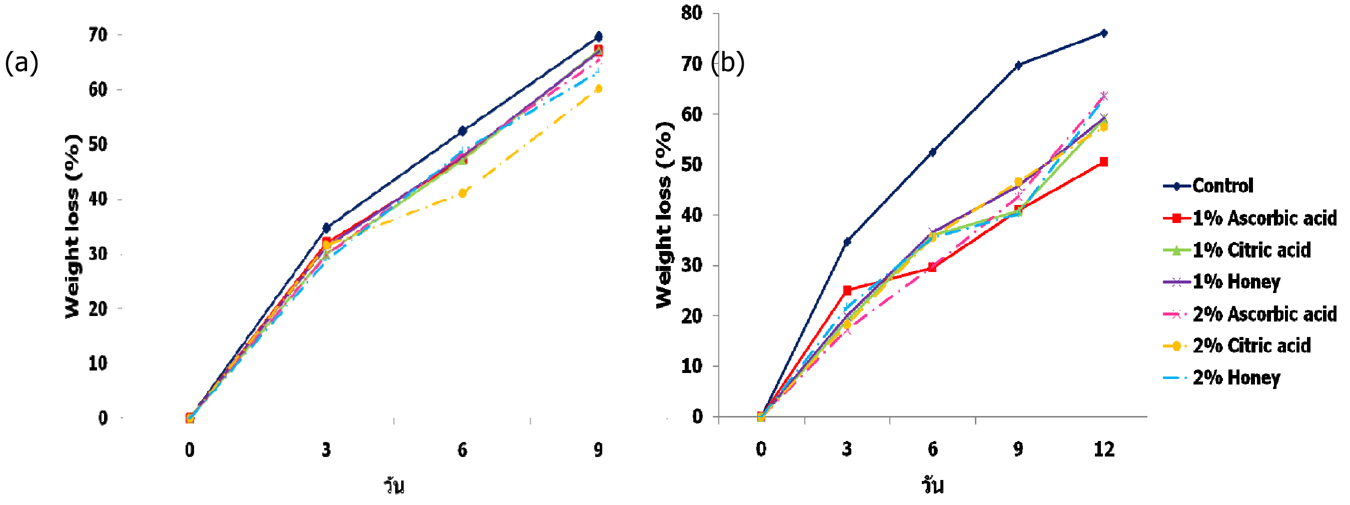


Figure 1 %Weight loss of fresh cut apple effected by (a) edible coating and (b) thin film mix with antibrowning agent (ascorbic acid, citric acid and honey)

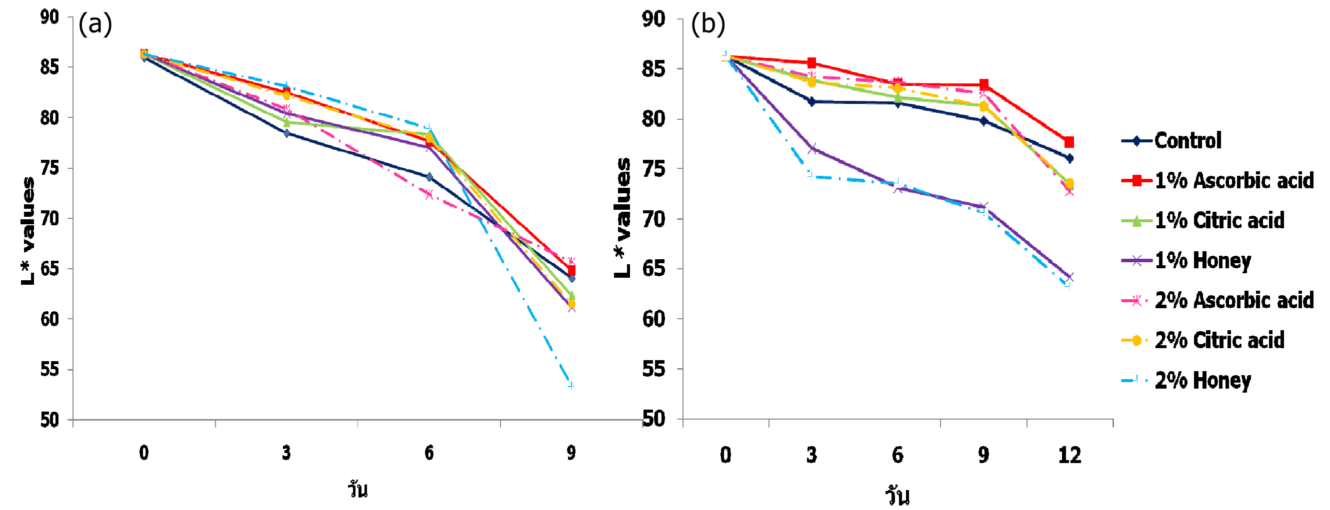


Figure 2 L* values of fresh cut apple effected by (a) edible coating and (b) thin film mix with antibrowning agent (ascorbic acid, citric acid and honey)

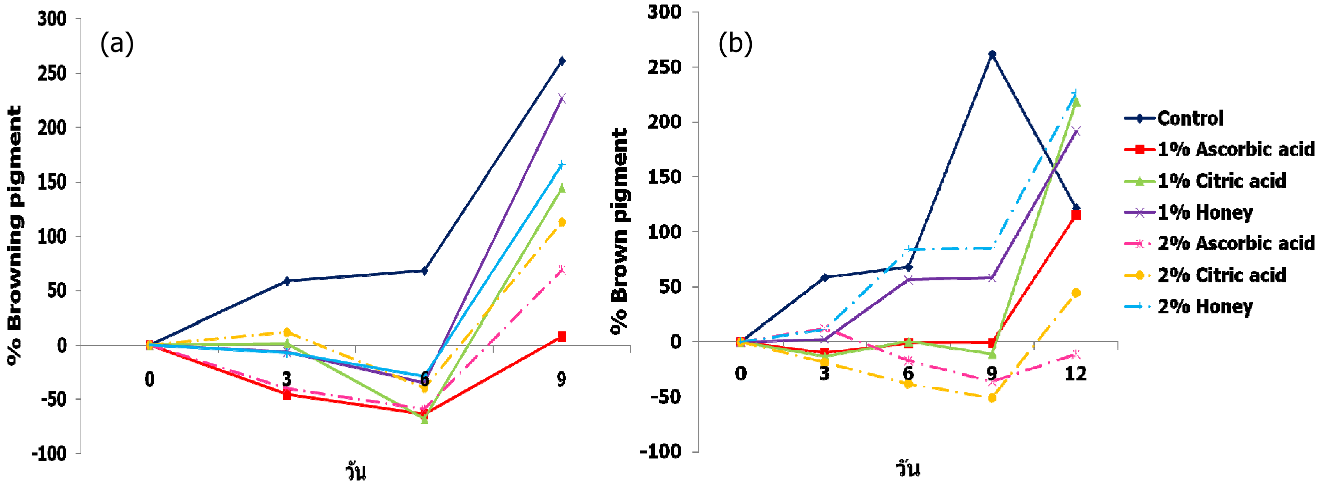


Figure 3 %Browning pigment of fresh cut apple effected by (a) edible coating and (b) thin film mix with antibrowning agent (ascorbic acid, citric acid and honey)

ประสิทธิภาพของโอโซนต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

Efficacy of Ozone on Controlling of Microbial and the Quality of *Dendrobium* Orchid Inflorescenses

ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2]
Jitareerat, P.[1,2] and Uthairattanakij, A.[1,2]

Abstract

The aim of the experiment was to study the effect of ozone (O_3) on the microbial inhibition and qualities of *Dendrobium* inflorescences "Red Sonia". Cell suspension of microbial isolated from vase solution was treated with O_3 gas by ozone generator (capacity 2,500 mgO_3/hr) for 0, 30, 60, 90 and 120 min, O_3 concentrations in cell suspension were measured and analyzed as 0, 0.25, 0.29, 0.34 and 0.41 ppm, respectively. The results showed that 0.25-0.41 ppm O_3 had the greatest effect to inhibit the microbial growth. The application of O_3 on orchid inflorescences was conducted by immersing the stem of inflorescences in distilled water, commercial vase solution and O_3 water for 30 min and then transferred to new containers containing 2%8-HQS+1%Sucrose (SU) solution and distilled water (control) at 25±2ºC for 21 days. Microbial populations in vase solutions of inflorescences immersed in O_3 water and commercial vase solution were significant less than the immersing in distill water and held in distilled water. Microbial growth in vascular bundles of orchid stem held in O_3 water treated inflorescences was not detected. Moreover, the percentage of bud opening of O_3 water treatment tended to increase whereas there were not significant differences in fresh weight, percentage of flower drops, respiration rate and ethylene production among all treatments.

Keywords: ozonated water, *Dendrobium* orchid, vase solution

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของโอโซนที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำปักแจกันและคุณภาพของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ Red Sonia ทำโดยปล่อยก๊าซโอโซนที่กำลังผลิต 2,500 mgO_3/hr ลงในเซลล์แขวนลอยของเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำปักแจกัน นาน 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที ซึ่งจะได้น้ำโอโซนความเข้มข้นเท่ากับ 0, 0.25, 0.29, 0.34 และ 0.41 ppm ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.25-0.41 ppm สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับช่อดอกกล้วยไม้ โดยแช่ก้านช่อดอกในน้ำกลั่น น้ำยาการค้าและน้ำโอโซน นาน 30 นาที แล้วย้ายมาปักในสารละลาย 2% 8-HQS+1%Sucorse (SU) ที่อุณหภูมิ 25±2°C นาน 21 วัน เปรียบเทียบกับการปักช่อดอกในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ในสารละลายปักแจกันของช่อดอกที่แช่ในน้ำโอโซนและน้ำยาทางการค้ามีปริมาณน้อยกว่าในช่อดอกที่แช่ในน้ำกลั่นก่อนปักใน 2%8-HQS+1%SU และช่อดอกที่ปักในน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าช่อดอกที่แช่ในน้ำโอโซนเท่านั้นที่ตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ภายในท่อลำเลียงน้ำ-อาหารของช่อดอก นอกจากนี้น้ำโอโซนมีผลทำให้ดอกตูมมีแนวโน้มบานเพิ่มขึ้น ในขณะที่น้ำหนักสดของช่อดอก การหลุดร่วงของดอกย่อย อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของช่อดอกในระหว่างการปักแจกันไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละทรีตเมนท์

คำสำคัญ: น้ำโอโซน สารละลายปักแจกัน *Dendrobium* orchid

คำนำ

ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ช่อดอกกล้วยไม้มีอายุการใช้งานสั้นคือ การอุดตันของก้านช่อดอกที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บริเวณก้านช่อดอกตั้งแต่ในแปลง มีผลทำให้ดอกกล้วยไม้ไม่สามารถดูดน้ำขึ้นไปหล่อเลี้ยงช่อดอกได้ ปัจจุบันการส่งออกกล้วยไม้นิยมแช่ (pulsing) ก้านช่อดอกในน้ำยายืดอายุ ซึ่งมักมีส่วนประกอบของสารซิลเวอร์ไนเตรตเพื่อ

[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 สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษากรุงเทพ 10400
[2] Postharvest Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

ควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำปักแจกัน แต่สารดังกล่าวมีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการศึกษาหาแนวทางอื่นที่ปลอดภัยและไม่เป็นอันตรายจึงเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้ประกอบการ เพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศคู่ค้าที่ไม่อนุญาตให้ใช้สารซิลเวอร์ไนเตรต มีรายงานว่าโอโซนมีศักยภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์สูง เนื่องจากโอโซนเป็น oxidizing agent ที่แรง มีผลทำลายเอ็นไซม์ กรดนิวคลีอิค องค์ประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย ทำลายเยื่อหุ้มของสปอร์เชื้อราและ capsids ของเชื้อไวรัส (Khadre และคณะ, 2001; Guzel-Seydim และคณะ, 2004) ดังนั้นโอโซนจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับก้านช่อดอกก่อนนำไปปักในสารละลายปักแจกันได้

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำปักแจกันดอกกล้วยไม้ที่ความเข้มข้น 9.0 log_{10}CFU/ml ปริมาตร 300 มิลลิลิตร มาใส่ในขวดแก้วที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นจุ่มท่อสายยางลงในขวดและปล่อยก๊าซโอโซนจากเครื่องกำเนิดโอโซนที่กำลังการผลิต 2,500 mgO_3/hr ผ่านลงในเซลล์แขวนลอยของเชื้อนาน 0 (control), 30, 60, 90 และ 120 นาที จากนั้นดูดเซลล์แขวนลอยของเชื้อจำนวน 0.1 มิลลิลิตร มาหยดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar เกลี่ยให้ทั่วและบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 27°C นาน 48 ชั่วโมง จึงตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อ รายงานผลเป็นหน่วย log_{10}CFU/ml และวิเคราะห์ความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายในน้ำด้วยวิธี Indigo colorimetric method ซึ่งแต่ละทรีตเมนท์ทำ 3 ซ้ำ

นำช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย Red Sonia มาตัดก้านช่อดอกใต้น้ำสะอาดให้มีความยาวของก้านจากปลายก้านถึงดอกย่อยดอกล่างสุดเท่ากับ 15 เซนติเมตร จากนั้นแช่ก้านช่อดอกลงในน้ำกลั่น (control1) น้ำยาปักแจกันทางการค้า (Flora life) และน้ำโอโซน นาน 30 นาที แล้วย้ายไปปักในสารละลาย 2% 8-HQS+ 1%SU ที่ 25±2°C นาน 21 วัน เปรียบเทียบกับการปักช่อดอกในน้ำกลั่นตลอดเวลา (control2) วางแผนการทดลองแบบ CRD แต่ละทรีตเมนท์ มี 10 ซ้ำ (ช่อดอก) และบันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน ดังนี้ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำปักแจกัน ระยะทางที่เชื้อสามารถเจริญเข้าไปในก้านช่อดอก เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม เปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของดอกย่อย น้ำหนักสดของช่อดอก อัตราการหายใจและการผลิตเอทธิลีน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จากน้ำปักแจกันบนอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าการปล่อยก๊าซโอโซนลงในเซลล์แขวนลอยของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นเวลา 30 60 90 และ 120 นาที มีผลทำให้มีปริมาณโอโซนที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 0.25 0.29 0.34 และ 0.41 ppm ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของโอโซนในน้ำตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป มีผลทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ (Table 1) ทั้งนี้เพราะโอโซนมีผลทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งมีไกลโคโปรตีน ไกลโคไลปิดเป็นองค์ประกอบ ตลอดจนมีผลทำลายกรดอะมิโน เช่น tryptophan ซึ่งจะมีความไวต่อโอโซนมากกว่ากรดอะมิโนชนิดอื่น (Green และคณะ, 1993) และโอโซนยังมีประสิทธิภาพในการทำลายกรดอะมิโนซิสเตอีน (cysteine) โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มไทออล (thiol group) ของซิสเตอีน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนำไปสู่การเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีน นอกจากนี้โอโซนสามารถออกซิไดส์โปรตีนที่ตำแหน่ง sulfhydryl groups ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์สูญเสียหน้าที่และโครงสร้างได้รับความเสียหาย (Khadre และคณะ, 2001; Guzel-Seydim และคณะ, 2004)

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำโอโซนเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อที่ปลายก้านช่อดอกและผลกระทบที่มีต่อคุณภาพของช่อดอก เปรียบเทียบกับช่อดอกที่แช่ในน้ำกลั่น และน้ำยาทางการค้าก่อนนำไปปักในสารละลาย 2%HQ+1%SU และช่อดอกที่ปักไว้ในน้ำกลั่นตลอดเวลา พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในสารละลายปักแจกันช่อดอกกล้วยไม้ทุกทรีตเมนท์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1a) แต่พบว่าในวันที่ 3-5 ของการปักแจกัน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในสารละลายปักแจของช่อดอกที่แช่ในน้ำโอโซนและน้ำยาทางการค้า มีปริมาณน้อยที่สุดคือเท่ากับ 6.26 และ 6.30 log_{10}CFU/mL ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติกับช่อดอกกล้วยไม้ที่แช่ในน้ำกลั่น (6.48 log_{10}CFU/ml) และช่อดอกที่ปักในน้ำกลั่นตลอดเวลา (6.73 log_{10}CFU/ml) การที่ช่อดอกที่แช่ในน้ำโอโซนมีแนวโน้มว่ามีปริมาณเชื้อในสารละลายปักแจกันน้อยที่สุดในระหว่างการปักแจกันและมีค่าใกล้เคียงกับการแช่ก้านช่อดอกในน้ำยาทางการค้านั้น อาจเป็นผลเนื่องจากโมเลกุลของโอโซนเข้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่อยู่ในเซลล์จุลินทรีย์ หรือโอโซนเกิดการแตกตัวให้อนุมูลอิสระที่มีผลเข้าทำลายเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง (Hunt และ Marinas, 1997) ช่อดอกที่แช่ในน้ำโอโซนแล้วย้ายไปปักในสารละลาย 2%8-HQS +1%SU นาน 21 วัน ไม่พบการเจริญของเชื้อภายในก้านช่อดอก ในขณะที่ช่อดอกในทรีตเมนท์อื่นๆ

พบว่าเชื้อสามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปในท่อน้ำและอาหารของช่อดอกได้สูงมากกว่า 5 เซนติเมตร (ไม่ได้แสดงผล) ด้านคุณภาพของช่อดอกพบว่าช่อดอกในทุกทรีตเมนท์มีเปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูมเพิ่มขึ้นตลอดอายุการปักแจกัน (Figure 1b) และช่อดอกที่แช่ในน้ำโอโซนมีการบานเพิ่มของดอกตูมไม่แตกต่างทางสถิติกับช่อดอกที่แช่ในน้ำกลั่นและน้ำยาทางการค้า นอกจากนี้พบว่าการแช่ก้านช่อดอกในน้ำโอโซนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอกเมื่อเทียบกับน้ำยาปักแจกันทางการค้า แต่มีน้ำหนักสดสูงกว่าช่อดอกที่แช่และปักในน้ำกลั่น (Figure 1c) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของดอกย่อย อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของช่อดอกในระหว่างการปักแจกันไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละทรีตเมนท์ (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

สรุปผล

น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.25 ppm ขึ้นไป สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์จากน้ำปักแจอย่างสมบูรณ์ การแช่ก้านช่อดอกกล้วยไม้ Red Sonia ในน้ำโอโซนนาน 30 นาที (หรือมีความเข้มข้น 0.25 ppm) แล้วย้ายมาปักใน 2%8-HQS+1%SU นาน 21 วัน ไม่มีผลลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในสารละลายปักแจกันได้ แต่พบว่าภายในท่อลำเลียงน้ำและอาหารของก้านช่อดอกที่แช่ในน้ำโอโซนตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อภายในท่อลำเลียง และพบว่าการแช่ปลายก้านช่อดอกในน้ำโอโซนก่อนปักในสารละลายเคมีมีผลทำให้ดอกตูมมีแนวโน้มบานเพิ่มขึ้น และช่อดอกมีน้ำหนักสดสูงกว่าช่อดอกที่แช่ในน้ำกลั่น แต่การแช่ในปลายก้านช่อดอกในน้ำโอโซนไม่มีผลต่ออัตราการหายใจและการผลิตเอทธิลีนเมื่อเปรียบเทียบกับช่อดอกที่แช่ในน้ำยาทางการค้าและในน้ำกลั่น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

Green, A.K., Ffew, B.K. and Serafini, J.C., 1993, Ozonated vs Chlorinated Sanitization of Stainless Steel Surfaces Soiled with Milk Spoilage Organism, Food Technology, 5: 72-75.

Guzel-Seydim, Z.B., Greeneb, A.K. and Seydima, A., 2004, Use of Ozone in the Food Industry, Lebensm.-Wis-U.Technology, 37: 453-460.

Hunt, N.K. and Marinas, B.J., 1997, Kinetics of *Escherichai coli* Inactivation with Ozone, Water research, 31: 1355-1362.

Khadre, M.A., Yousef, A.E. and Dave, S., 2001, Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review, Journal of Food Science, 66: 1242-1252.

Table 1 Effect of ozone on bacterial population isolated from vase solution of *Dendrobium* orchid inflorescence. The cell suspension of bacteria was treated with ozone for 0, 30, 60, 90 and 120 min.

Duration (min)	O_3 concentration in sol (ppm)	Total Microorganism (log CFU/ml)
0 (control)	0	4.0
30	0.25	ND
60	0.29	ND
90	0.34	ND
120	0.41	ND

Note : ND means non-detection.

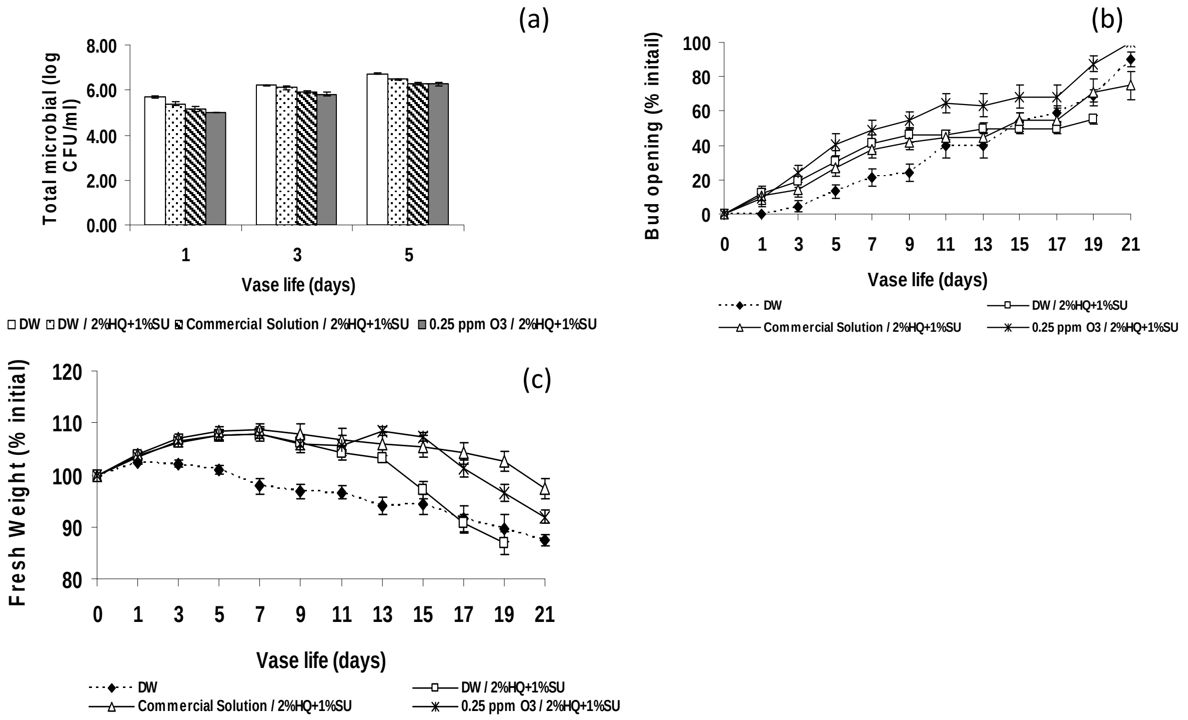


Figure 1 Effect of ozonated water at 0.25 ppm for controlling the microbial population in vase solution (a), percent of bud opening (b) and fresh weight (c) of *Dendrobium* Red Sonia inflorescences held at 25±2ºC.

ผลของรังสีแกมมาและบรรจุภัณฑ์ต่อโรคผลเน่าและคุณภาพของผลเงาะ

Effects of Gamma Ray and Packaging on Fruit Rot Diseases and Qualities of Rambutan Fruit

ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1,2] และ วาริช ศรีละออง[1,2]

Jitareerat, P.[1,2], Uthairatanakij, A.[1,2], Photchanachai, S.[1,2] and Srilaong, V.[1,2]

Abstract

The effects of gamma irradiation and packaging on fruit rot diseases and qualities of rambutan fruits cv. Rong-Rien were investigated. The fruits were packaged in various types of packaging, i.e. net bag, clamshell box, PE bag and foam tray with PVC film wrapping. Fruits in each package were irradiated with gamma ray at 360-440 Gy before storage at 13°C for 4 days and then transffered to 25°C for 3-5 days. Non-irradiated fruits packaged from each type of package were served as controls. The results revealed that gamma irradiation could delay the incidence and severity of fruit rot diseases compared with non-irradiated fruits, particularly the fruits kept in foam tray with PVC wrapping did not show any rotting symptom even after they were transferred to 25°C for 3 days. PE bag was the best package to retard water loss of fruits. However, there were no significant differences of TSS/TA ratio and the score of wilting and blackening of rambutan spinterns between irradiated and non irradiated fruits. Gamma irradiation was able to delay ethylene production of rambutan fruits whereas the packaging types did not affect the ethylene production. Both of gamma irradiation and packaging types did not affect the changes of respiration rate and anthocyanin content of fruit pericarp compared with that of control.

Keywords: net bag, packaging, fruit rot, gamma ray, PVC film, polyethylene, clamshell box

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมากับบรรจุภัณฑ์ต่อโรคผลเน่าและคุณภาพของเงาะพันธุ์โรงเรียน โดยบรรจุผลเงาะลงในถุงตาข่าย กล่องพลาสติก Clamshell ถุงพลาสติก PE หรือถาดโฟมที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC จากนั้นนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 373-464 เกรย์ ก่อนเก็บรักษาที่ 13°ซ นาน 4 วัน แล้วย้ายออกวางที่ 25°ซ นาน 3-5 วัน โดยเงาะที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ แต่ไม่ฉายรังสีแกมมาใช้เป็นชุดควบคุม ผลการทดลองพบว่าการฉายรังสีแกมมาช่วยชะลอการเกิดโรคผลเน่าและความรุนแรงของโรคได้ ในขณะที่เงาะที่บรรจุในถุงตาข่ายมีเปอร์เซ็นต์เกิดโรคและระดับความรุนแรงของโรคมากที่สุด ส่วนเงาะที่เก็บในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ไม่พบการเน่าเสียแม้ว่าจะย้ายออกมาไว้ที่ 25°ซ นาน 3 วัน การบรรจุเงาะในถุง PE ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดีที่สุด เงาะที่ฉายและไม่ฉายรังสีแกมมามีอัตราส่วน TSS/TA คะแนนการเหี่ยวและดำของขนผลเงาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การฉายรังสีแกมมาสามารถช่วยชะลอการผลิตเอทิลีนได้ ในขณะที่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลกระทบต่อการผลิตเอทิลีนของเงาะ นอกจากนี้ การฉายรังสีและชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจและการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินของเปลือกเงาะเมื่อเทียบกับเงาะชุดควบคุม

คำสำคัญ: ถุงตาข่าย บรรจุภัณฑ์ ผลเน่า รังสีแกมมา ฟิล์มพีวีซี โพลีเอทิลีน กล่องแบบฝาหอย

คำนำ

การฉายรังสีแกมมากับผลิตผลทางการเกษตรเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้เพื่อการควบคุมโรคและแมลงที่ติดไปกับผลิตผลสด ในปัจจุบันการส่งผลไม้ไปจำหน่ายในประเทศสหรัฐอเมริกาจำเป็นต้องผ่านการฉายรังสีแกมมาก่อน เงาะเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ได้อนุญาตให้นำเข้าได้ แต่ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของเงาะที่ฉายรังสีแกมมามีน้อย ทำให้ผู้ส่งออกไม่กล้าตัดสินใจลงทุน ประกอบกับเงาะเกิดการสูญเสียน้ำง่าย ทำให้ขนเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีดำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากโครงสร้าง

[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 สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษากรุงเทพ 10400

[2] Postharvest Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

ของเปลือกและขนมีลักษณะอวบน้ำและมีปากใบจำนวนมาก จึงเป็นช่องทางที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำได้มาก (Mendoza และคณะ, 1972; สายชล, 2528) ตลอดจนปัญหาการเน่าเสียจากเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา จึงเป็นเหตุทำให้เงาะมีอายุการรักษาสั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาร่วมกับบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของเงาะพันธุ์โรงเรียน ซึ่งข้อมูลจากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจของผู้ประกอบการส่งออกเงาะไปจำหน่ายในสหรัฐอเมริกาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลเงาะพันธุ์โรงเรียนในระยะ 3 สี ขนส่งโดยรถห้องเย็นที่อุณหภูมิ 13°ซ มายังห้องปฏิบัติการ ทำการจุ่มผลเงาะในสารป้องกันกำจัดเชื้อราโปรคลอราซ 500 ppm ผึ่งลมพอหมาด แล้วบรรจุในถุงตาข่าย กล่อง Clamshell (PET) ถุง PE และถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC จำนวน 6 ผลต่อแพ็ค นำเงาะที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมาใส่ในกล่องกระดาษลูกฟูกจำนวน 15-18 แพ็คต่อกล่อง และแบ่งเงาะออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) นำไปฉายรังสีแกมมาที่ 373-464 Gy 2) เงาะที่ไม่ได้ฉายรังสีแกมมา (ชุดควบคุม) จากนั้นเก็บรักษาเงาะไว้ที่ 13°ซ เพื่อจำลองการขนส่งทางอากาศนาน 4 วัน แล้วย้ายออกวางไว้ที่ 25°ซ เพื่อจำลองการวางจำหน่าย นาน 6 วัน วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD บันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน ดังนี้ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรคผลเน่า การสูญเสียน้ำหนัก อัตราส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรดได้ (TSS/TA) คะแนนการเหี่ยวและดำของขน อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และปริมาณแอนโธไซยานินในเปลือก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคผลเน่าของผลเงาะที่ฉายและไม่ฉายรังสีแกมมามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยเงาะที่ฉายรังสีมีแนวโน้มการเกิดโรคต่ำกว่าเงาะที่ไม่ได้ฉายรังสี (Table 1) โดยเฉพาะในวันที่แรกของการเก็บรักษาและหลังจากย้ายออกมาวางที่ 25 °ซ นาน 3 วัน (4+3 วัน) Bai-Golang (2001) รายงานว่ารังสีแกมมานอกจากช่วยควบคุมแมลงศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในผลผลิตแล้วยังช่วยลดการเกิดโรคได้ด้วย สำหรับผลร่วมของการฉายรังสีกับชนิดภาชนะบรรจุ พบว่าเงาะที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ไม่พบการเน่าเสียในระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่ายนาน 3 วัน เนื่องจาก PVC เป็นฟิล์มที่ยอมให้ไอน้ำผ่านเข้าออกได้ จึงไม่เกิดการสะสมความชื้นภายในภาชนะ ทำให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับความรุนแรงของโรค คือการฉายรังสีช่วยลดความรุนแรงของโรคได้ (Table 2) Drake และคณะ (2003) พบว่ารังสีแกมมาสามารถลดการเน่าเสียของแอปเปิ้ลและสาลีได้ ในขณะที่ Arjona และคณะ (1994) พบว่าผลเสาวรสที่บรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มฟิล์ม PVC VF-60 ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี การบรรจุเงาะในถุง PE มีการสูญเสียน้ำหนักสดต่ำสุดแต่เกิดการเน่าเสียสูงสุด ส่วนเงาะในถุงตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักสดสูงสุด การฉายรังสีมีแนวโน้มว่าทำให้เงาะมีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น (Table 3) การฉายรังสีร่วมกับบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อค่า TSS/TA (ไม่ได้แสดงข้อมูล) การเหี่ยว-ดำของขนเงาะที่ฉายและไม่ฉายรังสีโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าเงาะที่บรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วย PVC หรือกล่อง Chamshell มีคะแนนการเหี่ยว-ดำของขนน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) เงาะที่ฉายรังสีมีอัตราการหายใจสูงกว่าเงาะที่ไม่ฉายรังสีเฉพาะวันแรกหลังจากที่ได้รับรังสีเท่านั้น ทั้งนี้อาจเพราะรังสีทำให้เกิดสภาวะเครียดกับผลเงาะ ในทางตรงกันข้ามการฉายรังสีมีผลชะลอการผลิตเอทิลีนแต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการผลิตเอทิลีนของเงาะ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ผลของรังสีแกมมาร่วมกับชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินตลอดอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่าย (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

สรุปผล

การฉายรังสีแกมมาชะลอการเกิดโรคและลดความรุนแรงของโรคผลเน่าของเงาะได้แต่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ทั้งนี้บรรจุภัณฑ์ที่ช่วยชะลอการเน่าเสียของเงาะที่ฉายรังสีได้ดีที่สุดคือการใช้ถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ส่วนเงาะที่บรรจุในถุง PE มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดแต่พบการเน่าเสียสูงสุด การฉายรังสีแกมมาไม่มีผลกระทบต่อค่า TSS/TA และคะแนนการเหี่ยวและดำของขนเงาะ การฉายรังสีและชนิดบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจและปริมาณแอนโธไซยานิน แต่การฉายรังสีชะลอการผลิตเอทิลีนของเงาะได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

Arjona, H.E., Matta, F.B. and Garner, J.O., 1994, Wrapping in Polyvinyl Chloride Film Slows Quality Loss of Yellow Passion Fruit, HortScience, 29: 295-296.

Drake, S.R., Neven, L.G., Sanderson, P.G., 2003, Carbohydrate Concentrations of Apples and Pears as Influenced by Irradiation as a Quarantine Treatment, Journal of Food Processing and Preservation, 27(3): 165–172.

Mendoza, D.B., Pantastico, JR. E.R.B. and Javier, F.B., 1972, Storage and Handling of Rambutan, Philippine Agriculture, 55: 322-332.

Table 1 Disease incidence of fruit rot of rambutan fruits which were packaged in the different types of packaging prior irradiating with gamma ray. All fruits were kept at 13°C for 4 days and transferred to 25°C for 1 (4+1), 3 (4+3) and 5 (4+5) days.

Treatment		Disease incidence (%) [1/]					
		Day of storage at 13°C and shelf life at 25°C (days)					
		0	1	4	4+1	4+3	4+5
Irradiation		0.00	8.33^{b}	33.33	41.67	58.33^{b}	97.22
Non-Irradiation		0.00	22.02^{a}	36.11	58.33	84.72^{a}	100.00
F-test		-	**	NS	NS	**	NS
Packaging	Net bag	0.00	22.22^{b}	44.44	61.11	83.33	100.00
	Clamshell	0.00	16.65^{b}	38.88	61.11	88.89	100.00
	PE bag	0.00	33.02^{a}	44.44	66.66	88.89	100.00
	Foam tray + PVC	0.00	16.20^{b}	16.66	44.44	77.77	100.00
F-test		-	**	NS	NS	NS	NS
Irradiation x Packaging	Net bag	0.00	33.33^{a}	66.67^{a}	66.67^{a}	83.33^{a}	100.00^{a}
	Clamshell	0.00	0.00^{b}	33.33^{abc}	66.67^{a}	83.33^{a}	88.88^{b}
	PE bag	0.00	0.00^{b}	33.33^{abc}	33.33^{ab}	66.67^{a}	100.00^{a}
	Foam tray + PVC	0.00	0.00^{c}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{b}	100.00^{a}
Non-Irradiation x Packaging	Net bag	0.00	22.22^{a}	44.44^{ab}	61.11^{a}	83.33^{a}	100.00^{a}
	Clamshell	0.00	16.65^{ab}	38.89^{ab}	61.11^{a}	88.89^{a}	100.00^{a}
	PE bag	0.00	33.02^{a}	44.44^{ab}	66.66^{a}	88.89^{a}	100.00^{a}
	Foam tray + PVC	0.00	16.20^{ab}	16.66^{bc}	44.44^{ab}	77.77^{a}	100.00^{a}
F-test		-	**	*	NS	**	*

[1/] means of data in each column with the small letters at the end are indicated the statistic differences between treatments,
NS = no significant difference.

Table 2 Disease severity of fruit rot of rambutan fruits which were packaged in the different types of packaging prior irradiating with gamma ray. All fruits were then kept at 13°C for 4 days and transferred to 25°C for 1 (4+1), 3 (4+3) and 5 (4+5) days.

Treatment		Disease severity (score) [1/]					
		Day of storage at 13°C and shelf life at 25°C (days)					
		0	1	4	4+1	4+3	4+5
Irradiation		0.00	0.17^{b}	0.50^{b}	0.71^{b}	1.50^{a}	2.97^{b}
Non-Irradiation		0.00	0.58^{a}	1.08^{a}	1.44^{a}	2.31^{a}	4.07^{a}
F-test		-	*	**	**	NS	*
Packaging	Net bag	0.00	1.00	1.00	1.66	3.00	5.00^{a}
	Clamshell	0.00	0.33	1.33	1.38	2.30	3.77^{b}
	PE bag	0.00	0.66	1.00	1.16	2.25	3.94^{b}
	Foam tray + PVC	0.00	0.33	1.00	1.56	1.68	3.55^{b}
F-test		-	NS	NS	NS	NS	**
Irradiation x Packaging	Net bag	0.00	0.66	1.00	1.50^{a}	2.33^{ab}	4.22^{ab}
	Clamshell	0.00	0.00	0.33	0.66^{bc}	0.66^{bc}	2.00^{c}
	PE bag	0.00	0.00	0.66	0.66^{bc}	3.00^{a}	3.00^{abc}
	Foam tray + PVC	0.00	0.00	0.00	0.00^{c}	0.00^{c}	2.66^{bc}
Non-Irradiation x Packaging	Net bag	0.00	1.00	1.00	1.66^{a}	3.00^{a}	5.00^{a}
	Clamshell	0.00	0.33	1.33	1.39^{ab}	2.30^{ab}	3.77^{abc}
	PE bag	0.00	0.66	1.00	1.16^{ab}	2.25^{ab}	3.94^{abc}
	Foam tray + PVC	0.00	0.33	1.00	1.56^{a}	1.68^{abc}	3.55^{abc}
F-test		-	NS	NS	*	*	NS

[1/] means of data in each column with the small letters at the end are indicated the statistic differences between treatments,
NS = no significant difference.

Table 3 Weight loss of rambutan fruits which were packaged in the different types of packaging prior irradiating with gamma ray. All fruits were then kept at 13°C for 4 days and transferred to 25°C for 1 (4+1), 3, 4+3) and 5 (4+5) days.

Treatment		Weight loss (%) [1/]				
		Day of storage at 13°C and shelf life at 25°C (days)				
		1	4	4+1	4+3	4+5
Irradiation		0.422	0.828	3.311^{a}	6.085	2.000^{a}
Non-Irradiation		0.044	0.232	1.910^{b}	3.460	1.167^{b}
F-test		NS	NS	*	NS	*
Packaging	Net bag	1.481^{a}	2.549^{a}	8.786^{a}	15.550^{a}	1.500
	Clamshell	0.142^{b}	0.442^{b}	2.080^{b}	3.948^{b}	1.500
	PE bag	0.125^{b}	0.126^{b}	1.015^{c}	1.948^{c}	1.500
	Foam tray + PVC	0.043^{b}	0.301^{b}	2.167^{b}	4.00^{b}	1.667
F-test		*	*	**	**	NS
Irradiation x Packaging	Net bag	0.000	1.967^{b}	2.609^{b}	8.139^{b}	14.112^{a}
	Clamshell	0.000	0.390^{c}	0.775^{c}	2.402^{c}	4.425^{b}
	PE bag	0.000	0.048^{c}	0.136^{c}	0.958^{de}	1.845^{c}
	Foam tray + PVC	0.000	0.278^{c}	0.448^{c}	2.337^{c}	4.253^{b}
Non-Irradiation x Packaging	Net bag	0.000	8.611^{a}	8.611^{a}	14.66^{a}	-
	Clamshell	0.000	0.046^{c}	0.256^{c}	1.74^{cde}	3.066^{bc}
	PE bag	0.000	0.026^{c}	0.093^{c}	0.641^{e}	1.258^{c}
	Foam tray + PVC	0.000	0.042^{c}	0.208^{c}	2.078^{cd}	3.853^{b}
F-test		-	**	**	**	**

[1/] means of data in each column with the small letters at the end are indicated the statistic differences between treatments,
NS = no significant difference.

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกด้วยวิธี Osmopriming
Germination Enhancement of Pepper Seed by Osmopriming

นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]
Charoensrisumphan, N.[1], Kaewsorn, P.[1] and Chulaka, P.[1]

Abstract

Commercial seedling production of pepper is often found the problems with low seed germination, delayed germination and non-uniformity. Therefore, this research was to study the germination enhancement of pepper seed by osmopriming. Experiments were divided into 2 parts. The experiment 1 was effects of type and concentration of chemical solution on seed quality, which was designed in CRD with 11 treatments followed as: (1) non-soaked seed (control) (2) water (3-5) 0.2, 2 and 3% KNO_3 (6-8) 0.01, 0.015 and 0.05% GA_3 (9-11) 0.005, 0.01 and 0.015% salicylic acid (SA). Seeds were soaked in the solution for 7 hours. The experiment 2 was effects of chemical solution and seed incubation time on seed quality, which was designed by 4x3 Factorial in CRD. Factor 1 was chemical solutions: 3% KNO_3, 0.015% GA_3 and 0.015% SA compared with water (control). Seeds were soaked for 7 hours with 45 minutes per hour of aeration. Factor 2 was seed incubation time: 0 1 and 2 days at 25^{o}C and 100% RH. The results from the first experiment showed that seed soaking in 0.015% GA_3 tended to gave the highest germination in both laboratory (LAB) and greenhouse (GH) (75.00 and 69.50%, respectively) and shortest mean germination time (MGT) (10.17 days) while non-soaked seed (control) and soaked seed in water had lowest germination (51 and 54%, respectively) and longest MGT (12.26 and 12.67 days, respectively). In the experiment 2, the results revealed that primed seeds in 0.015% GA_3 tended to gave highest germination in both LAB and GH (70.50 and 88.16%, respectively) and shortest MGT (9.12 days). Moreover, seed incubating for 1 day gave higher germination and shorter MGT than non-incubation.

Keywords: pepper seed, germination, seed priming, seed incubation

บทคัดย่อ

การผลิตต้นกล้าพริกเป็นการค้ามักพบปัญหาเมล็ดมีความงอกต่ำ งอกช้า และไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกด้วยวิธี Osmopriming โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริก วางแผนการทดลองแบบ CRD แบ่งเป็น 11 ทรีทเมนต์ คือ (1) เมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) (2) น้ำ (3-5) KNO_3 0.2, 2 และ 3% (6-8) GA_3 0.01, 0.015 และ 0.05% (9-11) SA 0.005, 0.01 และ 0.015% โดยแช่เมล็ดในสารละลายเป็นเวลา 7 ชั่วโมง การทดลองที่ 2 ผลของชนิดสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มเมล็ดต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ 4 x 3 Factorial in CRD ปัจจัยแรกคือ ชนิดของสารเคมี ได้แก่ KNO_3 3%, GA_3 0.015% และ SA 0.015% เปรียบเทียบกับน้ำ (control) โดยแช่เมล็ดเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง ปัจจัยที่สองคือ ระยะเวลาการบ่มเมล็ด ได้แก่ 0 1 และ 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ผลการทดลองที่ 1 พบว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 0.015% มีแนวโน้มทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด (75.00 และ 69.50% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (10.17 วัน) ส่วนเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) และเมล็ดที่แช่ในน้ำมีความงอกต่ำที่สุด (51 และ 54% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด (12.26 และ 12.67 วัน ตามลำดับ) ส่วนผลการทดลองที่ 2 พบว่าเมล็ดที่ถูกกระตุ้นความงอกด้วยการแช่เมล็ดสารละลาย GA_3 0.015% มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด (70.50 และ 88.16% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (9.12 วัน) นอกจากนี้การบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 วัน ทำให้ความงอกของเมล็ดสูงกว่า และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่บ่ม

คำสำคัญ: เมล็ดพันธุ์พริก ความงอก การกระตุ้นความงอก การบ่มเมล็ดพันธุ์

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok

คำนำ

พริก (*Capsicum* sp.) เป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศทั่วโลก ทั้งในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น (Poulos, 1993) การปลูกพริกโดยการเพาะกล้าแล้วย้ายปลูกในแปลงเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม เพราะได้ต้นกล้าที่แข็งแรงและใช้เมล็ดพันธุ์น้อยกว่าวิธีอื่นๆ (พิทักษ์, 2540) แต่ปัญหาที่เกษตรกรผู้ปลูกพริกมักพบอยู่เสมอคือ เมล็ดพริกมีความงอกต่ำ งอกช้า และงอกไม่สม่ำเสมอ ทำให้กำหนดแผนการปลูกได้ยาก (Bradford, 1986) ซึ่ง Osmopriming เป็นวิธีกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์วิธีหนึ่งที่ได้รับความสนใจ โดยการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำในระดับที่ต่ำ เพื่อชะลอการดูดน้ำของเมล็ดให้ช้าลง (McDonald, 2000) ดังนั้นความสำเร็จของการกระตุ้นความงอกด้วยวิธีนี้จึงขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดและความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่เมล็ด รวมถึงการลดความชื้นหลังกระบวนการกระตุ้นความงอกแล้ว (Bradford, 1986) เมื่อนำเมล็ดไปปลูกเมล็ดจะงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น (Varier และคณะ, 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลาย รวมถึงระยะเวลาในการบ่มเมล็ดที่เหมาะสมต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริก เพื่อทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น อีกทั้งยังใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในธุรกิจการผลิตต้นกล้าพริกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริก

นำเมล็ดพันธุ์พริกแช่ในสารละลายเป็นเวลา 7 ชั่วโมง โดยใช้เมล็ด 50 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร (วิลาสินี, 2547) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งเป็น 11 ทรีทเมนต์ คือ (1) เมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) (2) น้ำ (3-5) KNO_3 ความเข้มข้น 0.2, 2 และ 3% (6-8) GA_3 ความเข้มข้น 0.01, 0.015 และ 0.05% (9-11) Salicylic acid (SA) ความเข้มข้น 0.005, 0.01 และ 0.015% ทำการทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Top of paper จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ที่อุณหภูมิสลับ 20-30 องศาเซลเซียส ประเมินความงอกตามหลักการของ International Seed Testing Association (ISTA, 2010) โดยนับครั้งแรก 4 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย 14 วันหลังเพาะเมล็ด บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความงอก (%) เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน) (Ellis และ Roberts, 1980) และทดสอบความงอกในสภาพโรงเรือน โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ แล้วคำนวณความงอกเป็นเปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 ผลของชนิดสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มเมล็ดต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริก

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 3 Factorial in CRD โดยปัจจัยแรกคือ ชนิดของสารเคมี ได้แก่ KNO_3 3%, GA_3 0.015% และ Salicylic acid (SA) 0.015% เปรียบเทียบกับน้ำ (control) ปัจจัยที่สองคือ ระยะเวลาการบ่มเมล็ด ได้แก่ 0 1 และ 2 วัน นำเมล็ดพันธุ์พริกแช่ในสารละลายเป็นเวลา 7 ชั่วโมง โดยใช้เมล็ด 50 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง (ประเสริฐ, 2542) จากนั้นนำเมล็ดมาแช่ในสาร mancozeb ความเข้มข้น 0.2 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที เพื่อป้องกันเชื้อรา แล้วนำเมล็ดมาล้างผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำเมล็ดมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นเวลา 0 1 และ 2 วัน แล้วนำเมล็ดมาลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 วัน (วิลาสินี, 2547) ทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือน และบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายมีผลทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการและเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความงอกในสภาพโรงเรือนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 0.015% และ SA 0.015% ทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการสูงที่สุดคือ 75.00 และ 71.50% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 2 และ 3%, SA 0.005 และ 0.01% และ GA_3 0.01% เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีความงอกต่ำที่สุดคือ 51.00% หรือการแช่เมล็ดในน้ำมีความงอกเพียง 54% เนื่องจาก GA_3 ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เช่น α- และ β-amylase ผ่านชั้น aleurone ซึ่งเกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอาหารสะสมของเมล็ด (Copeland และ McDonald, 1995) ส่วน SA มีส่วนช่วยในการขยายขนาดของเซลล์ และส่งเสริมให้ระดับของ hydrogen peroxide (H_2O_2) เพิ่มขึ้น ซึ่ง H_2O_2 สามารถกระตุ้นการงอกและการหายใจของเมล็ดได้ (Harfouche และคณะ, 2007) ส่วนความงอกในสภาพโรงเรือนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 1) โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 0.015% มีแนวโน้มทำให้ความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดคือ 69.50% ส่วนการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 2% มีแนวโน้มความงอกในสภาพโรงเรือนต่ำที่สุดคือ 48.00% ในขณะที่ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 0.05 และ 0.015% มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 9.77 และ 10.17 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่แช่ในน้ำ เมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 0.2% และเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้า

ที่สุดคือ 12.67 12.39 และ 12.26 วัน ตามลำดับ สอดคล้องกับ เบญจรงค์ (2550) รายงานการแช่เมล็ดพริกในสารละลายจิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 0.03% มีค่าดัชนีการงอกสูงกว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.5% แสดงว่าเมล็ดงอกได้เร็วกว่า ดังนั้นการแช่เมล็ดพริกในสารละลาย GA_3 0.015% มีแนวโน้มทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (Table 1)

ชนิดสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มเมล็ดมีผลต่อความงอกในห้องปฏิบัติการ ความงอกในสภาพโรงเรือน และเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยการกระตุ้นความงอกในน้ำ (control) และสารละลาย GA_3 0.015% ทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการสูงที่สุดคือ 76.16 และ 70.50% ตามลำดับ ส่วนสารละลาย SA 0.015% และ KNO_3 3% มีความงอกต่ำที่สุดคือ 62.33 และ 67.00% ตามลำดับ อาจเนื่องจากระดับความเข้มข้นของสารละลาย SA และ KNO_3 ยังไม่เหมาะสม จึงส่งผลให้มีความงอกลดลง การกระตุ้นความงอกด้วยการแช่น้ำ, สารละลาย GA_3 0.015% และ KNO_3 3% ทำให้ความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 88.33 88.16 และ 86.66% ตามลำดับ ในขณะที่การกระตุ้นความงอกด้วย SA 0.015% มีความงอกในสภาพโรงเรือนต่ำสุดคือ 79.83% ซึ่งสอดคล้องกับความงอกในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด โดยการกระตุ้นความงอกด้วย GA_3 0.015% มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 9.12 วัน ส่วนการกระตุ้นในสารละลาย SA 0.015% และการใช้น้ำมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 9.99 และ 9.70 วัน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์พบว่า การบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 วัน มีผลทำให้เมล็ดงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพแปลงสูงที่สุดคือ 81.63 และ 90.50% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับการไม่บ่มเมล็ดและบ่มเมล็ดเป็นเวลา 2 วัน มีความงอกในห้องปฏิบัติการเพียง 61.50 และ 63.88% ตามลำดับ และความงอกในสภาพโรงเรือน 83.12 และ 83.62% ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งการบ่มเมล็ดในระยะเวลาที่เหมาะสมจะทำให้กระบวนการงอกภายในเมล็ดสามารถดำเนินไปได้อย่างสมบรูณ์มากขึ้น เกิดการซ่อมแซม การสร้าง DNA RNA และโปรตีน รวมถึงผนังเซลล์ของเมล็ด เพื่อใช้ในกระบวนการงอกและยังป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเมล็ดที่เร็วจนเกินไปด้วย (Fujikura และคณะ, 1993) นอกจากนี้ระยะเวลาในการบ่มเมล็ดยังมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด โดยการบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 และ 2 วัน มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 9.26 และ 9.16 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่บ่มมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 10.33 วัน สอดคล้องกับ วิลาสินี (2547) รายงานว่า การบ่มเมล็ดพริกภายหลังจากกระตุ้นความงอกด้วยวิธี hydropriming เป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100% มีผลทำให้ดัชนีการงอกสูงที่สุด แสดงว่าเมล็ดงอกได้เร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 และ 3 วัน เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารละลายกับระยะเวลาการบ่มเมล็ดพบว่า มีอิทธิพลร่วมต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด (Figure 1) โดยการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกในสารละลาย GA_3 0.015% แล้วนำเมล็ดมาบ่มเป็นเวลา 2 วัน มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 8.40 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 0.015% แล้วบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 วัน และการกระตุ้นความงอกในสารละลาย KNO_3 3% ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นเวลา 2 วัน ในขณะที่การกระตุ้นความงอกในสารละลาย SA 0.015% KNO_3 3% และ GA_3 0.015% แล้วไม่บ่มเมล็ด มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 10.21 10.55 และ 10.79 วัน ตามลำดับ ดังนั้นการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกในสารละลาย GA_3 0.015% และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 วัน สามารถทำให้เมล็ดมีความงอกสูง งอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น

สรุปผล

การแช่เมล็ดพริกในสารละลาย GA_3 0.015% หรือการกระตุ้นความงอกเมล็ดในสารละลาย GA_3 0.015% ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 วัน มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด

เอกสารอ้างอิง

เบญจรงค์ ธิกุลวงษ์, 2550, การเปรียบเทียบผลของ KNO_3 และ GA ที่มีต่อความงอกของพริก “บางช้าง 365”, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเสริฐ ประภานภสินธุ์, 2542, การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกด้วยวิธี Hydropriming และ Osmopriming, ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทักษ์ เทพสมบูรณ์, 2540, การปลูกพริก, อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

วิลาสินี รามนัฏ, 2547, การกระตุ้นการงอกเมล็ดพันธุ์พริกโดยวิธี Hydropriming, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bradford, K.J., 1986, Manipulation of Seed Water Relation via Osmotic Priming To Improve Germination under Stress Condition, HortScience, 21: 1105-1112.

Copeland, L.O. and McDonald, M.B., 1995, Seed Science and Technology, Chapman & Hill, New York.

Ellis, R.H. and Roberts, D.J., 1980, The Influence of Temperature and Moisture on Seed Viability Period in Barley (*Hordeum distichum* L.), Ann. Bot., 45: 31-37.

Fujikura, Y., Kraak, H.L., Basra, A.S. and Karssen, C.M., 1993, Hydropriming a Simple and Inexpensive Priming Method, Seed Science and Technology, 21: 369-642.

Harfouche, A.L., Rugini, E., Mencarelli, F., Botondi, R. and Muleo, R., 2007, Salicylic Acid Induces H_2O_2 Production and Endochitinase Gene Expression but not Ethylene Biosynthesis in *Castanea sativa in vitro* Model System, Journal of Plant Physiology, 165: 734-744.

International Seed Testing Association, 2010, International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland.

McDonald, M.B., 2000, Seed Priming, Seed Technology and Its Biological Basic, Sheffield Academic Press, England, pp. 287-325.

Poulos, J.M., 1993, Pepper Breeding, Breeding of Solanaceous and Cole Crops, Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan, pp. 85-151.

Varier, A., Vari, A.K. and Dadlani, M., 2010, The Subcellular Basic of Seed Priming, Current Science, 99: 450-456.

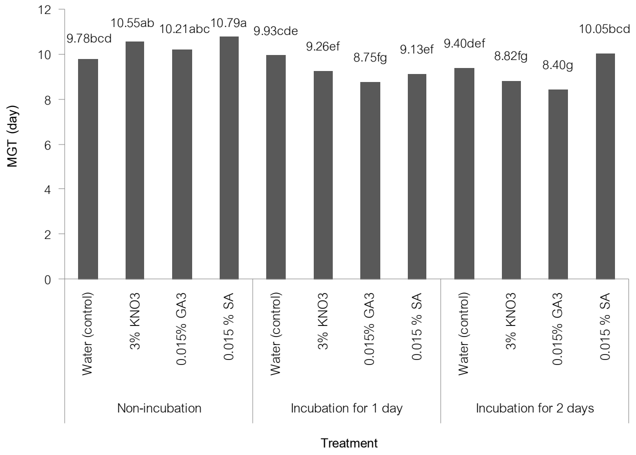


Figure 1 Mean germination time (MGT) of pepper seeds after priming with different chemical solution and incubation times

Table 1 The effects of type and concentration of chemical solution on seed quality

Treatment	LAB germination (%)	GH germination (%)	MGT (Day)
Control	51.00d[1/]	60.00	12.26ab
Water	54.00c	54.50	12.67a
0.2% KNO_3	56.00bcd	63.50	12.39a
2% KNO_3	65.00abc	48.00	11.72b
3% KNO_3	66.00abc	50.50	10.85c
0.01% GA_3	63.00abcd	63.00	10.44cd
0.015% GA_3	75.00a	69.50	10.17de
0.05% GA_3	57.00bcd	65.00	9.77e
0.005 % SA	67.50ab	60.00	10.95c
0.01 % SA	67.50ab	59.50	10.98c
0.015 % SA	71.50a	62.00	10.98c
F-test	**	ns	**
C.V. (%)	12.79	18.11	3.44

[1/]Mean in the same column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.01$ by DMRT

ns = Non significant

Table 2 Effects of chemical solution and seed incubation time on seed quality

Factor	LAB germination (%)	GH germination (%)	MGT (Day)
Solution (A)			
Water (control)	76.16a[1/]	88.33a	9.70ab
3% KNO_3	67.00bc	86.66a	9.54b
0.015% GA_3	70.50ab	88.16a	9.12c
0.015% SA	62.33c	79.83b	9.99a
F-test	**	**	**
Incubation time (B)			
non-incubation	61.50b	83.12b	10.33a
incubation 1 day	81.63a	90.50a	9.26b
incubation 2 days	63.88b	83.62b	9.16b
F-test	**	**	**
AxB	ns	ns	**
C.V. (%)	9.98	6.10	4.36

[1/]Mean in the same column follow by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.01$ by DMRT

ns = Nonsignificant

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 553-556 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 553-556 (2554)

ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษามะพร้าวน้ำหอมเพื่อการส่งออก

Effect of Storage Temperature on Shelf Life Of Aromatic Coconut for Exporting

วาริช ศรีละออง[1,2] **และ สิรินันท์ สุขทวี**[1,2]

Srilaong, V.[1,2] and Suktawee, S.

Abstract

Aromatic coconut is a popular fruit in Thailand due to its high nutrient content including vitamins and minerals in addition to its refreshing taste and flavor. Export of aromatic coconut as fresh, trimmed and processed fruit increases year by year. For trimmed coconuts, trimming may only involve removal of the exocarp or together with polishing the shell. The purpose of this research was to determine the effects of trimming type and storage temperature on quality and shelf life of aromatic coconut. Three types of trimming were applied; removing all green exocarp, with shell polishing but leaving the cone cover at the stem end, and with shell polishing and trimming the mesocarp at the stem end to conical flat base. Non-trimmed fruit served as a control. All samples were stored at 5 or 10ºC with 95±5% RH for 30 days. Results showed that the control fruit stored at 5ºC developed exocarp browning as chilling injury symptom more rapidly than those stored at 10ºC. For the trimmed fruit, no chilling-induced browning was observed at both temperatures regardless of type of trimming. Total soluble solids, titratable acidity, free fatty acids and sensory quality did not significantly differ with treatment. Shelf life of trimmed fruit was limited by microbial decay and was about 30 days at 5ºC and 15 days at 10ºC. From the results, trimmed fruit is recommended to keep at 5°C for extending shelf life.

Keywords: aromatic coconut, low temperature, storage life

บทคัดย่อ

มะพร้าวน้ำหอมเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งยังอุดมไปด้วยวิตามินและเกลือแร่ นอกจากนี้ยังมีรสชาติหอมหวาน จึงส่งผลให้ปริมาณการส่งออกเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันรูปแบบการส่งออกมะพร้ามน้ำหอมมีทั้งแบบผลสด ผลที่ผ่านการตัดแต่ง และผลิตภัณฑ์แปรรูป สำหรับการตัดแต่งมะพร้าวน้ำหอมเพื่อการส่งออกมีหลายรูปแบบด้วยกันได้แก่การควั่นและการเจียทั้งผล งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่งและอุณหภูมิที่ใช้ในเก็บรักษาต่อคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายของมะพร้าวน้ำหอม โดยนำมะพร้าวน้ำหอมมาทำการตัดแต่ง 3 รูปแบบ ได้แก่ ตัดแต่งแบบควั่นเปลือกเขียวทั้งหมด กลึงทรงหัวแหลม และกลึงฐานทรงกระบอก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10ºC ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 วัน เปรียบเทียบกับมะพร้าวน้ำหอมที่ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) พบว่า มะพร้าวน้ำหอมชุดควบคุมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5ºC เกิดอาการสะท้านหนาวที่ผิวเปลือกเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10ºC ส่วนมะพร้าวที่ตัดแต่งที่เก็บรักษาทั้งสองระดับอุณหภูมิพบว่าค่าสีที่ผิวเปลือกของมะพร้าวน้ำหอมไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณกรดไขมันอิสระและการยอมรับของผู้บริโภคไม่มีแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบการตัดแต่งรูปแบบต่างๆ สำหรับการเก็บรักษามะพร้าวตัดแต่งที่อุณหภูมิ 5 และ 10ºC พบว่าสามารถเก็บรักษามะพร้าวได้ 30 และ 15 วัน ตามลำดับ โดยตัดสินจากการเจริญของเชื้อราที่ผิวเปลือกมะพร้าวตัดแต่ง จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษามะพร้าวตัดแต่งที่อุณหภูมิ 5ºC มีประสิทธิภาพช่วยยืดอายุการวางจำหน่าย

คำสำคัญ: มะพร้าวน้ำหอม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ อายุการเก็บรักษา

[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 สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400**

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

คำนำ

มะพร้าวน้ำหอมเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งนิยมบริโภคทั้งชาวไทยและต่างประเทศทำให้มีความต้องการในตลาดต่างประเทศจำนวนมาก อีกทั้งยังมีปริมาณวิตามินและเกลือแร่สูง ซึ่ง FAO จัดว่าน้ำมะพร้าวเป็นเครื่องดื่มแบบ sport drink ชนิดหนึ่ง โดยรูปแบบการจำหน่ายมะพร้าวน้ำหอมในปัจจุบันมีการจำหน่ายแบบผลสดและมะพร้าวน้ำหอมแปรรูป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจำหน่ายในลักษณะผลสดมีรูปแบบการตัดแต่งเปลือกมะพร้าวหลายรูปแบบ ได้แก่ การตัดแต่งแบบควั่น และแบบกลึง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค ประเทศคู่ค้า และระยะทางการขนส่ง อย่างไรก็ตามการตัดแต่งมะพร้าวน้ำหอมรูปแบบต่างๆ น่าจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษารูปแบบของการตัดแต่งมะพร้าวน้ำหอมต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา โดยปกติการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งวิธีที่เป็นที่นิยมคือการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากมีราคาถูก ง่ายต่อการปฏิบัติและการขนส่ง (จริงแท้, 2544) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิเก็บรักษาร่วมกับรูปแบบการตัดแต่งมะพร้าวน้ำหอมต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของมะพร้าวน้ำหอม

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมจากสวนมะพร้าว อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี โดยทำการตัดแต่ง 3 รูปแบบ ได้แก่ มะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งแบบควั่นเปลือกเขียวทั้งหมด กลึงทรงหัวแหลม และกลึงฐานทรงกระบอก โดยใช้มะพร้าวน้ำหอมไม่ตัดแต่งเป็นชุดควบคุม จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10ºC ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 $\pm$ 5 นาน 30 วัน ทำการตรวจวิเคราะห์ผลการทดลองทุก 3 วัน โดยวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยใช้ Digital Refractometer (ATAGO) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ตามวิธีการของ AOAC (1990) ปริมาณกรดไขมันอิสระตามวิธีการของ AOAC (1995) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (ลัดดาวัลย์, 2551)

ผลการทดลอง

มะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ10 ºC มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 30 และ 15 วัน ตามลำดับ โดยอายุการเก็บรักษาตัดสินจากการเข้าทำลายของเชื้อราบริเวณเปลือก (ไม่แสดงผล) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำมะพร้าวมีค่าอยู่ในช่วง 8.08-6.32 ºBrix โดยมีค่าต่ำสุดในชุดควบคุมที่อุณหภูมิ 10ºC ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในมะพร้าวที่เก็บรักษาที่ 5ºC ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1) ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉพาะมะพร้าวน้ำหอมชุดควบคุม 10ºC มีค่าต่ำ แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1)

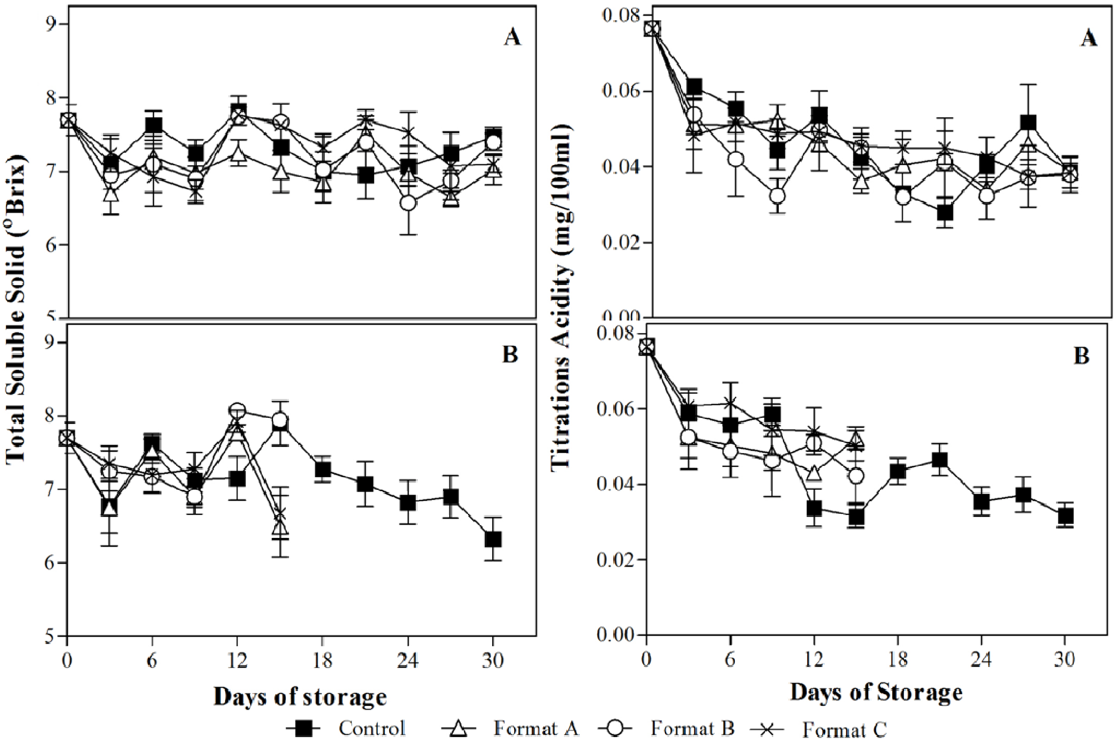


Figure 1 Total soluble solid and Titration acidity in aromatic coconut juice during storage at (A) 5 ºC and (B) 10ºC

ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมะพร้าวน้ำหอมมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 12-15 ของการเก็บรักษาแล้วมีค่าลดลง มีค่าอยู่ในช่วง 0.032-0.008 mg KOH/100ml juice โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในชุดการทดลองต่างๆ (Figure 2) คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวน้ำหอมพบว่า มะพร้าวน้ำหอมชุดควบคุมที่อุณหภูมิ 5ºC มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มสูงสุงในวันที่ 3 เนื่องจากการเกิดอาการสะท้านหนาว ในขณะที่มะพร้าวน้ำหอมชุดควบคุม 10 ºC คะแนนการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นในวันที่ 24 อย่างไรก็ตามมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งทุกรูปแบบคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมีค่าคงที่ และไม่แสดงอาการสะท้านหนาว (Figure 3)

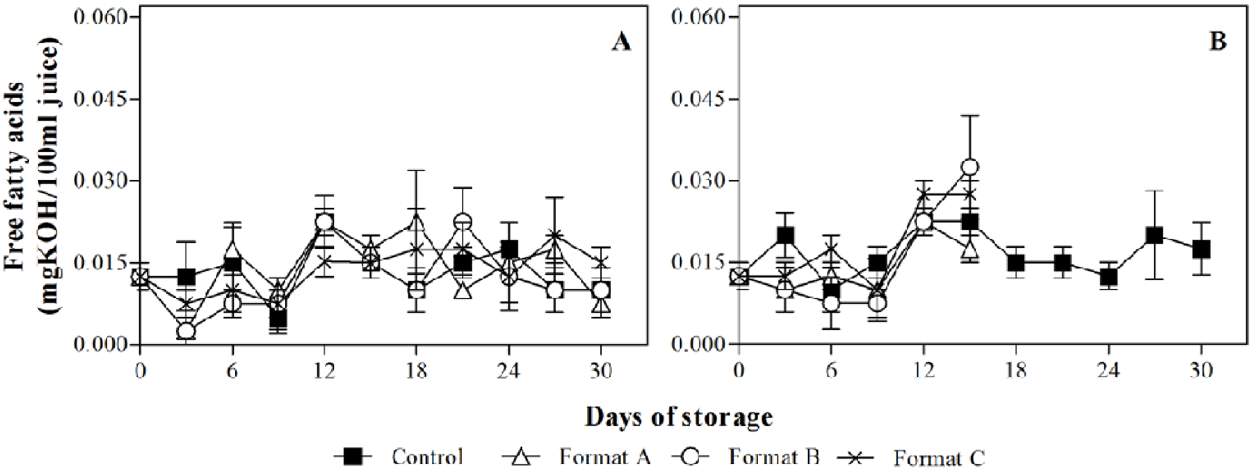


Figure 2 Free fatty acids content in aromatic coconut juice during storage at (A) 5 ºC and (B) 10ºC.

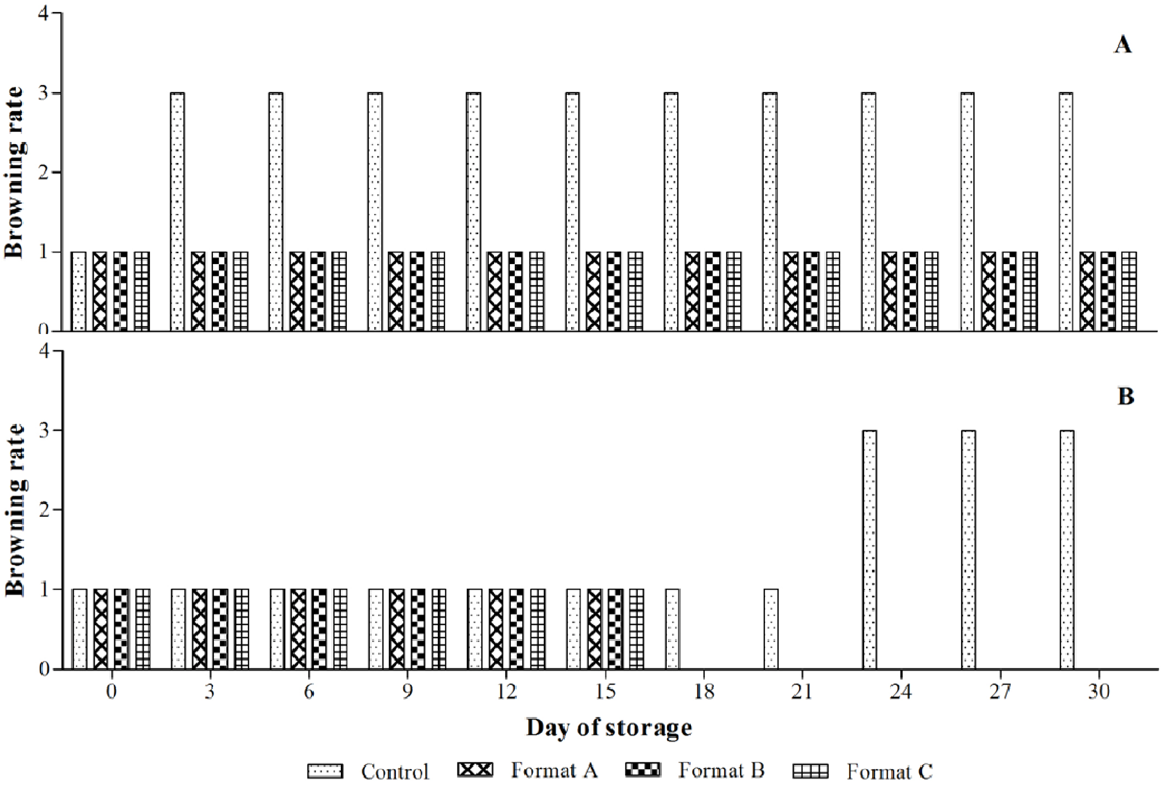


Figure 3 Free fatty acids in aromatic coconut during storage at (A) 5 ºC and (B) 10ºC

วิจารณ์ผล

เมื่อพิจารณารูปแบบของการตัดแต่งต่อคุณภาพภายในมะพร้าวพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับมะพร้าวน้ำหอมเก็บรักษาที่ 10ºC มีการเข้าทำลายของเชื้อรามากกว่าการเก็บรักษาที่ 5 ºC เนื่องมาจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยในการชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพของผักและผลไม้ อีกทั้งยังช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (จริงแท้, 2544) ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจึงมีอายุการเก็บรักษานานกว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ซึ่งสะท้อน

ถึงความหวานของน้ำมะพร้าวขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลที่สะสมภายในผล (นพรัตน์, 2536) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่ 10ºC มีการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าที่ 5ºC ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงเนื่องมาจากการใช้น้ำตาลซูโครสในกระบวนการหายใจ (สนธยา, 2528) และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในของผักและผลไม้ได้ (จริงแท้, 2544) ดังนั้นจึงชะลอการลดลงของความหวาน สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของมะพร้าวน้ำหอมมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กล่าวคือที่อุณหภูมิ 10ºC มีค่าลดลงมากกว่าที่ 5ºC ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ สำหรับปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าสูงขึ้น แล้วมีค่าลดลงในภายหลังเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสไขมันในน้ำมะพร้าว ด้วยเอนไซม์ไลเพส ทำให้เกิดการสลายตัวได้เป็นกรดไขมันอิสระโดยเฉพาะกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่มีกลิ่นหืน ส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติที่เปลี่ยนไป (นิธิยา, 2549) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ ลัดดาวัลย์ (2551) พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าเพิ่มสูงขึ้นใน 2 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษามะพร้าวน้ำหอม ส่วนคะแนนการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวน้ำหอมที่แตกต่างกันเนื่องมาจากความเสียหายที่เกิดจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (จริงแท้, 2549; Cosigando และคณะ, 1976) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลที่ไม่ได้ปอกเปลือกมีความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำมากกว่าผลที่ตัดแต่ง ในขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นในผลมะพร้าวน้ำหอมที่ทำการตัดแต่งรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเปลือกมะพร้าวชั้น exocarp มีความอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำมากกว่าเปลือกชั้น mesocarp จึงทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว

สรุปผล

การเก็บรักษามะพร้าวน้ำหอมรูปแบบต่างๆ ที่อุณหภูมิ 5 และ 10ºC พบว่า การเก็บรักษามะพร้าวน้ำหอมที่ 5ºC สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานถึง 30 วัน โดยคุณภาพของมะพร้าวน้ำหอมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10ºC ที่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 15 วัน แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษามะพร้าวน้ำหอมที่ไม่ทำการตัดแต่งที่อุณหภูมิ 5ºC ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาวบนผิวเปลือก นอกจากนี้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10ºC เป็นระยะเวลานานกว่า 24 วันสามารถเกิดอาการสะท้านหนาวที่ผิวเปลือกได้เช่นกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัย และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มจธ. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และเครื่องมือสำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2544, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, พิมพ์ครั้งที่ 4, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 453 หน้า.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2536, พืชหลักปักษ์ใต้, บริษัท ต้นอ้อ แกรมมี่ จำกัด, กรุงเทพฯ, 184 หน้า.

นิธิยา รัตนปนนท์, 2549, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487 หน้า.

ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ, 2551, การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับบรรจุภัณฑ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สนธยา สมบูรณ์ทรัพย์, 2528, การปฏิบัติการบางอย่างภายหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณภาพของมะพร้าวอ่อน, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC., 1990, Office Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemistry, Virginia.

AOAC., 1995, Office Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemistry, Virginia.

Cosignado, T.O., Tabora, P.C.JR. and Creencia, R.P., 1976, Physio-chemical Changes in Stored Young Coconut, Phil.Agr., 60: 256-270.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 557-560 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 557-560 (2554)

คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่บรรจุในขวดแก้วและขวดพลาสติกระหว่างการเก็บรักษา

Quality of Virgin Coconut Oil Packed in Glass Bottle and Plastic Bottle During Storage

สิริมา ชินสาร[1] นิสานารถ กระแสร์ชล[1] และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1]

Chinnasarn, S.[1], Krasaechol, N.[1] and Yuenyongputtakal, W.[1]

Abstract

Virgin coconut oil (VCO) was obtained from the microbiological extraction method. *Lactobacillus plantarum* was added in coconut milk and incubated at room temperature for 72 h. VCO was separated by centrifuged and filtered through 3 micron filter paper. The quality changes of VCO during storage were studied. VCO was filled in clear bottle made from glass and polyethylene terephthalate then stored at room temperature. The qualities changes of VCO during storage were monitored for 28 days. The increase in moisture content of VCO in both packages observed with storage time, whereas the viscosity was decreased ($p<0.05$). VCO in glass bottle had less change in moisture content and viscosity than the VCO in plastic bottle. For the color value, the result showed that there was little change in lightness value (L*) of VCO in both packages during storage whereas the redness (a*) and greenness (b*) tended to increase ($p<0.05$). The sensory evaluation resulted that the coconut smell intensity of VCO in both packages tended to decrease with storage time ($p<0.05$). For the deteriorated quality index informed that the peroxide value and acid value of VCO in both packages were increased with storage time ($p<0.05$), however it remained in standard range.

Keywords: virgin coconut oil, quality change, storage

บทคัดย่อ

เตรียมน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (VCO) ด้วยวิธีทางชีวภาพโดยการเติมเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ในน้ำกะทิ แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงแล้วกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 3 ไมครอน นำ VCO ที่ได้มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุ VCO ในขวดชนิดใสจากแก้วและพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต เก็บที่อุณหภูมิห้อง และติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บ 28 วัน พบว่า เมื่อเวลาการเก็บนานขึ้นมีผลให้ปริมาณความชื้นของ VCO ในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความหนืดมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) โดยการบรรจุในขวดแก้วมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและความหนืดน้อยกว่าการเก็บในขวดพลาสติก สำหรับด้านสีพบว่า VCO ในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดมีค่าความสว่าง (L*) เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มสูงขึ้น ($p<0.05$) และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อเวลาการเก็บนานขึ้นมีผลให้ความเข้มกลิ่นมะพร้าวของ VCO ในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) สำหรับดัชนีคุณภาพที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของ VCO พบว่าทั้งค่าเปอร์ออกไซด์และค่าความเป็นกรดของ VCO ในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ: น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ การเก็บรักษา

คำนำ

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์หรือน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดแบบบีบเย็น คือ น้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวโดยไม่มีสารเคมีและไม่ใช้ความร้อนสูง จะได้น้ำมันที่ใส ไม่มีสี มีกลิ่นหอมของมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูง อุดมด้วยวิตามิน เกลือแร่และสารต้านอนุมูลอิสระ มีกรดลอริคสูงประมาณ 50-57 % เป็นน้ำมันพืชที่กำลังได้รับความสนใจสามารถนำไปใช้บริโภคได้ โดยปกติน้ำมันมะพร้าวมักมีอายุการเก็บรักษาระหว่างรอการบริโภคค่อนข้างนาน อย่างไรก็ตามอาจมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไปบ้างระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษามีผลจากปัจจัยต่างๆ หลายประการ ชนิดของภาชนะบรรจุ ก็เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง การบรรจุน้ำมันมะพร้าวใน

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

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Sansuk, MungChonburi, Chonburi, 20131

ภาชนะบรรจุเพื่อพร้อมจำหน่ายในปัจจุบันนิยมบรรจุน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ภาชนะบรรจุชนิดใสทั้งจากขวดแก้วและขวดพลาสติก ซึ่งมีความสะดวกต่อการนำไปใช้ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในภาชนะบรรจุดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในภาชนะบรรจุขวดชนิดใสจากแก้วและพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนเทเรฟทาเลตที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 28 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำกะทิ

นำมะพร้าวแก่มาปอกเปลือกเอากะลาออก หั่นเนื้อมะพร้าวเป็นชิ้น ปั่นแยกกากเพื่อแยกน้ำกะทิ จากนั้นนำกากที่เหลือจากการปั่นแยกกากมาคั้นน้ำกะทิอีกครั้งด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำ 1: 1 แล้วนำน้ำกะทิทั้งสองส่วนผสมกัน

การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีทางชีวภาพ

นำน้ำกะทิใส่ภาชนะ 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 (MCE code A, บริษัท Advantec) แล้วเก็บในภาชนะปิด

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

นำน้ำมันมะพร้าวที่ได้มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุน้ำมันมะพร้าวในขวดแก้ว และขวดพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพตลอดระยะเวลา 28 วัน โดยคุณภาพที่วิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าความหนืด ค่าสีในระบบ L*, a* และ b* ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่ากรด และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มของกลิ่นมะพร้าว โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ใช้สเกลเส้นตรงความยาว 10 เซนติเมตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเก็บรักษาน้ำมันมะพร้าวในภาชนะบรรจุที่เป็นขวดแก้วและขวดพลาสติก ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 28 วัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ มีดังนี้ ด้านปริมาณความชื้น พบว่า ปริมาณความชื้นของน้ำมันมะพร้าวในภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น แต่การเก็บในขวดแก้วทำให้น้ำมันมะพร้าวมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าการเก็บในขวดพลาสติก โดยในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา น้ำมันมะพร้าวในขวดพลาสติกและขวดแก้วมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.2 % และ 0.17% ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2547) ที่กำหนดไว้ว่าน้ำมันมะพร้าวต้องมีความชื้นไม่เกิน 0.2 % ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ขวดแก้วสามารถลดการถ่ายเทความชื้นจากภายนอกเข้ามาภายในขวดได้ดีกว่าขวดพลาสติกเล็กน้อย

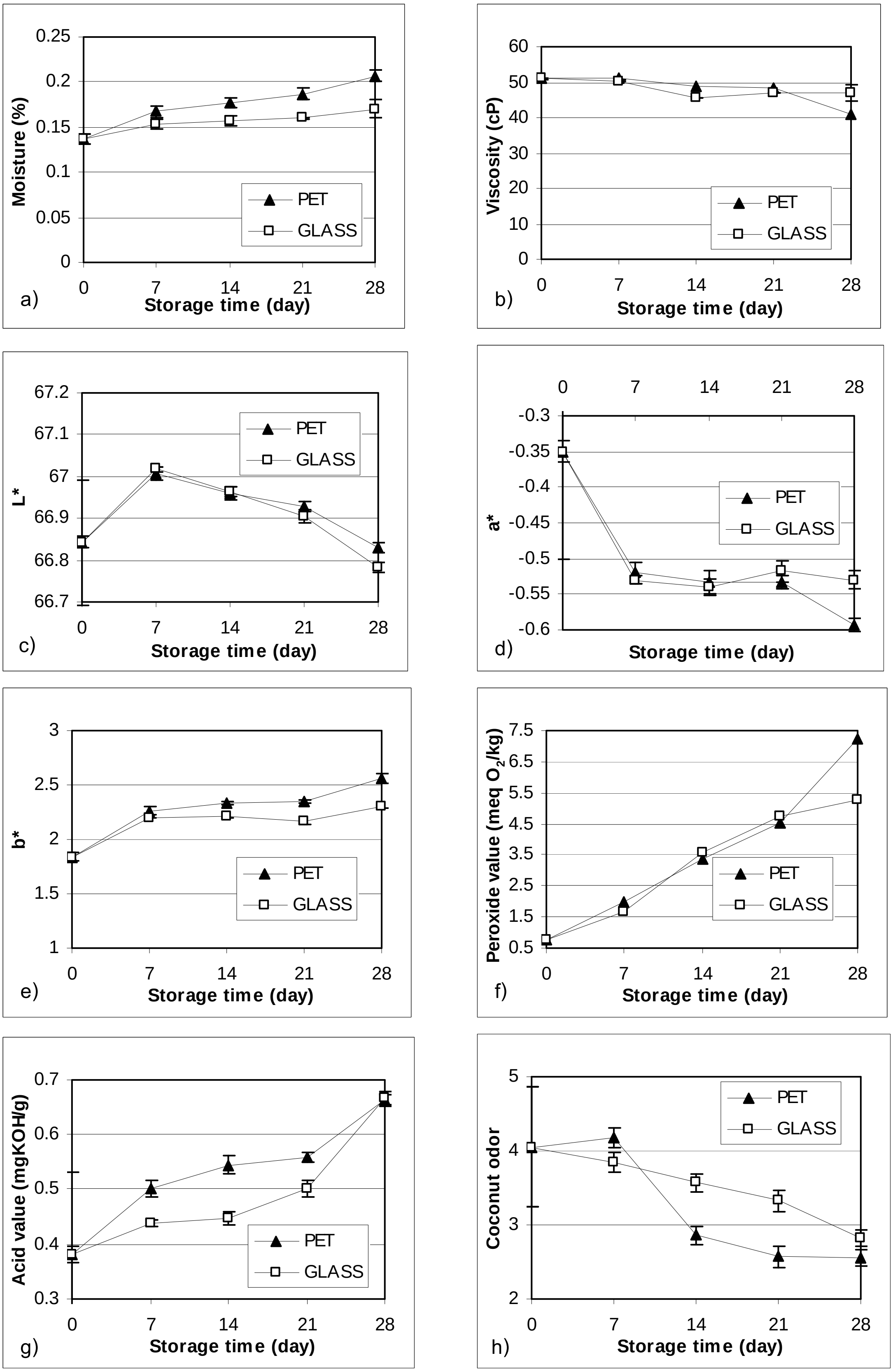


Figure 1 a) moisture content b) viscosity c) L* d) a* e)b* f) peroxide value g) acid value h) coconut odor of virgin coconut oil packed in glass bottle and PET bottle during storage

เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าว พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่บรรจุในขวดแก้วและขวดพลาสติกมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นความหนืดมีค่าลดลง แต่น้ำมันมะพร้าวที่บรรจุในขวดแก้วยังคงมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวที่บรรจุในขวดพลาสติก โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน น้ำมันมะพร้าวที่บรรจุขวดแก้วและขวดพลาสติกมีค่าความหนืดเท่ากับ 46.91 และ 40.76 cP ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงความหนืดที่เกิดขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา ออกซิเจนสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้โมเลกุลไขมันเกิดการสลายตัว อีกทั้งเอนไซม์ไลเปสซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติในน้ำมันมะพร้าวยังสามารถสลายโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ได้เป็นกรดไขมันอิสระมากขึ้น ทำให้โมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันบางส่วนถูกทำลาย ความหนืดของน้ำมันจึงลดลง (Akor และ Min,2008) แต่เนื่องจากขวดแก้วสามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีกว่าขวดพลาสติก จึงส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่เข้าไปสัมผัสกับน้ำมันมีปริมาณน้อยกว่าในขวดพลาสติก น้ำมันที่เก็บรักษาในขวดแก้วจึงยังคงมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันที่เก็บในขวดพลาสติก ซึ่งค่าความหนืดที่วิเคราะห์ได้มีความสัมพันธ์กับค่าเปอร์ออกไซด์และค่ากรดของน้ำมันมะพร้าว โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน น้ำมันมะพร้าวที่เก็บในขวดพลาสติกมีค่าเปอร์ออกไซด์ และค่ากรดเพิ่มขึ้นจาก 0.78 meq O_2/kg และ 0.38 mg KOH/g ไปเป็น 7.22 meq O_2/kg และ 0.66 mg KOH/g ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวที่เก็บในขวดแก้วมีค่าเปอร์ออกไซด์ และค่ากรดเพิ่มขึ้นจาก 0.78 meq O_2/kg และ 0.38 mg KOH/g ไปเป็น 5.29 meq O_2/kg และ 0.66 mg KOH/g ตามลำดับ แต่ยังคงมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ คือ มีค่าเปอร์ออกไซด์ ไม่เกิน 10 meq O_2/kg และค่ากรด ไม่เกิน 4 mg KOH/g สำหรับค่าสี พบว่าน้ำมันมะพร้าวในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดมีค่าความสว่าง (L*) เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของน้ำมันมะพร้าวที่บรรจุในภาชนะทั้งสองชนิดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าเปอร์ออกไซด์และค่าความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยา oxidative rancidity และ hydrolytic rancidity ในระหว่างการเก็บรักษา (นิธิยา, 2548)

สรุปผล

การเก็บรักษาน้ำมันมะพร้าวในขวดแก้ว และขวดพลาสติกชนิด PET เป็นเวลา 28 วัน ส่งผลให้คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวลดลง โดยคุณภาพของน้ำมันที่เก็บในขวดพลาสติกเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าการเก็บในขวดแก้ว แต่อย่างไรก็ตาม คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวที่เก็บในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดยังคงมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2553

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช), 2547, มาตฐานผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าว, มผช. 670/2547

Akor, C.C. and Min, D.B., 2008, Food Lipids : Chemistry, Nutrition, and Biotechnology, CRC press, Boca Raton.

ผลของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้

Effect of Oxygen and Carbon Dioxide on Respiration Rate of Fresh Cut Kale Leaves

ฐิติพัฒน์ ตั้งใหม่วงศธร[1,2] ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1,2] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] และ ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[1,2]

Tungmaiwongsathon, T.[1,2], Kanlayanarat, S.[1,2], Wongs-Aree, C.[1,2], Srilaong, V.[1,2] and Techavuthiporn, C.[1,2]

Abstract

In order to create a proper modified atmosphere packaging (MAP) for fresh-cut kale leaves, the effect of gas concentration on respiration rate was investigated. The samples were separately kept under controlled atmospheric condition of different concentration of oxygen (O_2) at 21%, 10% and 5% and carbon dioxide (CO_2) at 0.03% and 10%, respectively, and the respiration rate was measured at 15 ^{O}C. The results showed that the respiration rate of fresh-cut kale leaves in term of O_2 consumption and CO_2 production was suppressed by decreasing the O_2 level in chamber, while there was slightly difference in respiration between 0.03% and 10% CO_2. Afterwards, all data were used and examined by fitting them to Michaelis-Menten equations. The data were successfully fitted to the Michaelis-Menten equation which could explain the respiration rate for the six different experiments.

Keywords: kale, respiration rate, Michaelis Menten

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบสมการการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้ สำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging; MAP) ในการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์อัตราการหายใจของใบคะน้าภายใต้ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนร้อยละ 21, 10 และ 5 ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.03 และ 10 ตามลำดับ ปรับสมดุลของระบบด้วยก๊าซไนโตรเจน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จากการทดลอง พบว่าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้ทั้งในรูปแบบของการใช้ก๊าซออกซิเจน (O_2 consumption) และการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 production) โดยที่อัตราการหายใจถูกยับยั้งเมื่อระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลง อย่างไรก็ตามพบผลกระทบเพียงเล็กน้อยที่มีต่ออัตราการหายใจเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ เมื่อนำรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของ Michaelis-Menten ในรูปแบบต่างๆ อธิบายการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ พบว่า รูปแบบสมการดังกล่าวสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้ดี

คำสำคัญ: คะน้า อัตราการหายใจ Michaelis Menten

คำนำ

การปรับสภาพบรรยากาศโดยรอบผลผลิต หรือ Modified Atmosphere โดยการปรับให้มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนให้ลดต่ำลง ซึ่งสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และการเสื่อมสภาพ โดยการยับยั้งอัตราการหายใจในรูปแบบของการใช้ก๊าซออกซิเจน และการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งการควบคุมการหายใจของผลผลิตเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการชะลอการเสื่อมสภาพของผลผลิต (Kader และคณะ, 1989) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลผลิตแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน และจำเป็นต้องทำการศึกษา โดยการศึกษานั้นเริ่มจากการทดลองผลของความเข้มข้นของก๊าซที่มีต่ออัตราการหายใจที่สามารถใช้รูปแบบสมการของ Michalis-Menten ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงต่างๆได้ (Banks และคณะ, 1989) ทั้งนี้รูปแบบการหายใจของผลผลิตแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ซึ่งเหมาะสมกับชนิดของสมการที่แตกต่างกันเช่นกัน

[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 10400

[2] Postharvest Technology innovation center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400.

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และประมวลผลรูปแบบสมการของ Michalis-Menten ชนิดต่างๆในการอธิบายการหายใจ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำคะน้าที่ได้ล้างทำความสะอาด ก่อนการตัดแต่งให้เหลือเฉพาะส่วนของใบ จุ่มในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 150 ppm เป็นเวลา 1 นาที แบ่งใบคะน้าบรรจุลงในกล่องปิดสนิทกล่องละ 550 กรัม ปรับความเข้มข้นของก๊าซภายในกล่อง ให้มีความเข้มของก๊าซออกซิเจนร้อยละ 21, 10 และ 5 ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 และ 10 ตามลำดับ นำไปเก็บที่ 15 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC-8A; Shimadzu model; Japan) ประมวลผลของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจ และความเข้มข้นของก๊าซ โดยใช้รูปแบบสมการของ Michalis-Menten

ผลการทดลอง

รูปแบบสมการต่างๆ ได้นำมาใช้ในการประมวลผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้ โดยรูปแบบที่ใช้แสดงในสมการที่ 1 ถึง 4

$$R = \frac{Rmax*[O_2]}{Km+[O_2]} \quad \text{Eq. (1) (without inhibition)}$$

$$R = \frac{Rmax*[O_2]}{Km\left[1+\frac{CO_2}{KiO_2}\right]+[O_2]} \quad \text{Eq. (2) (Competitive type of inhibition)}$$

$$R = \frac{Rmax*[O_2]}{Km+\left[1+\left(\frac{CO_2}{KiCO_2}\right)\right][O_2]} \quad \text{Eq. (3) (Uncompetitive type of inhibition)}$$

$$R = \frac{Rmax*[O_2]}{(Km+[O_2])\left(1+\frac{CO_2}{KiCO_2}\right)} \quad \text{Eq. (4) (Non-competitive type of inhibition)}$$

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 มีผลต่ออัตราการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเข้มข้นของก๊าซร้อยละ 0.03 โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างอัตราการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้ เมื่อมีการปรับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Figure 1)

ค่าพารามิเตอร์ของสมการที่ได้จากข้อมูลการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้ แสดงดัง Table 1 และ 2 พบว่าค่า R_m มีความแตกต่างเมื่อใช้รูปแบบสมการที่แตกต่างกัน ค่า R^2 ของการประมวลผล แสดงให้เห็นว่าสมการที่ใช้ไม่มีความแตกต่างกัน

วิจารณ์ผล

จลนพลศาสตร์เอนไซม์ (Enzyme kinetics) ของรูปแบบสมการ Michaelis-Menten เพื่อใช้ในการอธิบายผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซ โดยทั่วไปแล้ว Enzyme kinetics ถูกใช้ในการอธิบายกระบวนการต่างๆ ในระดับเซลล์ สำหรับการใช้งานกับผลผลิตทางการเกษตร จะใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ และอธิบายการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่มีการแลกเปลี่ยนของก๊าซระหว่างเซลล์พืช และบรรยากาศโดยรอบผลผลิต ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนจะมีผลโดยตรงต่อค่าพารามิเตอร์ของสมการซึ่งได้แก่ค่า R_m และค่า K_m อย่างไรก็ตามในผลผลิตบางชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลต่อการหายใจ และค่าพารามิเตอร์เช่นกัน (Peppelenbos และ Van't Leven, 1996)

จากการประมวลผลของการหายใจโดยใช้รูปแบบสมการการหายรูปแบบต่างๆ ไม่พบความแตกต่างของรูปแบบที่ 1 ถึง 4 (Eq.1-4) อย่างไรก็ตามการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงของก๊าซในบรรยากาศโดยรอบของใบคะน้าพร้อมใช้เป็นสิ่งที่จำเป็นในการยืนยันผลเพราะประสิทธิภาพ

สรุปผล

อัตราการหายใจของใบคะน้าพร้อมใช้เป็นไปตาม Enzyme kinetics ของ Michalis-Menten ในรูปแบบ Uncompetitive type of inhibition โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของใบคะน้าจะขึ้นกับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 396 หน้า

Banks, N.H., Hewett, E.W., Rajapakse, N.C., Cleland, D.J., Austin, P.C. and Stewart, T.M., 1989, Modelling Fruit Response to Modified Atmospheres, In J.K. Fellman (Ed.), Proceedings of the 5^{th} International Controlled Atmosphere Research Conference, 1: 359-366.

Kader, A.A., Zagory, D. and Kerbel, E.L., 1989, Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables, CRC Rev. Food Science and Nutrition, 28: 1-30.

Peppelenbos and van't Leven, 1996, Evaluation of Four Types of Inhibition for Modeling the Influence of Carbon Dioxide on Oxygen Consumption of Fruits and Vegetables, Postharvest Biology and Technology, 7: 27-40.

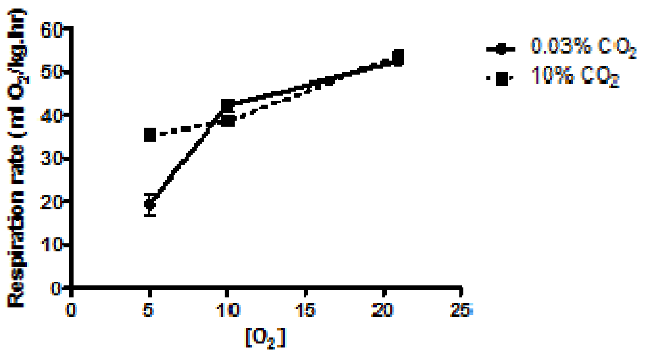
Table 1 Regression analysis of data on O_2 consumption of stored fresh-cut kale leaves under 0.03% CO_2

Model	R_{mO_2}		K_{mO_2}		K_{mcO_2}		K_{mnO_2}		K_{muO_2}		R^2
	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	
1	90.89	16.87	14.30	5.205	-	-	-	-	-	-	0.8927
2	90.89	19.46	-	-	7.364	2.345^{e+010}	-	-	-	-	0.8927
3	119.8	$4.139e^{+011}$	-	-	-	-	14.30	7.260	-	-	0.8927
4	122.6	$1.913e^{+012}$	-	-	-	-	-	-	19.28	$3.010e^{+011}$	0.8927

Table 2 Regression analysis of data on O_2 consumption of stored fresh-cut kale leaves under 10% CO_2

Model	R_{mO_2}		K_{mO_2}		K_{mcO_2}		K_{mnO_2}		K_{muO_2}		R^2
	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	
1	66.24	6.257	5.210	1.824	-	-	-	-	-	-	0.8835
2	90.8966.24	21.76	-	-	1.955	$3.961e^{+010}$	-	-	-	-	0.8835
3	119.899.73	$8.461e^{+011}$	-	-	-	-	5.210	4.618	-	-	0.8835
4	122.6116.2	$5.269e^{+011}$	-	-	-	-	-	-	9.140	$4.145e^{+010}$	0.8835

A



B

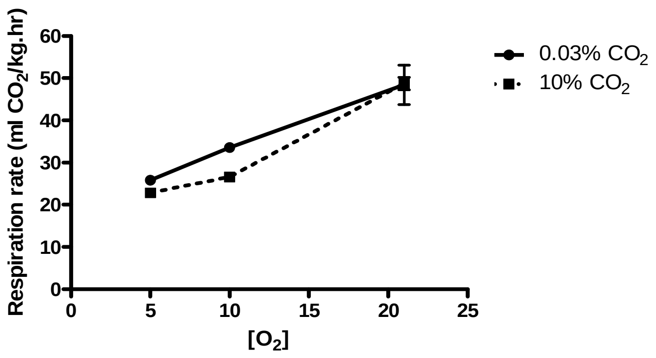


Figure 1 The O_2 consumption (ml $kg^{-1}h^{-1}$) and CO_2 production (ml $kg^{-1}h^{-1}$) of fresh-cut kale leaves at different O_2 and CO_2 concentrations, fitted with the Michalis-Menten type equation (Eq. 3)

Note

K_m = without inhibition

K_{mc} = Competitive type of inhibition

K_{mn} = Non-competitive type of inhibition

K_{mu} = Uncompetitive type of inhibition

ผลของอุณหภูมิและการหั่นชิ้นต่ออัตราการหายใจของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 พร้อมบริโภค

Effect of Temperature and Cutting on the Respiration Rate of Fresh-cut Mango cv. Nam Dong Mai No. 4

ปรางค์ทอง กวานห้อง[1] คมจันทร์ สรงจันทร์[1] และ เบญจมาส รัตนชินกร[1]
Kwanhong, P.[1], Songchan, K.[1] and Ratanachinakorn, B.[1]

Abstract

The respiration rate of fresh-cut mango cv. Nam Dong Mai No. 4 was studied. There were 3 cutting styles of flesh mango; half fruit, 1/16 pieces per fruit and dice, at 5, 10, 20 and 25^{o}c. The result showed that the smaller pieces of cutting style were higher respiration rate than the bigger one. The rate of respiration of all cutting styles of flesh mango was increased with increasing temperature. The appearance of flesh mango with the smaller pieces cut and the higher temperature could be occurred more the browning and wound at cut surfaces.

Keywords: temperature, cutting, respiration rate, mango

บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีการหั่นชิ้นต่างกัน 3 รูปแบบ คือ หั่นชิ้นครึ่งผล หั่นสิบหกชิ้นต่อผล และหั่นชิ้นขนาดเท่าลูกเต๋า (1 cm^{3}) และเก็บที่อุณหภูมิ 5 10 20 และ 25^{o}ซ พบว่า รูปแบบการหั่นชิ้นของเนื้อมะม่วงที่มีขนาดเล็กลงส่งผลให้มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น และเนื้อมะม่วงทุกรูปแบบการหั่นมีอัตราการหายใจที่สูงขึ้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย สำหรับลักษณะปรากฏของเนื้อมะม่วงที่มีรูปแบบการหั่นและการเก็บที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่า เนื้อมะม่วงที่หั่นขนาดชิ้นเล็กลงและเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้น มีการเกิดสีน้ำตาลและรอยช้ำที่ผิวเนื้อตรงบริเวณรอยตัดเพิ่มขึ้นกว่าเนื้อมะม่วงที่มีขนาดชิ้นใหญ่และเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

คำสำคัญ: อุณหภูมิ การหั่นชิ้น อัตราการหายใจ มะม่วง

คำนำ

ปัจจุบัน การผลิตผลไม้พร้อมบริโภคกำลังเป็นที่นิยมและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากสภาพสังคมที่เปลี่ยนไป ทำให้ผู้บริโภคไม่มีเวลามากในการจัดเตรียมอาหารต่างๆ อีกทั้งสภาพครอบครัวที่เป็นแบบครอบครัวเดี่ยว มีสมาชิกในครอบครัวน้อย เพื่อความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต จึงนิยมหาซื้ออาหารรวมถึงผลไม้ในรูปแบบพร้อมบริโภค เพราะมีความสะดวก รวดเร็ว หาซื้อได้ง่าย และมีขนาดบรรจุกะทัดรัดเพียงพอต่อการรับประทาน ซึ่งผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อขนาดที่พอเหมาะและคุณภาพของผลิตผลตามที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตาม ผลไม้ตัดแต่งเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย ในขั้นตอนการเตรียมจึงควรเตรียมอย่างถูกสุขลักษณะ และมีการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้ผลไม้ยังคงลักษณะและคุณภาพที่ดี สามารถเก็บรักษาได้นานและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การหายใจ เป็นดัชนีสำคัญที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลไม้สดพร้อมบริโภค เนื่องจากผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งนี้ยังเป็นผลิตผลที่มีชีวิตจึงมีการหายใจอยู่ตลอดเวลา เมื่อเกิดบาดแผลจากการปอกและตัดแต่งจะส่งผลให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นได้ (Rico และคณะ, 2007) ซึ่งอัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นจากบาดแผลจะไปกระตุ้นการสังเคราะห์เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องทำให้ผลไม้เกิดการเสื่อมคุณภาพ เช่น การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยปอกหรือรอยตัด ดังนั้นหากทราบอัตราการหายใจของผลไม้ตัดแต่ง จะทำให้สามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมในเตรียมและการเก็บรักษาผลไม้ตัดแต่งได้ จึงเป็นที่มาของการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีการหั่นชิ้นของเนื้อมะม่วงและเก็บรักษาในอุณหภูมิต่างๆ กัน

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ถนนพหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพ 10900
[1] Postharvest and Product Processing Research and Development Office, Department of Agriculture, Phaholyothin Rd., Ladyao. Chatuchak, Bangkok 10900

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ล้างทำความสะอาดแล้ว มาตัดแต่งเป็นชิ้น 3 รูปแบบ คือ หั่นชิ้นครึ่งผล หั่นสิบหกชิ้นต่อผล และหั่นชิ้นขนาดเท่าลูกเต๋า วัดการหายใจของเนื้อมะม่วงด้วยวิธีการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซแบบระบบปิด (Static system) โดยใส่เนื้อมะม่วงในกล่องพลาสติกขนาด 20.5X20.5X13.0 ซม. ปิดฝาให้สนิท แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 5 10 20 และ 25^{o}ซ จากนั้น สุ่มวัดปริมาณก๊าซ CO_2 (%) ที่ 0 3 และ 6 ชั่วโมง เพื่อใช้คำนวณหาอัตราการหายใจ (มก.CO_2/กก.ชม.) พร้อมทั้งประเมินคุณภาพของเนื้อมะม่วงโดยดูจากลักษณะปรากฏหลังการเก็บรักษา 1 วัน

<u>การคำนวณหาอัตราการหายใจ</u>

$$\text{อัตราการหายใจ (มก.}CO_2\text{/กก.ชม.)} = \frac{\text{(\%ค่าเฉลี่ยของ } \Delta CO_2\text{/100)xปริมาตรช่องว่างในโถเป็นมิลลิลิตรx2}}{\text{(น้ำหนักผลิตผลเป็นกิโลกรัม)}}$$

เมื่อ ΔCO_2 = ความเข้มข้นของ CO_2 ที่เวลาสิ้นสุด - ความเข้มข้นของ CO_2 ที่เวลาเริ่มต้นของทุก 3 ชั่วโมง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

รูปแบบการหั่นชิ้นเนื้อมะม่วงต่ออัตราการหายใจ

เนื้อมะม่วงมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อทำการตัดแต่งให้มีขนาดชิ้นที่เล็กลงจากชิ้นครึ่งผล สิบหกชิ้นต่อผล และชิ้นขนาดเท่าลูกเต๋า ตามลำดับ (Table 1) การที่อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากบาดแผลที่เกิดจากการปอกและหั่นชิ้นนี้ไปกระตุ้นการสังเคราะห์เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจนของผลิตผลสดตัดแต่ง (Hodges และ Toivonen, 2008) ซึ่งเนื้อมะม่วงตัดแต่งจะมีอัตราการหายใจโดยเฉลี่ยสูงกว่ามะม่วงสดทั้งผล 2-3 เท่า (Figure 1 และ 2) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงที่หั่นชิ้นในแต่ละรูปแบบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่เมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏของเนื้อมะม่วงหลังการเก็บรักษานาน 1 วัน ปรากฏว่าเนื้อมะม่วงที่หั่นเป็นชิ้นขนาดลูกเต๋ามีการเกิดสีน้ำตาลและรอยช้ำที่ผิวเนื้อบริเวณรอยตัดมากกว่าเนื้อมะม่วงที่หั่นเป็นสิบหกชิ้น และชิ้นครึ่งผล ตามลำดับ เนื่องจากบาดแผลที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีได้รวดเร็วและมีการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่าผลไม้สดที่ไม่ผ่านการแปรรูป (จริงแท้, 2546; Rattanapanone และคณะ, 2000)

ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการหายใจ

อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อกระบวนการหายใจของเนื้อมะม่วงตัดแต่งอย่างชัดเจน โดยการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงเพิ่มขึ้น (Figure 1) อัตราการหายใจเฉลี่ยของเนื้อมะม่วงอยู่ระหว่าง 119.4-121.0 $mgCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5^{o}ซ และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 550.1-582.0 $mgCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ ในการเก็บรักษาที่ 25^{o}ซ (Table 1) ทั้งนี้เพราะค่าอุณหภูมิสัมประสิทธิ์ (Q_{10}) ของปฏิกิริยาทางชีววิทยาของผลิตผลสดจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากปกติ เท่ากับ 2 หรือ 3 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10^{o}ซ (Zagory และ Kader, 1988; Nakamura และคณะ, 2004) จึงทำให้การหายใจของผลิตผลสดเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น

สรุปผล

การวัดอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงพร้อมบริโภคที่มีการหั่นชิ้นขนาดต่างๆ และเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันนี้ สามารถช่วยในการประเมินหาวิธีการตัดแต่งและการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงพร้อมบริโภคได้ โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- การเก็บรักษามะม่วงตัดแต่งที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้เนื้อมะม่วงมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น
- ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจและอุณหภูมิสามารถสร้างเป็นกราฟเส้นตรงโดยใช้ Semi-log
- รูปแบบการหั่นชิ้นเนื้อมะม่วงไม่ส่งผลมากนักต่ออัตราการหายใจของเนื้อมะม่วง แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ คือ การหั่นชิ้นเนื้อมะม่วงให้มีขนาดเล็กลงจะทำให้เกิดสีน้ำตาลและรอยช้ำที่ผิวเนื้อมะม่วงบริเวณรอยตัดมากขึ้น

ดังนั้น ในการเตรียมเนื้อมะม่วงพร้อมบริโภคไม่ควรทำการตัดแต่งด้วยขนาดชิ้นที่เล็กเกินไป และควรเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตาม การใช้อุณหภูมิต่ำเกินไปอาจมีผลให้เกิดอาการ Chilling injury ได้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, พิมพ์ครั้งที่ 5, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 369 หน้า.

Hodges, D.M. and Toivonen, P.M.A., 2008, Quality of Fresh-cut Fruits and Vegetables as Affected by Exposure to Abiotic Stress, Postharvest Biology and Technology, 48: 155-162.

Nakamura, N., Rao, D.V.S., Shina, T. and Nawa, Y., 2004, Respiration Properties of Tree-ripe Mango under CA Condition, JARQ, 38(4): 221-226.

Rattanapanone, N., Chongsawat, C. and Chaiteep, S., 2000, Fresh-cut Fruits in Thailand, HortScience, 35(4): 543-546.

Rico, D., Martin-Diana, A.B., Baratb, J.M. and Barry-Ryan, C., 2007, Extending and Measuring the Quality of Fresh-cut Fruit and Vegetables: A Review, Trends in Food Science and Technology, 18: 373-386.

Zagory, D. and Kader, A.A., 1988, Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce, Food Technology, 42(9): 70-77.

Table 1 Values of the respiration rate ($mgCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$) of mango flesh at various cutting styles and temperature

Temperature	Cutting styles		
	half fruit	1/16 pieces per fruit	dice
5°C	119.4 a[1/]	120.3 a	121.0 a
10°C	175.0 a	179.3 b	182.0 b
20°C	371.8 b	397.2 c	401.2 c
25°C	550.1 c	578.6 d	582.0 d
F-test	**	**	**
CV (%)	10.9	4.2	4.1

[1/] 'abcd' means followed by common letter within the same column were significantly different (*p*<0.05) by DMRT

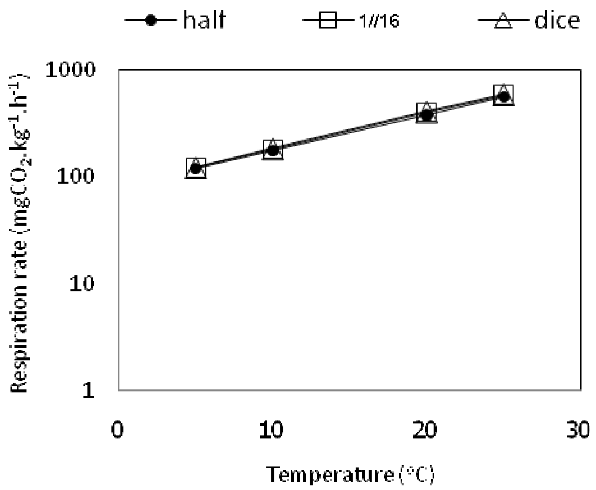


Figure 1 Effect of cutting and storage temperature on the respiration rate in mango flesh

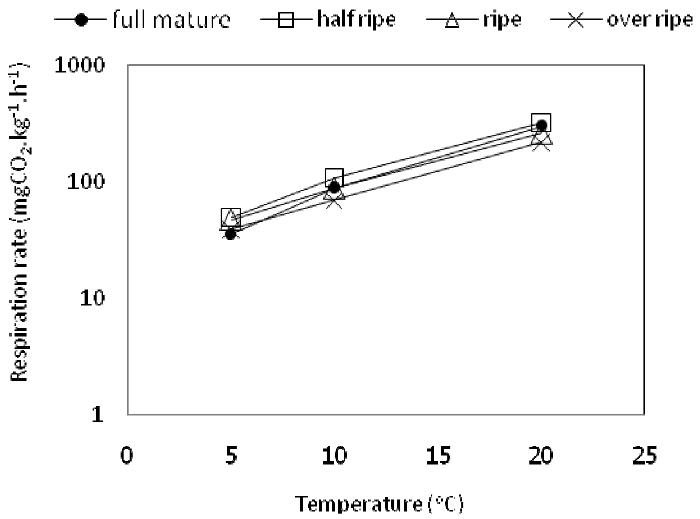


Figure 2 Effect of ripening and storage temperature on the respiration rate in whole mango

สารเคลือบผิวไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

Chitosan Coating on Physiological and Quality Changes of Asparagus Spears

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2]
Poubol, J.[1] and Boonyaritthongchai, P.[2]

Abstract

The effects of chitosan coating on physiological and quality of asparagus spears were studied. Asparagus spears were coated with 0, 0.5, 1.0, and 1.5% chitosan. The samples were placed on foam trays and wrapped with PVC film, then stored at 10oC, 85±5% for up to 12 days. Asparagus spears were determined for physiological and quality such as color, odor, crispness, and browning. Panelists evaluated asparagus spears and would not accept it as the quality was below 5 scores. The results shown that color, odor, crispness, and browning of asparagus spears were decreased during storage. Coated asparagus spears presented acceptance score lower than that of uncoated asparagus spears, and had a shorter shelf life of 6 days. Uncoated asparagus spears had a longer shelf life of 9 days. Chitosan coating on asparagus spears had an affected on gas transmission that may induce the earlier senescence than that of uncoated asparagus spears.

Keywords: chitosan, asparagus, physiological, quality

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง โดยจุ่มหน่อไม้ฝรั่งในสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 1.5 จากนั้นเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในถาดโฟมหุ้มฟิล์มพลาสติกพีวีซีที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85±5 เป็นเวลา 12 วัน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งโดยดูจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น ความกรอบ และการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งผู้บริโภคจะให้คะแนนและจะไม่ยอมรับหน่อไม้ฝรั่งเมื่อหน่อไม้ฝรั่งมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่ำกว่า 5 คะแนน จากการทดลองพบว่าหน่อไม้ฝรั่งมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น ความกรอบ และการเกิดสีน้ำตาลลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลงมากกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซานทำให้มีอายุการวางจำหน่ายเพียง 6 วัน ในขณะที่หน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้ใช้สารเคลือบผิวไคโตซานมีอายุการวางจำหน่ายนานถึง 9 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเคลือบผิวหน่อไม้ฝรั่งด้วยไคโตซานมีผลทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซต่างๆ ลดลง จึงเสื่อมสภาพเร็วกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซาน

คำสำคัญ: ไคโตซาน หน่อไม้ฝรั่ง สรีรวิทยา คุณภาพ

คำนำ

ประเทศไทยมีการส่งออกหน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) ไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ โดยมีตลาดหลักที่สำคัญ คือ ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย เม็กซิโก ฟิลิปปินส์ และสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ (จิรภา, 2549) แต่เนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งที่ส่งออกเมื่อไปถึงยังประเทศปลายทางนั้นมีคุณภาพไม่ดีเนื่องจากเกิดการเน่าเสีย โดยมีสาเหตุมาจากหลายขั้นตอนของการผลิต เช่น การคัดคุณภาพ การตัดแต่ง การบรรจุหีบห่อ การขนส่ง และการกระจายสินค้า รวมถึงการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนของการผลิต จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวทำให้หน่อไม้ฝรั่งสูญเสียคุณภาพอย่างรวดเร็ว เกิดการเน่าเสีย และมีอายุการวางจำหน่ายสั้น ไคโตซาน (poly β-(1-4) N-acetyl-D-glucosamine) เป็นอนุพันธ์ของไคติน พบในโครงสร้างแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น กุ้ง ปู ปลาหมึก อีกทั้งยังสังเคราะห์ได้จากเชื้อรา

---

[1] คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม ประเทศไทย
[1] Faculty of Libery Art and Sciences Kasetsart University, Kumpaengsan, Nakornpathom, Thailand
[2] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประเทศไทย
[2] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand

Aspergillus niger, *Mucor rouxii* และ *Penicillium notatum* (Tan และคณะ, 1996; Knorr, 1984) ไคโตซานเป็นสารที่ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ ย่อยสลายได้ง่าย มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้สามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร ปัจจุบันมีการนำไปใช้ในการเคลือบผิวของผักและผลไม้สด (Devlieghere และคณะ, 2004; El-Ghaouth และคณะ, 1991; El Ghaouth และคณะ; 1992; Li และ Yu, 2001; Romanazzi และคณะ, 2002) โดยพบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้พืชเกิดกระบวนการป้องกันตนเอง (El-Ghaouth และคณะ, 1992; Fisk และคณะ, 2008) ช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ (Young และคณะ, 1982) ชะลอการเน่าเสียและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด (El Ghaouth และคณะ, 1991; Du และคณะ, 1997; Romanazzi และคณะ, 2002 แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของผลิตผลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของผลิตผล (Devlieghere และคณะ, 2004; Badawy และ Rabea, 2009) จากการศึกษาผลของไคโตซานต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในหน่อไม้ฝรั่งพบว่าการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และ 1.5 มีผลในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในหน่อไม้ฝรั่งได้ประมาณ 0.5 log CFU/g (จุฑาทิพย์ และ พนิดา, 2554) งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ใช้หน่อไม้ฝรั่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร (เกรดเอ) ซึ่งปลูกในจังหวัดนครปฐม คัดเลือกหน่อที่มีลักษณะปลายหน่อตั้งตรง มีความยาวใกล้เคียงกัน ปราศจากตำหนิ โรคและแมลง จากนั้นล้างเศษดินและสิ่งแปลกปลอมบริเวณโคนหน่อออกด้วยน้ำประปา ตัดให้ได้ความยาว 12 เซนติเมตร จากนั้นจุ่มหน่อไม้ฝรั่งลงในสารเคลือบผิวไคโตซาน (บริษัท ไบโอเซฟเฟอร์ จำกัด, กรุงเทพฯ) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 2.0 ทิ้งไว้ให้แห้งในตู้เขี่ยเชื้อ แล้วบรรจุหน่อไม้ฝรั่งลงในถาดโฟม ถาดละ 15 หน่อ หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด Polyvinyl chloride (PVC) ความหนา 15 ไมครอนเมตร (CO^2 permeability เท่ากับ 292,862 ml/m^2.d ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งทุก ๆ 3 วัน โดยดูจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านการเปลี่ยนแปลงสี การเกิดสีน้ำตาล กลิ่น และความกรอบ โดยใช้ผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ให้คะแนนเป็น 9 ระดับ คือ 9 = like extremely, 8 = like very much, 7 = like moderately, 6 = like slightly, 5 = neither like nor dislike, 4 = dislike slightly, 3 = dislike moderately, 2 = dislike very much และ 1 = dislike extremely วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan's multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง โดยดูจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี การเกิดสีน้ำตาล กลิ่น และความกรอบ ซึ่งผู้บริโภคจะให้คะแนนและจะไม่ยอมรับหน่อไม้ฝรั่งเมื่อหน่อไม้ฝรั่งมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่ำกว่า 5 คะแนน จากการทดลองพบว่าหน่อไม้ฝรั่งทุกวิธีการทดลองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสี (Figure 1a) การเกิดสีน้ำตาล (Figure 1b) กลิ่น (Figure 1c) และความกรอบ (Figure 1d) ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลงมากกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซาน (control) และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบและไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซานยังมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี การเกิดสีน้ำตาล กลิ่น และความกรอบสูงกว่า 5 คะแนน ซึ่งผู้บริโภคยังให้การยอมรับโดยพบว่าหน่อไม้ฝรั่งมีลักษณะปรากฏดังแสดงใน Figure 2a

ภายหลังจากที่เก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน พบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลงต่ำกว่า 5 คะแนน ในขณะที่หน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซานมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคเท่ากับ 5 คะแนน เป็นผลให้หน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซานมีอายุการวางจำหน่ายนานกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชผักที่มีอัตราการหายใจสูง อีกทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและทางชีวเคมีอย่างรวดเร็ว (Chang, 1987) ดังนั้นเมื่อถูกเคลือบผิวด้วยไคโตซานจึงทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซ ไอน้ำ และความร้อนจากกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ลดลง จึงทำให้มีการเสื่อมสภาพเร็วกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซาน ซึ่งลักษณะปรากฏของหน่อไม้ฝรั่งแสดงใน Figure 2b

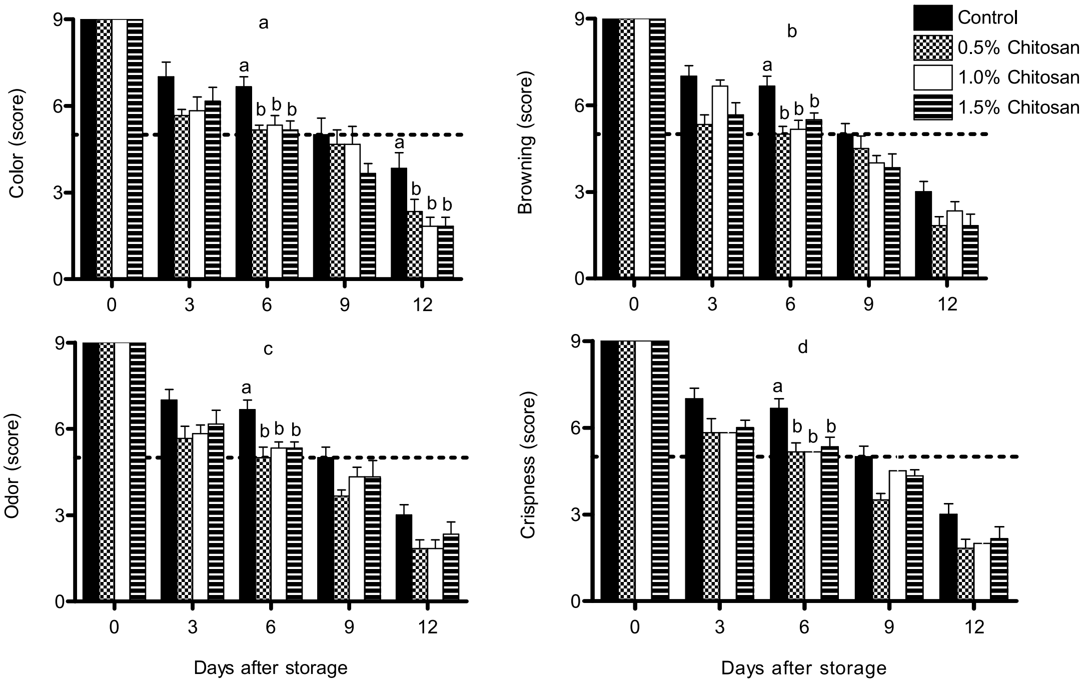


Figure 1 Consumer acceptability of color (a), browning (b), odor (c), and crispness (d) of asparagus coated with chitosan at 0 (control), 0.5, 1.0 and 1.5 % stored at 10°C for 12 days.

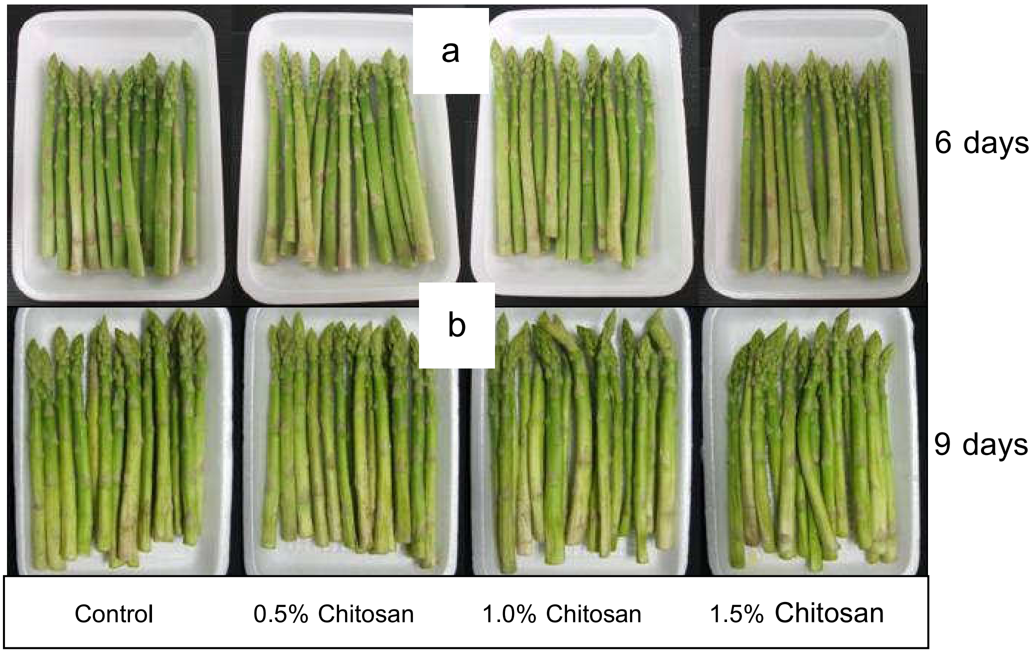


Figure 2 Appearance of asparagus coated with chitosan at 0 (control), 0.5, 1.0 and 1.5% stored at 10°C for 6 (a) and 9 (b) days.

สรุปผล

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาพบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซาน มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น ความกรอบ และการเกิดสีน้ำตาล ลดลงมากกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซาน โดยหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานมีอายุการวางจำหน่ายเพียง 6 วัน ในขณะที่หน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้ใช้สารเคลือบผิวไคโตซานมีอายุการวางจำหน่ายนานถึง 9 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี (ศสวท) คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปี 2553

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, 2554, สารเคลือบผิวไคโตซานต่อความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาของหน่อไม้ฝรั่ง, การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 9, วันที่ 23-24 มิถุนายน 2554 ณ โรงแรมพัทยาพาร์คบีช รีสอร์ท ชลบุรี, หน้า 87.

จิรภา จอมไธสง, 2549, หน่อไม้ฝรั่ง, จดหมายข่าว ส่วนส่งเสริมการผลิตผัก ไม้ดอกไม้ประดับและสมุนไพร, ปีที่ 3 ฉบับที่ 11 เดือน มกราคม พ.ศ. 2549.

Badawy, M.E.I. and Rabea, E.I., 2009, Potential of the Biopolymer Chitosan with Different Molecular Weights to Control Postharvest Gray Mold of Tomato Fruit, Postharvest Biology and Technology, 51: 110-117.

Chang, D.N., 1987, Asparagus. In J. Weichman (Ed.), Postharvest Physiology of Vegetables (pp. 523-525), New York: Marcel Dekker.

Devlieghere, F., Vermeulen, A. and Debevere, J., 2004, Chitosan: Antimicrobial Activity, Interactions with Food Components and Applicability as a Coating on Fruit and Vegetables, Food Microbiology, 21: 703-714.

Du, J.M., Gemma, H. and Iwahori, S., 1997, Effects of Chitosan Coating on the Storage of Peach, Japanese Pear, and Kiwifruit, Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 66: 15–22.

El Ghaouth, A., Arul, J., Grenier, J. and Asselin, A., 1992, Antifungal Activity of Chitosan on Two Postharvest Pathogens of Strawberry Fruits, Journal of Phytopathology, 82: 398–402.

El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R. and Boulet, M., 1991, Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries, Journal of Food Science, 56: 1618–1620.

Fisk, C.L., Silver, A.M., Strik, B.C. and Zhao, Y., 2008. Postharvest Quality of Hardy Kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') Associated with Packaging and Storage Conditions, Postharvest Biology and Technology, 47: 338-345.

Knorr, D., 1984, Use of Chitinous Polymers in Food-Achallenge for Food Research and Development, Food Technology, 38: 85-97.

Li, H. and Yu, T., 2001, Effect of Chitosan on Incidence of Brown Rot, Quality and Physiological Attributes of Postharvest Peach Fruit, Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 269–274.

Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Di Venere, D. and Salerno, M., 2002, Effects of Pre- and Postharvest Chitosan Treatments to Control Storage Grey Mold of Table Grapes, Journal of Food Science, 67: 1862–1867.

Tan, S.C., Tan, T.K., Wong, S.M. and Khor, E., 1996, The Chitosan Yield of Zygomycetes at their Optimum Harvesting Time, Carbohydrate Polymer, 30: 239-242.

Young, D.H., Kohle, H. and Kauss, H., 1982, Effect of Chitosan on Membrane Permeability of Suspension Cultured *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris* Cells, Plant Physiology, 70: 1449-1454.

วิธีการอย่างรวดเร็วเพื่อการคัดเลือกเอนไซม์โปรติเนสจากผักและผลไม้บางชนิดโดยใช้ agar plate diffusion

A Rapid Method to Screening Enzyme Proteinase from Some Vegetables and Fruits Using Agar Plate Diffusion

รัชนี ไสยประจง[1] สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]

Saiprajong, R.[1], Pinitglang, S.[1] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

The aim of this study is to screening source of proteinase from some vegetables and fruits by using specific substrate AZCL-casein agar plate diffusion technique. The sample were fruit of 42 samples and vegetables of 73 samples used both edible and non-edible part. Crude enzyme of samples were extracted with phosphate buffer pH 6.0 and then the crude enzyme obtained to determine the protein hydrolysis on AZCL-casein plate with agar plate diffusion method and then observed blue zone in positive test. The selected source of the enzyme showed positive that fruit 17 samples and vegetable 39 samples. The selected sample such as cantaloupe (*Cucumis melo* var.cantalupensis), Fig (*Ficus racemosa Linn)*, (*Ficus hispida Lin)* and snake gourd (*Trichosanthes cucumerina*), based on diameter of the blue zone as well as the rate of reaction. The sample were identified with various specific proteinase inhibitors such as 2,2′ Dipyridyl disulphide (2PDS), phenylmethyl sulfonylfluoride(PMSF), Iodoacetamide and β-Mercaptoethanol (β-ME) and then classified were serine proteinase and cysteine proteinase.

Keywords: AZCL-casein, proteinase, agar plate diffusion

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแหล่งของเอนไซม์โปรติเนส ในผักและผลไม้บางชนิดโดยใช้ซับสเตรตจำเพาะ AZCL-casein ด้วยเทคนิด agar plate diffusion ทำการศึกษาในผลไม้จำนวน 42 ตัวอย่าง และผักจำนวน 73 ตัวอย่าง โดยใช้ทั้งส่วนที่กินได้และไม่ได้ นำมาสกัด cured enzyme ด้วยฟอสเฟต บัฟเฟอร์ pH 6.0 จากนั้นนำ crude enzyme ที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน บน AZCL-casein plate ด้วยเทคนิค agar plate diffusion สังเกตผลการทดสอบที่เป็นบวก blue zone ที่เกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่าตัวอย่างผลไม้ให้ผลบวก จำนวน 17 ตัวอย่าง และผักให้ผลบวก จำนวน 39 ตัวอย่าง จากนั้นได้คัดเลือกตัวอย่างที่จะนำมาศึกษาต่อ ได้แก่ แคนตาลูป มะเดื่ออุทุมพร มะเดื่อปล้อง และบวบงู โดยพิจารณาจากเส้นผ่านศูนย์กลางของ blue zone รวมถึงอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยา นำมาตรวจสอบชนิดของเอนไซม์โปรติเนสโดยใช้ตัวยับยั้งที่จำเพาะชนิดต่างๆ ได้แก่ 2,2′ Dipyridyl disulphide (2PDS), phenylmethyl sulfonylfluoride(PMSF), Iodoacetamide และ β-Mercaptoethanol (β-ME) จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าเอนไซม์โปรติเนสที่พบแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เซรีน โปรติเนส และซีสเตอีน โปรติเนส

คำสำคัญ: AZCL-casein, proteinase, agar plate diffusion

คำนำ

ประเทศไทยเป็นภูมิประเทศที่เหมาะแก่การทำเกษตรกรรม จึงทำให้ประเทศไทยมีอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งส่งผลให้ผักและผลไม้ในบางฤดูกาลมีปริมาณและการผลิตสูง จึงทำให้ผักและผลไม้นั้นเกิดผลผลิตล้นตลาดซึ่งส่งผลทำให้ผักและผลไม้มีมูลค่าทางการค้าต่ำ ทำให้เกษตรกรเกิดภาวะขาดทุน ดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าแหล่งที่ใช้ในการผลิตเอนไซม์นั้นจะได้มาจากแหล่งต่างๆ กัน เช่น สัตว์ พืช ผัก ผลไม้และจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงได้มีความสนใจที่จะศึกษาแหล่งของเอนไซม์โปรติเนสแหล่งใหม่ๆ จากผักและผลไม้ เพื่อใช้เป็นแหล่งในการผลิตเอนไซม์โปรติเนสในระดับอุตสาหกรรม เพื่อเป็น

[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร

[1] School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce Vibhavadee Rangsit Road Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok,Thailand

การเพิ่มมูลค่าทางการค้าของผักและผลไม้ให้เพิ่มสูงขึ้นและทำให้ผักและผลไม้นั้นไม่เกิดสภาวะล้นตลาด และทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมและเพื่อเป็นการเพิ่มองค์ความรู้ทางด้านเอนไซม์โปรติเนสที่แยกได้จากพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

แหล่งของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการคัดเลือกเอนไซม์ ตัวอย่างจำพวกผลไม้ จำนวน 42 ชนิด และตัวอย่างจำพวกผัก จำนวน 73 ตัวอย่าง โดยส่วนที่นำมาใช้ในการทดสอบจะใช้ทั้งส่วนที่กินได้และกินไม่ได้ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจะซื้อจากตลาดสด หรือ ซุปเปอร์มาเก็ต และแหล่งอื่นๆ

การคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์โปรติเนส

ทำการคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์โปรติเนสจากผักหรือผลไม้ต่างๆ โดยนำตัวอย่างผักและผลไม้ชนิดต่างๆ มาสกัดเอนไซม์ด้วย 0.1 M phosphate buffer pH 6.0 ในอัตราส่วน 1:1 นำตัวอย่างบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ กรองเอากากทิ้ง จะได้ส่วนใส หรือ crude enzyme จากนั้นนำ crude enzyme ที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนบน AZCL-casein plate ด้วยเทคนิค agar plate diffusion สังเกต blue zone ที่เกิดขึ้น (Figure 1)

a b c

Figure 1 AZCL-Casein agar plate: AZCL-casein plate before testing to protein hydrolysis (a), crude enzyme on AZCL-casein plate (b), blue zone on AZCL-casein plate (c).

การทดสอบบน AZCL-casein plate

เตรียมสารละลายวุ้นให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v) ใน 0.1 M phosphate buffer pH 6.0 จากนั้นนำไปต้มเดือดนำมาเติมซับสเตรต AZCL – Casein ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 คนให้ AZCL – Casein กระจายทั่วสารละลาย เทใส่จานเลี้ยงเชื้อ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เพื่อให้มีความหนาของวุ้นเท่ากันทุกจานทิ้งให้วุ้นแข็งตัว จากนั้นเจาะวุ้นให้เป็นหลุมเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร นำ crude enzyme ที่สกัดได้มาหยดในหลุมๆ ละ 100 ไมโครลิตร (Figure 1B) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ตรวจผลการทดลองโดยดูการเกิด blue zone ทุก 30 นาที ในการทดลองจะใช้ crude enzyme จากสับปะรด และกีวี เป็น positive control และใช้สารละลาย 0.1 M phosphate buffer pH 6.0 เป็น negative control

การตรวจสอบชนิดของเอนไซม์โปรติเนส

จากผลการคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์ซีสเตอีน โปรติเนส พบว่ามีตัวอย่างที่น่าสนใจที่จะนำมาศึกษาต่อหลายตัวอย่าง เช่น แคนตาลูป มะเดื่ออุทุมพร มะเดื่อปล้อง และบวบงู เป็นต้น เนื่องจากให้ blue zone กว้าง ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบว่าเป็นเอนไซม์โปรติเนสในกลุ่มใด โดยนำมาทำปฏิกิริยากับตัวยับยั้ง ชนิดต่างๆ ได้แก่ 2,2′ Dipyridyl disulphide (2PDS), phenylmethyl sulfonylfluoride(PMSF), Iodoacetamide และ β-Mercaptoethanol (βME)

ผลการทดลอง

ผลการคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์โปรติเนส

จากการนำตัวอย่างผลไม้ จำนวน 42 ตัวอย่าง และตัวอย่างผักจำนวน 73 ตัวอย่าง มาตรวจสอบประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนบน AZCL-casein plate พบว่าตัวอย่างจากผลไม้ทั้งส่วนที่กินได้ และกินไม่ได้ ที่ให้ผลบวกเกิด blue zone ขึ้นบริเวณรอบๆ หลุมที่หยดตัวอย่าง (Figure 1C) จำนวน 17 ตัวอย่าง ได้แก่ ขนุน ซังขนุน เมล็ดขนุน ละมุดไทย ละมุดมาเลย์ สาเก แคนตาลูปซันเลดี้ (ส่วนเนื้อและเปลือก) แคนตาลูปเขียวมรกต แคนตาลูปพันธุ์ Japanese melon แคนตาลูปเมลอนสีทอง แคนตาลูปนีออน แตงไทยอ่อนทั้งเนื้อและเปลือก เงาะโรงเรียน (เนื้อ) มะเดื่อปล้อง และมะเดื่ออุทุมพร ส่วนตัวอย่างผักให้ผลบวก จำนวน 39 ตัวอย่างจากทั้งหมด 73 ตัวอย่าง ตัวอย่างผักที่ให้ blue zone กว้าง ได้แก่ บวบงู ผักสลัด ผักกาดกวางตุ้ง บวบหอม มะเขือเหลือง มะเขือม่วง และมะแว้ง เป็นต้น

การเกิด blue zone สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนเนื่องจากใช้ซับสเตรตจำเพาะคือ AZCL-casein (Azurine-Crosslinked-Casein), (Megazyme, Ireland) โดยเตรียมจากสี Azurine จับกับ caseine หรือ polysaccharide ชนิดอื่นๆ ซึ่งจะเป็น insoluble substrate และเป็นซับสเตรตที่มีความจำเพาะต่อเอนไซม์โปรติเนส เมื่อทำการทดสอบความสามารถในการไฮโดรไลซ์โปรตีน พบว่าถ้าในตัวอย่างที่นำมาศึกษามีเอนไซม์โปรติเนสจะไฮโดรไลซ์โปรตีนทำให้ปลดปล่อยสีน้ำเงินออกมา เป็น blue zone (Figure 1C) ซึ่งมีความกว้าง ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาต่างกันแปรตามปริมาณของเอนไซม์ที่มีอยู่ในในผักและผลไม้

Table 1 The reaction of crude enzyme with various inhibitors on AZCL-casein plate.

ตัวอย่าง	สารยับยั้ง	ผลการทดสอบ
1. phosphate buffer pH 6.0	-	-
2. บวบงู	-	+
3. บวบงู	2PDS	+
4. บวบงู	2PDS + PMSF	-
5. บวบงู	2PDS + PMSF + βME	-
6. แคนตาลูป	2PDS	+++
7. แคนตาลูป	2PDS + PMSF	++
8. แคนตาลูป	2PDS + PMSF+βME	++
9. มะเดื่ออุทุมพร	2PDS	-
10. มะเดื่ออุทุมพร	PMSF	+
11. มะเดื่ออุทุมพร	Iodoacetamide	-
12. มะเดื่อปล้อง	2PDS	-
13. มะเดื่อปล้อง	PMSF	+
14. มะเดื่อปล้อง	Iodoacetamide	-
15. โบรมีเลน	-	+
16. โบรมีเลน	2PDS	-

Remark + means positive test on AZCL-casein plate with blue zone
- means negative test on AZCL-casein plate without blue zone

ผลการตรวจสอบชนิดของเอนไซม์โปรติเนส

ได้นำตัวอย่างจากผลไม้ ได้แก่ แคนตาลูปสายพันธุ์ต่างๆ มะเดื่อสายพันธุ์ต่างๆ สำหรับตัวอย่างจากผัก ได้แก่ บวบงู ผักสลัด มะแว้ง เป็นต้น ไปศึกษาชนิดของเอนไซม์โปรติเนส โดยใช้ตัวยับยั้งเอนไซม์โปรติเนสที่แตกต่างกันได้แก่ 2,2′ Dipyridyl disulphide (2PDS) และ Iodoacetamide ซึ่งเป็นสารยับยั้งเอนไซม์ในกลุ่มซีสเตอีน โปรติเนส และ

phenylmethyl sulfonylfluoride (PMSF) ซึ่งเป็นสารยับยั้งเอนไซม์ในกลุ่มเซรีน โปรติเนส พบว่าเมื่อนำ crude เอนไซม์จากตัวอย่างชนิดต่างๆ มาทำปฏิกิริยากับสารยับยั้ง crude เอนไซม์จากบวบงูและแคนตาลูปไม่ถูกยับยั้งด้วย 2PDS และ iodoacetamide แต่จะถูกยับยั้งด้วยสาร PMSF แสดงว่า เอนไซม์โปรติเนสที่พบในบวบงูและแคนตาลูปจัดอยู่ในกลุ่มเซรีน โปรติเนส ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Noda และคณะ (1994) ได้รายงานว่าเอนไซม์โปรติเนสที่แยกได้จาก melon fruit (*Cucumis melo* L.) อยู่ในกลุ่มเซรีน โปรติเนส เนื่องจากถูกยับยั้งด้วย diisopropyl phosphofluoridate (DFP) ซึ่งเป็นสารยับยั้งเอนไซม์เซรีน โปรติเนสชนิดหนึ่ง และ Yamagata และคณะ (1994) ได้รายงานว่าใน *Cucumis melo* L. จะพบเอนไซม์ thermostable alkaline เซรีน โปรติเนส ในขณะที่ crude เอนไซม์จากมะเดื่ออุทุมพรและมะเดื่อปล้อง จะถูกยับยั้งด้วย 2PDS และ iodoacetamide และไม่ถูกยับยั้งด้วย PMSF จึงจัดอยู่ในกลุ่มเอนไซม์ซีสเตอีนโปรติเนส

วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง

จากการนำตัวอย่างผลไม้ 42 ตัวอย่าง และผัก 73 ตัวอย่าง มาคัดเลือกแหล่งของเอนไซม์โปรติเนส พบว่าตัวอย่างจากผลไม้ให้ผลบวก จำนวน 17 ตัวอย่าง ได้แก่ ขนุน ซังขนุน เมล็ดขนุน ละมุดไทย ละมุดมาเลย์ สาเก แคนตาลูปซันเลดี้ (เนื้อ) แคนตาลูปซันเลดี้ (เปลือก) แคนตาลูป (เขียวมรกต) แคนตาลูป (Japanese melon) แคนตาลูป (เมลอนสีทอง) แคนตาลูป (นีออน) แตงไทยอ่อนทั้งเนื้อและเปลือก เงาะโรงเรียน (เนื้อ) มะเดื่อปล้อง และมะเดื่ออุทุมพร ตัวอย่างผักให้ผลบวกจำนวน 39 ตัวอย่างจากทั้งหมด 73 ตัวอย่าง ตัวอย่างผักที่ให้ blue zone กว้าง ได้แก่ บวบงู ผักสลัด ผักกาดกวางตุ้ง บวบหอม มะเขือเหลือง มะเขือม่วง และมะแว้ง จากการตรวจสอบชนิดของเอนไซม์โปรติเนสโดยใช้สารยับยั้งชนิดต่างๆ ในแคนตาลูป มะเดื่ออุทุมพร มะเดื่อปล้อง และ บวบงู พบว่าเอนไซม์จากมะเดื่ออุทุมพรและมะเดื่อปล้องอยู่ในกลุ่มซีสเตอีน โปรติเนส เนื่องจากถูกยับยั้งด้วย 2,2′ Dipyridyl disulphide (2PDS) และ iodoacetamide

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนุบสนุนจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

เอกสารอ้างอิง

Noda, K., Koyanagi, M. and Kamiya, C., 1994, Purification and Characterization of an Endoprotease from Melon Fruit, Journal of Food Science, 59(3): 585-587.

Sun, J., Wang, M., Cho, J., Zhao, Y. and Jiang, W., 2010, Characterization of Three Novel Alkaline Serine Proteases from Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Fruit and Their Potential Application, Journal of Food Biochemistry, 34(5): 1014-1031.

Tajima, T., Yamaguchi, A., Matsushima, S., Satoh, M., Hayasaka, S., Yoshimatsu, K. and Shioi, Y., 2011, Biochemical and Molecular Characterization of Senescence-related Cysteine Protease-cystatin Complex from Spinach Leaf, Physiologia Plantarum, 141(2): 97-116.

Yamagata, H., Masuzawa, T., Nagaoka, Y., Ohnishi, T. and Iwassaki, T., 1994, Cucumsin, a Serine Protease from Melon Fruits, Shares Structural Homology with Subtilisin and is Generated from a Large Precursor, Journal of Biological Chemistry, 269: 32725-32731.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 577-580 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 577-580 (2554)

การศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์สำหรับการจำลองการขนส่งมังคุดฉายรังสีแกมมาทางเรือ

A Study of Packaging for Stimulated Sea Shipment of Gamma Irradiated Mangosteen

ปริยวรรณ ทรัพยสาร[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] วาริช ศรีละออง[1] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Sapayasarn, P.[1], Uthairatanakij, A.[1], Jitareerat, P.[1], Srilaong, V.[1] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) has a market potential in the United State. The sea shipment is very important to reduce a product cost as cheaper than air flight transportation, but much take longer period. Mangosteen has a short shelf life due to rapid color change to dark purple within 4-5 days and harden pericarp. The aim of this research was to study the effect of packaging on quality of gamma irradiated mangosteen during stimulated sea shipment. Fruit were harvested at the commercial stage, packed in 4 differences packaging; nylon bag (control), active bag, perforated PE bag and clamshell (PET) box, and then irradiated with gamma ray at the concentration of 0.460-0.950 kGy. Fruit were kept at 13°C and sampled to evaluate the quality weekly. The results showed that an overall qualities and consumer acceptance of irradiated mangosteen decreased during the storage life. Clamshell box had ability to maintain consumer acceptance and overall qualities for 21 days, however disease incidence was not significantly different among treatments on day 28.

Keywords: packaging, gamma, irradiated

บทคัดย่อ

มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) เป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการแข่งขันสำหรับตลาดสหรัฐอเมริกา การขนส่งทางเรือเป็นการลดต้นทุนสินค้าที่มีความจำเป็น เพราะมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าการขนส่งทางเครื่องบินหลายเท่าตัว แต่ใช้เวลานานกว่ามาก เนื่องจากผลมังคุดมีอายุการวางจำหน่ายสั้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกอย่างรวดเร็วจนเป็นสีม่วงดำภายใน 4-5 วัน และเกิดอาการเปลือกแข็ง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับการขนส่งมังคุด ฉายรังสีแกมมาทางเรือสำหรับตลาดสหรัฐอเมริกา เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายผลมังคุดให้นานขึ้น โดยทำการบรรจุผลมังคุดที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางการค้า (ระยะที่ 2: ผลมังคุดมีสีน้ำตาลเรื่อๆ เกือบทั้งผล) ในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงตาข่ายไนล่อน (ชุดควบคุม), ถุง active, ถุงพลาสติก PE เจาะรู และกล่องพลาสติก PET แบบ clamshell จากนั้นนำไปฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 0.460-0.950 กิโลเกรย์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผลทุกสัปดาห์ พบว่า ผลมังคุดฉายรังสีแกมมา มีคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยผลมังคุดที่บรรจุในกล่องพลาสติก PET แบบ clamshell สามารถรักษาคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพโดยรวมไว้ได้สูงที่สุด นาน 21 วัน อย่างไรก็ตามผลมังคุดทุกทรีตเมนท์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน แสดงอาการของโรคไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์ รังสีแกมมา การฉายรังสี

คำนำ

มังคุด เป็นผลไม้ที่รสชาติดี มีสีสันสวยงาม จนถือได้ว่าเป็นราชินีแห่งผลไม้ (Salunkhe และ Desai 2001) มังคุดเป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่ถูกกำหนดให้เป็นผลไม้เศรษฐกิจ ในปัจจุบันพบว่า ตลาดมีความต้องการมังคุดสูงมาก ทั้งตลาดภายในและตลาดต่างประเทศ โดยมีมูลค่าการส่งออกในปี 2553 สูงถึง 119,571 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,955 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) สำหรับการส่งออกมังคุดไปยังตลาดสหรัฐอเมริกา ในปัจจุบันทำการขนส่งทางเครื่องบิน ทำให้มีต้นทุนสูง หากสามารถขนส่งมังคุดทางเรือ ก็จะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้และทำให้ราคาจำหน่ายในตลาดถูกลง จึงน่าจะสามารถแข่งขันกับผลไม้อื่นๆ ได้ดียิ่งขึ้น (อภิรดี และคณะ, 2553) การฉายรังสีแกมมา เป็นทางเลือก

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

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

ทางหนึ่งในการกำจัดโรคและแมลง มีความปลอดภัยเนื่องจากไม่มีสารพิษตกค้างและยังลดการใช้สารเคมี คณะวิจัยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ทำการศึกษาการฉายรังสีแกมมากับผลมังคุด พบว่าการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 150 เกรย์ สามารถควบคุมแมลงวันผลไม้ได้ ปริมาณ 400 เกรย์ สามารถควบคุม scale insect และ mealybugs ได้ โดยมังคุดสามารถทนต่อรังสีแกมมาได้ที่ปริมาณ 1,000 เกรย์ ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลไม้ในระหว่างการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการวางจำหน่าย มีค่าอยู่ระหว่าง 15-68 เปอร์เซ็นต์ของความเสียหายทั้งหมด (Coponis และ Butterfield, 1974, 1981; Coponis และ Cappellini, 1985) บรรจุภัณฑ์ที่ดีสามารถลดความเสียหายเหล่านี้ลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเบญจมาส และคณะ (2548) พบว่าการบรรจุมังคุดในถาดหลุมกระดาษ หรือบรรจุในถาด Polyvinylchloride (PVC) ก่อนเรียงในกล่องกระดาษลูกฟูก สามารถลดความเสียหายจากแรงสั่นสะเทือนได้ กล่องกระดาษลูกฟูกไม่ได้รับความเสียหายและผลมังคุดไม่แสดงอาการผิดปกติ ดังนั้นการขนส่งมังคุดเพื่อไปจำหน่ายยังตลาดสหรัฐอเมริกาทางเรือจึงจำเป็นจะต้องหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อลดความเสียหายระหว่างการขนส่ง และในปัจจุบันข้อมูลการเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ของมังคุดในประเทศไทยยังมีไม่มาก งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของบรรจุภัณฑ์มังคุดเพื่อการส่งออกที่มีความสามารถในการปกป้องผลมังคุดจากการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บเกี่ยวผลมังคุดในระยะสุกแก่ทางการค้า (ผลมังคุดมีสีน้ำตาลแดงเรื่อๆ เกือบทั้งผล) จากสวนที่ได้รับ GAP จากจังหวัดจันทบุรี ทำการขนส่งด้วยรถบรรทุกห้องเย็น ปรับอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลมังคุดมาจุ่มสารป้องกันกำจัดเชื้อรา Prochloraz ความเข้มข้น 500 ppm ผึ่งให้แห้ง แล้วทำการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงตาข่ายไนล่อน (ชุดควบคุม) ถุง active (ค่า WVTR เท่ากับ 0.82 g/100 inch^2/day) ถุงพลาสติก PE เจาะรู (ϕ เท่ากับ 5 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู/ถุง) และกล่องพลาสติก PET แบบ clamshell เจาะรู (ϕ เท่ากับ 5 มิลลิเมตร จำนวน 2 รู/กล่อง โดยเจาะด้านข้าง ด้านละ 1 รู) จากนั้นบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกติดมุ้ง ขนาดบรรจุ 6 กิโลกรัม/กล่อง และนำไปฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 0.464-0.952 กิโลเกรย์ จากนั้นเก็บรักษาผลมังคุดฉายรังสีแกมมาในตู้คอนเทนเนอร์ (ขนาด 20 ฟุต) ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยจะทำการสุ่มตัวอย่างผลมังคุด ทุก 7 วัน เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค อาการเปลือกแข็ง การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (ค่า Hue angle และ a* value) และการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลมังคุดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด เริ่มพบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน โดยเฉพาะมังคุดที่เก็บรักษาในถุง active มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุด คือ 52.40 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลมังคุดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE เจาะรู, กล่องพลาสติก PET แบบ clamshell และที่บรรจุในถุงตาข่ายไนล่อน มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใกล้เคียงกัน คือ 22.20-24.90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่าการบรรจุผลมังคุดในถุง active พบการเกิดโรคสูงถึง 89.40 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1a) แสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาผลมังคุดในสภาพที่มีการถ่ายเทความชื้นต่ำ เช่น ถุง active และถุงพลาสติก PE เจาะรู มีผลทำให้เกิดการสะสมความชื้นภายในสูง มีส่วนช่วยส่งเสริม
การเจริญเติบโตของเชื้อรา ในขณะที่การบรรจุในกล่องพลาสติก PET แบบ clamshell มีช่องระบายอากาศและความชื้นอยู่ด้านข้าง ทำให้มีการสะสมความชื้นต่ำกว่า ทำให้การเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคลดลง

ผลมังคุดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด มีอาการเปลือกแข็งมากขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นมังคุดที่บรรจุในกล่องพลาสติก PET แบบ clamshell ที่มีอาการเปลือกแข็งน้อยกว่า (Figure 1b) สาเหตุของอาการเปลือกแข็งของมังคุด อาจเกิดจากการกระทบกระแทกภายหลังการเก็บเกี่ยวหรือในระหว่างการขนส่ง หรือเกิดจากการสูญเสียน้ำของผลมังคุดในระหว่างการเก็บรักษา Ketsa และ Dangcham (2005) พบว่าการแข็งตัวของเปลือกมังคุดเกี่ยวข้องกับก๊าซออกซิเจน ดังนั้น ผลมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายไนล่อนจึงมีการแข็งตัวของเปลือกมากกว่าผลมังคุดที่บรรจุในกล่องพลาสติก PET แบบ clamshell

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมังคุด พบว่าผลมังคุดที่บรรจุในถุง active มีค่า Hue angle สูงที่สุด ในขณะที่ผลมังคุดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ มีค่า Hue angle ลดลงต่ำกว่าค่าเริ่มต้น และไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (Figure 2a) อย่างไรก็ตาม ค่า a* ของเปลือกมังคุด มีค่าค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่า a* ขึ้นและลง

อย่างไม่มีรูปแบบ เมื่อพิจารณาค่า a* ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าผลมังคุดที่บรรจุในถุง active มีค่า a* สูงที่สุด ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างของค่า a* (Figure 2b)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส สามารถสรุปได้ว่าผู้บริโภคยอมรับมังคุดที่เก็บรักษา นาน 21 วัน และการบรรจุมังคุดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา ทำให้มังคุดมีคุณภาพดีกว่าการบรรจุในถุงตาข่ายไนล่อน (data not shown)

สรุปผล

ผลมังคุดฉายรังสีแกมมา มีคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่า ผลมังคุดที่บรรจุในกล่องพลาสติก clamshell สามารถรักษาคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพโดยรวมไว้ได้สูงที่สุด ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน แม้จะแสดงอาการของโรคไม่แตกต่างกันในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (28 วัน)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2553

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, สถิติการส่งออกมังคุด, [Online], Available: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php [June 7, 2011].

เบญจมาส รัตนชินกร ภาณุมาศ โคตรพงศ์ ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ และประมาภรณ์ ปลั่งกลาง, 2548, ผลของความต้านแรงสั่นสะเทือนต่อภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งของผลมังคุด, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 37(2) พิเศษ: 262-265.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และวาริช ศรีละออง, 2552, การจำลองการขนส่งมะม่วง มังคุด และเงาะฉายรังสีแกมมาทางเรือสำหรับตลาดสหรัฐอเมริกา, รายงานฉบับสมบูรณ์, กองนโยบายมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. หน้า 26.

Coponis, M.J. and Butterfield, J.E., 1974, Retail and Consumer Losses of Western Pears in Metropolitan New York, Hort Science, 9(5): 447-448.

Coponis, M.J. and Butterfield, J.E., 1981, Cull Losses in Western Sweet Cherries at Retail and Consumer Levels in Metropolitan New York, Hort Science, 16(3): 324-326.

Coponis, M.J. and Cappellini, R.A., 1985, Wholesale, Retail and Consumer Level Losses of Nectarinesin Metropolitan New York, Hort Science, 20(1): 90-91.

Ketsa, S. and Dangcham, S., 2005, Effect of Temperature and Low Oxygen on the Pericarp Hardening of Mangosteen Fruits During Low Temperature, Australasian Postharvest Horticulture Conference, New Zealand, pp.25.

Salunkhe, D.K. and Desai, B.B., 2001, Postharvest Biotechnology of Fruit, Mahatma Phule Agricultural University, India.

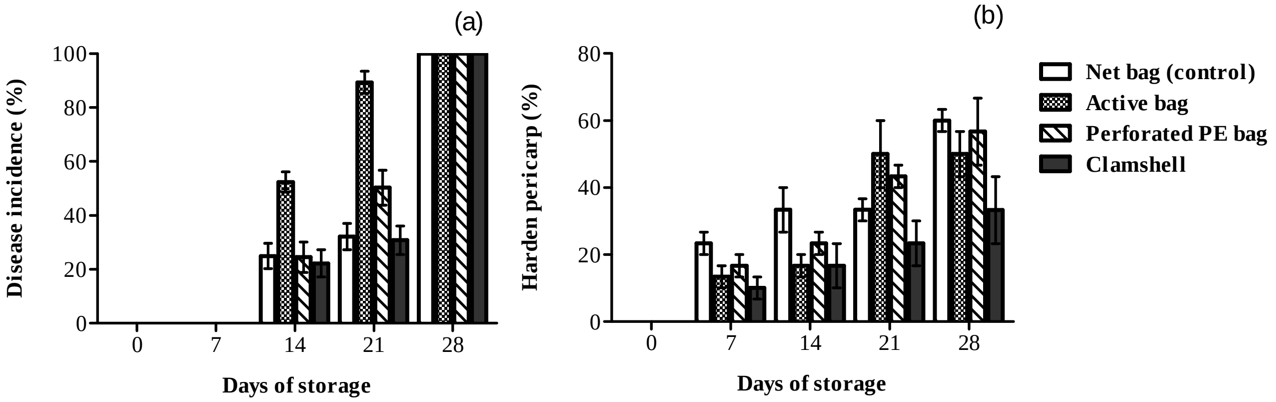


Figure 1 Effects of packaging and gamma irradiation at 0.464-0.952 Gy on disease incidence (a) and harden pericarp (b) and stored at 13°C for 28 days.

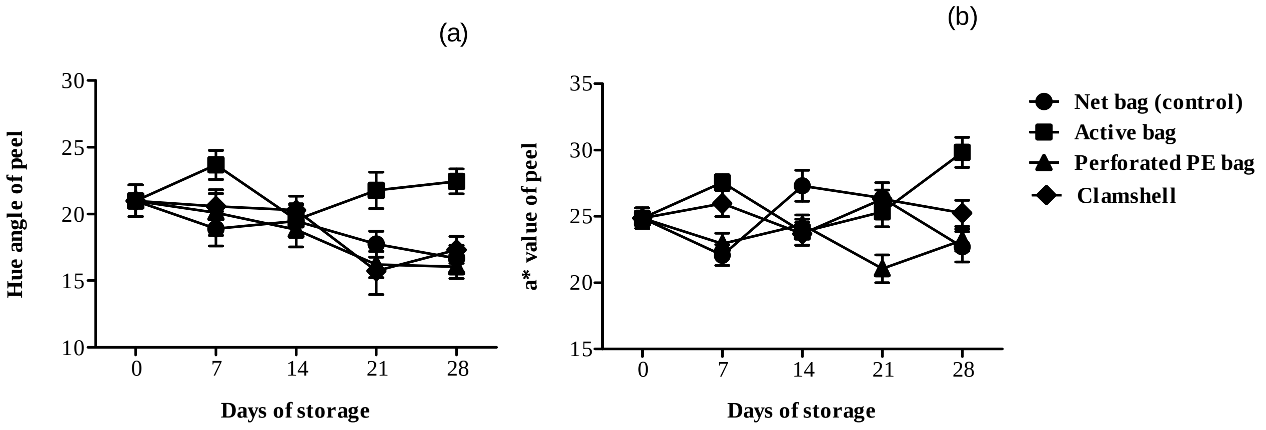


Figure 2 Effects of packaging and gamma irradiation at 0.464-0.952 Gy on hue angle (a) and a* of peel (b) and stored at 13°C for 28 days.

คุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดทานตะวัน

Nutrition and Physical Properties of Sunflower Seed Oil

พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Thongimpong, P.[1], Laohankunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The purpose of this study was to investigate nutrition and physical properties of sunflower seed oil which extracted by cold press and two organic solvents; petroleum ether and hexane. The results showed that yield percentage of oil from hexane and petroleum ether were 59.05% and 59.58%, respectively. Fatty acid compounds of sunflower seed oil were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Sunflower seed oil extracted by cold press gave the highest fatty acids (7 compounds). The result was found that two of the main compounds of sunflower seed oil were trans-9-octadecenoic acid (C18:1n-9*tr*) and all-cis-9, 12-octadecadienoic acid (C18:2n-9,12*c*) which were essential fatty acid. However, the solvent extraction with petroleum ether resulted in the highest vitamin E content (410.28 mg/100mL).The color (L*, a* and b*), hue (h) and chroma (C*) value of the cold press and solvent extraction was not significant difference (p>0.05) and refractive index of the sunflower seed oil was ranged between 1.469-1.471.

Keywords: sunflower seed oil, cold press, solvent extraction, nutrition, physical properties

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ผ่านกระบวนการสกัด 2 วิธี ได้แก่ การบีบอัดและการสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ ผลการวิจัยพบว่าน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ %yield เท่ากับ 59.05 และ 59.58 ตามลำดับ เมื่อศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดทานตะวันด้วย gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) พบว่า น้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ผ่านกระบวนการบีบอัดมีจำนวนกรดไขมันมากที่สุด 7 ชนิด โดยพบกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลัก 2 ชนิด ได้แก่ trans-9-octadecenoic acid (C18:1n-9*tr*) และ all-cis-9, 12-octadecadienoic acid (C18:2n-9,12*c*) ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็น แต่การสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ พบปริมาณวิตามินอี (α-tocopherol) สูงที่สุด เท่ากับ 410.28 mg/100mL และพบว่าการสกัดโดยการบีบอัดและด้วยตัวทำละลาย มีค่าสี (L*, a* และ b*) ค่า hue (h) และ ค่า chroma (C*) ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) คือ น้ำมันที่ได้มีเฉดสีเหลืองสว่าง และค่าการหักเหของแสงของน้ำมันเมล็ดทานตะวันอยู่ในช่วง 1.469-1.471

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดทานตะวัน การบีบอัด การสกัดด้วยตัวทำละลาย คุณค่าทางโภชนาการ คุณสมบัติทางกายภาพ

คำนำ

น้ำมันเมล็ดทานตะวันเป็นน้ำมันพืชชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ในการประกอบอาหาร เช่น การทอด หรือเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีองค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง (oleic acid และ linoleic acid) แต่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ จากการที่น้ำมันเมล็ดทานตะวันมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงส่งผลให้น้ำมันทานตะวันมีความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำมันสูง (Raß และคณะ, 2008) และเป็นตัวบงชี้คุณภาพของน้ำมันทานตะวันด้วย (Hassan และ Kaleem, 2011) นอกจากนี้ในน้ำมันเมล็ดทานตะวันยังพบวิตามินที่ละลายในไขมันปริมาณสูงเช่นวิตามินเอ ดี เค และปริมาณแคโรทีนอยด์ 0.11-0.16 mg/100g ของเมล็ดทานตะวันบด (Borodulina และคณะ, 1974) นอกจากนี้ยังมีสาร tocopherol หรือวิตามินอี ซึ่งส่งผลให้น้ำมันเมล็ดทานตะวันมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สาร antiaging และสารป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง แต่ในกระบวนการผลิตน้ำมันเมล็ดทานตะวันสูญเสีย tocopherol ในขั้นตอนการ refining ทำให้น้ำมันทานตะวันมีคุณสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระที่ลดลง (Salunkhe และคณะ, 1992) ซึ่งมีรายงานการวิจัยการสกัดน้ำมันจากเรพซีด ถั่วลิสง และเมล็ดทานตะวันด้วยเบนซีน ด้วยวิธีต่างๆ พบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่อง supercritical fluid extraction

---

[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

มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่นปริมาณ tocopherol สูงที่สุด (Matthaus และ Bruhl, 2001) แต่ในการสกัดด้วยตัวทำละลายอาจสกัดส่วนประกอบอื่นออกมา ส่งผลให้น้ำมันมีคุณภาพลดลง (Pradhan และคณะ, 2010) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ผ่านกระบวนการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ เปรียบเทียบกับน้ำมันทานตะวันที่สกัดโดยการบีบอัด (จากโรงงานอุตสาหกรรม)

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมวัตถุดิบ เมล็ดทานตะวันกะเทาะเปลือกนำมาผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยชั่งเมล็ดทานตะวันกะเทาะเปลือกบด 15 กรัม สกัดด้วย soxhlet ใช้ตัวทำละลายแต่ละชนิด 250 มิลลิลิตร เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ตามวิธีของ Abu-Arabi และคณะ (2000) ครบเวลาระเหยตัวทำละลายออกและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ องค์ประกอบของกรดไขมัน ปริมาณ α-tocopherol และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสี (L*, a* และb*) ค่า hue (h) และค่า chroma (C*) ด้วย colorimeter และวิเคราะห์ดัชนีหักเหแสงด้วย Hand refractometer ของน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ผ่านการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ 2 ชนิด เปรียบเทียบกับน้ำมันทานตะวันที่สกัดโดยการบีบอัดด้วยวิธี screw press จากโรงงานอุตสาหกรรม (บริษัทห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟลาวเวอร์ฟูด)

วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันดัดแปลงตามวิธีของ Szterk และคณะ (2010) โดยชั่งตัวอย่างน้ำมัน 0.2 กรัม ละลายในเฮกเซน 2 มิลลิลิตร เติม sodium hydroxide ใน methanol ความเข้มข้น 2M ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง จากนั้นดูดสารละลาย 200 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดตัวอย่างที่มีเฮกเซน 1 มิลิลิตร นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันทานตะวันด้วย gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) โดยใช้คอลัมน์ DB-WAX และก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพาที่อัตราการไหลคงที่ 0.9 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ injector 230 องศาเซลเซียส โดยตั้งอุณหภูมิของ oven ที่ 50 องศาเซลเซียส คงไว้เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 230 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 2.5 องศาเซลเซียสต่อนาที คงไว้ 5 นาที scan range 50-500 amu ภาวะเครื่อง 70 eV ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส และแปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ % quality match ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85

วิเคราะห์ปริมาณ α-tocopherol ดัดแปลงจากวิธีของ Gimeno และคณะ (2000) ละลายตัวอย่างน้ำมันในเฮกเซนอัตราส่วน 1: 10 v/v จากนั้นดูดสารละลาย 200 ไมโครลิตร ใส่หลอดแก้ว เติม methanol 600 ไมโครลิตร และเติม α-tocopherol ใน ethanol ความเข้มข้น 300 μg/mL ปริมาตร 200 ไมโครลิตร (internal standard) ผสมให้เข้ากัน กรองผ่านกระดาษกรอง 0.45 μm และวิเคราะห์ α-tocopherol ด้วย High-performance liquid chromatography (HPLC) (บริษัท Agilent Technologies รุ่น LC 1200 series) คอลัมน์ที่ใช้ ZURBUAX Eclipse XDB-C18 reverse phase (4.6 mm x 150 mm, 5 μm) และ condition ที่ใช้วิเคราะห์ เป็น isocratic elution system ใช้ mobile phase คือ methanol-water (96:4, v/v) ใช้ flow rate เท่ากับ 2 mL/min โดยฉีดตัวอย่างปริมาณ 50 μL ใช้ detector UV-visible diode-array ความยาวคลื่น 292 nm และวิเคราะห์ปริมาณเทียบกับสาร standard

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันโดยการบีบอัดและการใช้ตัวทำละลายเฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ พบว่าสมบัติทางกายภาพของน้ำมันทานตะวันได้แก่ ค่า L* (66.29-69.39), a* ((-1.43)-(-1.28)), b* (10.80-11.89) ค่า hue (96.66–96.83) ค่า chroma (10.88-11.98) และค่าดัชนีหักเหแสง (1.469-1.471) ของน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยการบีบอัดและการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (Table 1) คือ มีลักษณะใส มีเฉดสีเหลืองสว่าง นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่าน้ำมันทานตะวันที่ผ่านกระบวนการบีบอัดมีจำนวนกรดไขมัน 7 ชนิด (Figure 1) ซึ่งมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งพบกรดไขมัน 6 และ 5 ชนิดตามลำดับ โดยพบกรดไขมันที่เหมือนกันคือ trans-9-octadecenoic acid (C18:1n-9tr) และ all-cis-9, 12-octadecadienoic acid (C18:2n-9,12c) เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังพบ hexadecenoic acid (C16:0), heptadecanoic acid (C17:0) และ docosanoic acid (C22:0) เนื่องจากในการสกัดด้วยตัวทำละลายมีการใช้ความร้อน ซึ่งมีผลต่อชนิดของกรดไขมันซึ่งความร้อนอาจส่งผลต่อการสูญเสียกรดไขมันที่จำเป็นได้ (Zeb, 2011) และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี (α-tocopherol) ด้วย HPLC พบว่าน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์มีปริมาณ α-tocopherol สูงเท่ากับ 410.28 mg/100 ml (Figure 2) รองลงมาคือการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และการบีบอัดโดยมีค่าเท่ากับ 82.79 และ 12.76 mg/100 ml ตามลำดับ เพราะวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าในเมล็ดทานตะวันบดได้มากกว่าการสกัดด้วยวิธีบีบอัด ทำ

ให้สามารถละลายวิตามินอีออกมาได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Matthaus และ Bruhl (2001) ว่าการสกัดน้ำมันด้วยวิธีที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อปริมาณน้ำมันและสารประกอบสำคัญในน้ำมัน เช่น tocopherol

สรุปผล

น้ำมันเมล็ดทานตะวันที่สกัดโดยการบีบอัดมีชนิดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย (เฮกเซนและปิโตรเลียมอีเทอร์) แต่น้ำมันเมล็ดทานตะวันที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์สามารถสกัด α-tocopherol ได้ปริมาณสูงที่สุดซึ่งการสกัดน้ำมันทานตะวันโดยการบีบอัดและการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้งสองชนิดได้น้ำมันเมล็ดทานตะวันมีเฉดสีเหลืองสว่างไม่แตกต่างกันและค่าดัชนีหักเหแสงอยู่ในช่วง 1.469-1.471 ดังนั้นการสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ปริมาณวิตามินอีสูงสุด จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Abu-Arabi, M. K., Allawzi, M. A., Al-Zoubi, H.S. and Tamimi, A., 2000, Extraction of Jojoba Oil by Pressing and Leaching, Chemical Engineering Journal, 76(1): 61-65.

Borodulina, A.A., Popov, P.S. and Harchenko, I.N., 1974, Biochemical characteristics of the present sunflower varieties and hybrids, In 6th sunflower conf. 22 – 24 July,Bucherest, Romania, 239 – 283.

Gimeno, E., Castellote, A.I., Lamuela-Ravento´s, R.M. and de la Torre, M.C.,Lo´pez-Sabate, M.C., 2000, Rapid Determination of Vitamin E in Vegetable Oils by Reversed Phase High-Performance Liquid Chromatography, Journal of Chromatography, 881: 251-254.

Hassan, F.-U.and Kaleem, S., 2011, Oil and Fatty Acid Distribution in Different Circles of Sunflower Head, Food Chemistry, 128(3): 590-595.

Matthaus, B. and Bruhl, L., 2001, Comparison of Different Methods for the Determination of the Oil Content in Oilseeds, American Oil Chemist Society, 78: 95-102..

Pradhan, R.C., Meda, V., Rout, P.K., Naik, S. and Dalai, A.K., 2010, Supercritical CO2 extraction of fatty oil from flaxseed and comparison with screw press expression and solvent extraction processes, Journal of Food Engineering, 98: 393–397.

Raß, M., Schei, C. and Matthäus, B., 2008, Virgin sunflower oil, European Journal of Lipid Science and Technology, 110(7): 618-624.

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, 97-139.

Szterk, A., Roszko, M., Sosinska, E., Derewiaka, D. and Lewicki, P. P., 2010, Chemical Composition and Oxidative Stability of Selected Plant Oils, Journal of the American Oil Chemists" Society, 87(6): 637-645.

Zeb, A., 2011, Effects of carotene on the thermal oxidation of fatty acids, African Journal of Biotechnology, 10(68): 15346-15352.

Table1 Color and refractive index of sunflower oil extracted by hexane, petroleum ether and expression

Method	Color					Refractive Index
	L*	a*	b*	C*	h	
Hexane	66.29 ±0.15	-1.31 ±0.02	11.26±0.15	11.34 ±0.15	96.66 ±0.10	1.469 ±0.00
Petroleum Ether	69.39 ±0.02	-1.43 ±0.02	11.89±0.09	11.98 ±0.09	96.83 ±0.01	1.469 ±0.00
Expression	67.48 ±0.06	-1.28 ±0.01	10.80 ±0.05	10.88 ±0.05	96.77 ±0.07	1.471±0.00
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS mean in the same column are not significant difference $p > 0.05$

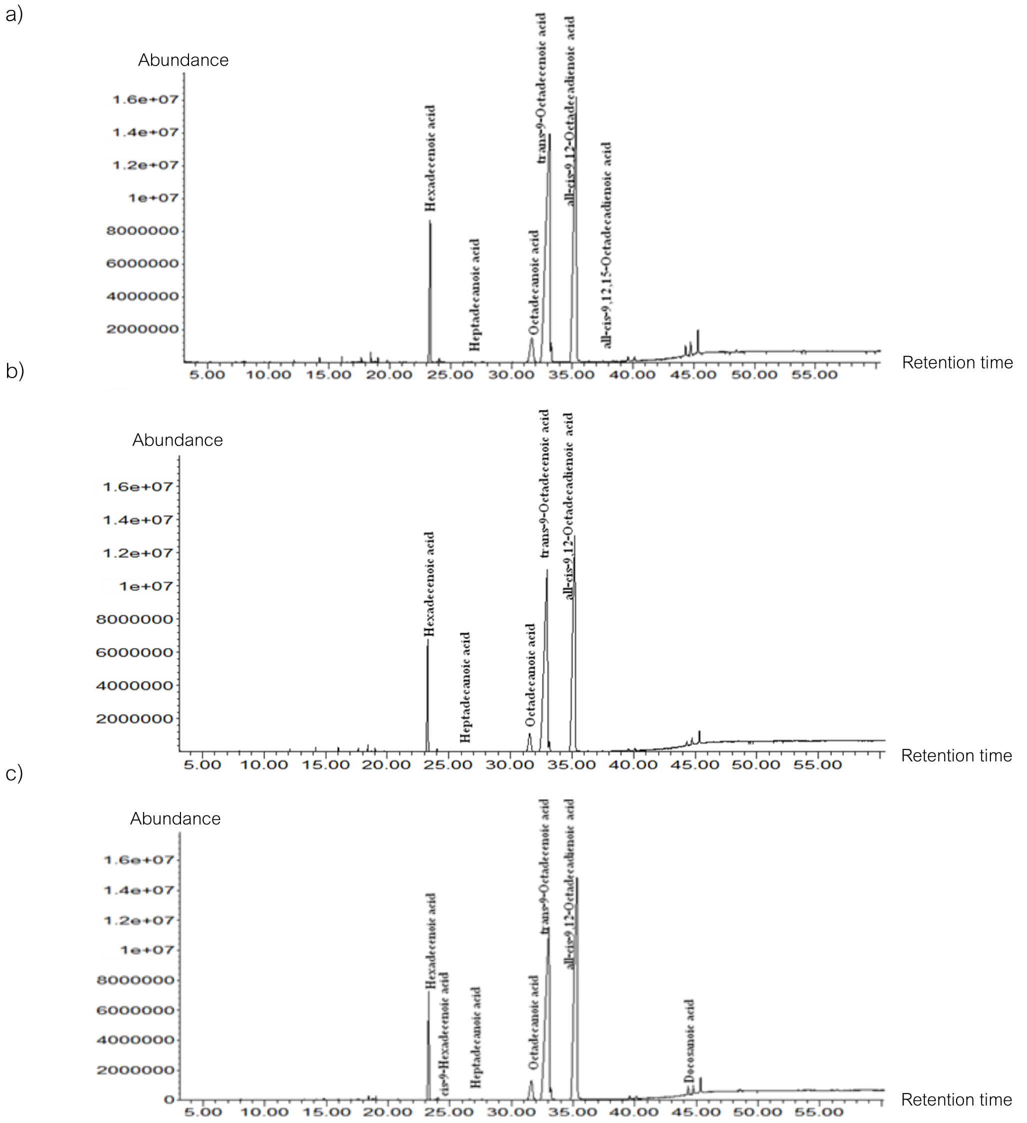


Figure 1 GC-MS chromatogram of fatty acid from sunflower oil extracted by a) hexane b) petroleum ether and c) expression.

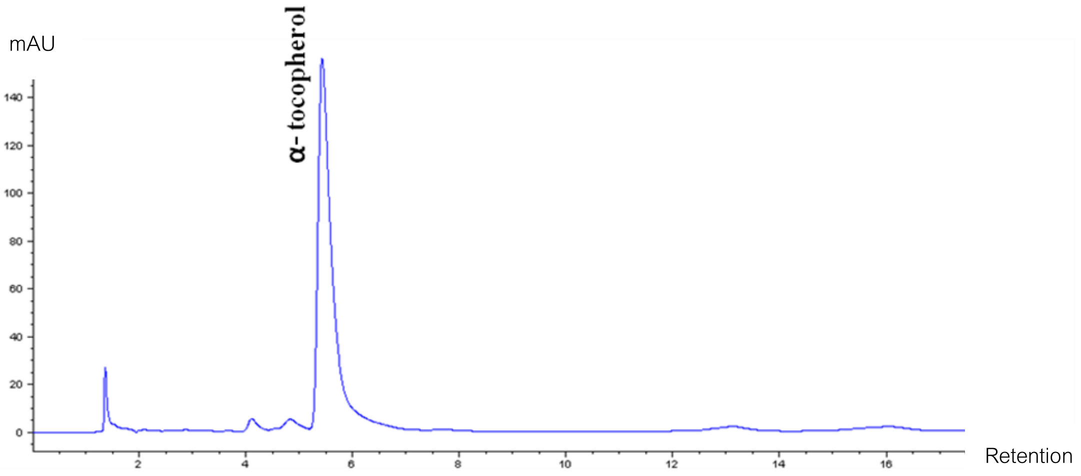


Figure 2 HPLC chromatogram of α-tocopherol from sunflower oil extracted by petroleum ether.

การศึกษาเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากเชื้อ *Bacillus* sp. และการแสดงออกในเซลล์ *Escherichia coli* เพื่อการผลิตเอทานอล

A Study on an α-amylase Enzyme from *Bacillus* sp. and its Expression in *Escherichia coli* for the Production of Ethanol

ภรณี สว่างศรี[1] อัจฉราพรรณ ใจเจริญ[1] รุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล[1] สุภาวดี ง้อเหรียญ[1] บุญเรือนรัตน์ เรืองวิเศษ[1] พยุงศักดิ์ รวยอารี[1] และ หทัยรัตน์ อุไรรงค์[1]

Sawangsri, P.[1], Chaicharoen, A.[1], Pitaktansakul, R.[1], Ngorrian, S.[1], Ruengwised, B.[1], Rauyaree, P.[1] and Urairong, H.[1]

Abstract

α-amylase is an important catalytic enzyme for the conversion of starch to sugar in the production of ethanol using cassava as a starting material. *Bacillus* spp. can be used as a source for starch hydrolysis and thermotolerant, thus, we aimed to study the starch digestion efficiency by *Bacillus* spp. derived from collected samples. A total of 476 *Bacillus* isolates were received and the starch digestion efficiency was then evaluated by the measurement of clear zone from colony on 1% (w/v), liquefaction and amylase activity techniques. The result showed that *Bacillus* spp. D1-1 show high the amylase activity at 2.39 U/ml. *Bacillus* sp. D1-1 was identified by partially sequenced and analyzed using 16s rDNA. The sequenced result was exhibited as *B. subtilis* (99% similarity) with other bacterial 16s rDNA sequences in the GanBank database. In other experiment, α-amylase gene of *Bacillus* sp. D1-1 isolate was obtained by PCR gene cloning technique and the full length nucleotide approximately 1,980 bp (GenBank Accession No. EU195860.1) and peptides (659 amino acids) were further analyzed. α-amylase gene could be overexpression within the expression vector pQE-80L and the recombinant was then transformed into *E. coli* BL21. The production of recombinant protein can be induced by 3 mM Lactose. The recombinant α-amylase was further purified using HisTALON^{TM} gravity column and the protein product was analyzed by SDS-PAGE. The size of recombinant α-amylase was molecular weight approximately 73 kDa and crude enzyme demonstrated efficient activity at temperature 70°C.

Keywords: α-amylase, expression, *Bacillus subtilis, Escherichia coli*

บทคัดย่อ

เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสลายเม็ดแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการผลิตเอทานอลโดยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ ซึ่งเชื้อ *Bacillus* sp. บางสายพันธุ์มีความสามารถในการย่อยแป้งและทนอุณหภูมิสูง งานวิจัยนี้จึงทำการคัดเลือกเชื้อ *Bacillus* spp. ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากแหล่งต่างๆ ได้ *Bacillus* spp. ทั้งสิ้น 476 ไอโซเลท นำไปทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งโดยวิธีวัดการสร้างวงใสรอบโคโลนีบนอาหารที่มีแป้ง 1% น้ำหนักโดยปริมาตร การทดสอบการทำให้น้ำแป้งเหลว และการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ พบว่า *Bacillus* sp. D1-1 มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ได้ดีที่สุด โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ เท่ากับ 2.39 U/ml การจำแนกชนิดของ *Bacillus* sp. D1-1 โดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในส่วนของบริเวณ 16s rDNA เมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์และเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank พบว่ามีความคล้ายคลึงกับเชื้อ *B. subtilis* ที่ 99 เปอร์เซ็นต์ การโคลนยีนแอลฟา อะไมเลส พบขนาดชิ้นส่วนของยีน เท่ากับ 1,980 คู่เบส (GenBank accession no. EU195860.1) และมีลำดับของเปปไทด์ เท่ากับ 659 อะมิโนแอซิด เชื่อมต่อชิ้นยีนเข้ากับ expression vector pQE-80L แล้วถ่ายฝากเข้าสู่เซลล์ *E. coli* BL21 เพื่อทำการผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีน ชักนำการแสดงออกของยีนด้วย 3 mM Lactose นำ crude enzyme มาทำให้บริสุทธิ์โดยผ่าน HisTALON^{TM} Gravity Column ตรวจวิเคราะห์ผลด้วยวิธี SDS-PAGE พบว่ารีคอมบิแนนท์แอลฟา อะไมเลส มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 73 กิโลดาลตัน และ crude enzyme ที่ผลิตได้มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่ดีที่สภาวะอุณหภูมิ 70 °ซ

คำสำคัญ: แอลฟา อะไมเลส การแสดงออก *Bacillus subtilis Escherichia coli*

---

[1] **สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการ เกษตร รังสิต ธัญบุรี ปทุมธานี 12110 ประเทศไทย**

[1] Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Rangsit, Thanyaburi, Patumthani, 12110, Thailand

คำนำ

เอนไซม์ย่อยแป้งมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสลายเม็ดแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล แอลฟา อะไมเลส เป็นเอนไซม์ซึ่งมีหน้าที่ตัดพันธะ α-1,4 glycosidic bond ระหว่างโมเลกุลของกลูโคส ภายในส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน ผลผลิตที่ได้คือ oligosaccharide และ α-limit-dextrin (Ingle และ Erickson, 1978) ในกระบวนการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทแป้งจำเป็นต้องย่อยแป้ง (Starch hydrolysis) ให้ได้น้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หลังจากนั้นยีสต์จึงจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล จุลินทรีย์ในธรรมชาติหลายชนิดทั้งรา ยีสต์ และแบคทีเรียสามารถผลิตเอนไซม์ย่อยแป้งได้ โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่ผลิตเอนไซม์ย่อยแป้งจำพวกแอลฟา อะไมเลส การศึกษาคุณสมบัติและการผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์โดยทั่วไปเป็นการศึกษาสายพันธุ์ดั้งเดิม แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีชีวภาพถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตเอนไซม์มากยิ่งขึ้น โดยเป็นการศึกษาการโคลนยีนที่มีประโยชน์จากเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ดั้งเดิมที่มีศักยภาพที่ดี แล้วทำการถ่ายฝากเข้าสู่เซลล์ *E. coli* ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่เพาะเลี้ยงง่าย เพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว และมีความเหมาะสมในการที่จะรับ DNA พาหะเข้ามาในเซลล์ เพื่อให้ง่ายต่อการผลิตโปรตีนและการทำให้บริสุทธิ์

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส เพื่อเพิ่มศักยภาพในกระบวนการผลิตพลังงานเอทานอล หรืออุตสาหกรรมอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้เอนไซม์ชนิดนี้ ทั้งยังเป็นการลดการนำเข้าเอนไซม์จากต่างประเทศอีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดเลือกเชื้อ *Bacillus* spp. ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้ง

เก็บตัวอย่างดิน เศษมันเส้นและน้ำบริเวณลานตากมันสำปะหลัง และผลิตภัณฑ์จากแป้งเน่าเสียชนิดต่างๆ เพื่อนำมาคัดแยกเชื้อ *Bacillus* spp. จากนั้นนำเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้มาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งโดยวิธีวัดการสร้างวงใสรอบโคโลนีบนอาหารแข็งที่มีแป้ง 1% (w/v) (Buonocore และคณะ, 1976) การทดสอบการทำให้น้ำแป้งเหลว (liquefaction) ในอาหารเหลวที่มีแป้ง 1% (w/v) (Buonocore และคณะ, 1976) ตรวจสอบปฏิกิริยาการย่อยแป้งด้วยสารละลายไอโอดีน (Hesseltine และคณะ, 1963) หลังจากนั้นนำไอโซเลทที่คัดเลือกได้มาตรวจวัดกิจกรรมการย่อยแป้งในรูปของน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugars) ตามวิธีการของ Nelson-Somogyi (Nelson, 1944) การวัดปริมาณโปรตีน (Lowry, 1951) กำหนดให้ 1 ยูนิต (U) หมายถึง ปริมาณเอนไซม์ที่ผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ 1 ไมโครโมลต่อนาที ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 40°C

การจำแนกเชื้อ *Bacillus* sp. โดยใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุล และการโคลนยีนแอลฟา อะไมเลส

สกัดดีเอ็นเอเชื้อ *Bacillus* sp. โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ QIAamp® DNA Mini Kit (Qiagen) สังเคราะห์ดีเอ็นเอในส่วนของบริเวณ 16s rDNA ด้วยปฏิกิริยา Polymerase Chain Reaction (PCR) โดยใช้ universal primer F1: S16,1 และ R5: S16,12 (Lane, 1991) ทำปฏิกิริยา cycle sequencing วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ แล้วเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank

สังเคราะห์ดีเอ็นเอในส่วนของยีนแอลฟา อะไมเลส ด้วยปฏิกิริยา PCR โดยใช้ไพรเมอร์ Bamy401F และ Bamy401R ซึ่งมีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Kpn*I และ *Hind*III ที่ปลาย 5' เชื่อมต่อชิ้นยีนแอลฟา อะไมเลส เข้ากับ protein expression vector pQE-80L (Qiagen) ที่มีส่วนของ T5 promoter และมีตำแหน่งของ N-terminal 6xHis tag แล้วถ่ายฝาก รีคอมบิแนนท์พลาสมิดดีเอ็นเอที่ได้เข้าสู่เซลล์ *E. coli* BL21 โดยวิธี heat shock transformation (Sambrook และคณะ, 1989) เลี้ยงเพิ่มปริมาณเซลล์ในอาหาร LB-ampicillin (ความเข้มข้น 50 µg/ml)

การแสดงออกในระดับโปรตีนของยีนแอลฟา อะไมเลส และการทำเอนไซม์ให้บริสุทธิ์

การกระตุ้นการแสดงออกของยีนแอลฟา อะไมเลส ด้วย 3 mM Lactose ในเซลล์ *E. coli* BL21 (DE3) นาน 6 hrs. จากนั้นทำให้เซลล์แตกโดยใช้ Lysis buffer นำส่วนของ crude enzyme ที่ได้มาทำให้บริสุทธิ์ด้วย HisTALON™ Gravity Columns Purification Kit (Clontech) ตรวจสอบการแสดงออกของโปรตีนด้วยวิธี SDS-PAGE (Sambrook และคณะ, 1989)

การทดสอบกิจกรรมของ crude protein โดยวิธี Bioassay technique

ทดสอบโดยใช้อาหารแป้ง (1 L : 1% มันสำปะหลังบดอบแห้ง, agar 20 g และน้ำกลั่น) เจาะรูบนอาหารโดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm ทดสอบโดยใช้ crude enzyme ปริมาตร 20 µl หยดลงบนอาหาร บ่มที่อุณหภูมิ 70, 80 °C นาน 6 hrs. ตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ด้วยสารละลายไอโอดีน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การคัดเลือกเชื้อ *Bacillus* spp. ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้ง

แยกเชื้อ *Bacillus* spp. ได้ทั้งสิ้น 476 ไอโซเลท เมื่อนำมาทดสอบการย่อยแป้งโดยวิธีวัดการสร้างวงใส (Clear zone) รอบโคโลนี พบเชื้อ *Bacillus* spp. จำนวน 92 ไอโซเลท ที่ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส >20 mm แล้วนำมาทดสอบการทำให้น้ำแป้งเหลว พบเชื้อ *Bacillus* spp. จำนวน 11 ไอโซเลท ที่มีกิจกรรมการย่อยแป้งดีที่สุด โดยเมื่อตรวจสอบปฏิกิริยาการย่อยแป้งแล้ว พบว่าไม่เปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีน ซึ่งได้แก่ ไอโซเลท LP11-2, LP11-6, Aa1-4, Aa3-1, Aa6-2, C5-1, D1-1, E1-6, G1-2, Y-5 และ 7*-2 เมื่อศึกษากิจกรรมการย่อยแป้งในรูปของน้ำตาลรีดิวส์แล้ว พบเชื้อ *Bacillus* sp. D1-1 มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลสได้ดีที่สุด โดยมีค่าน้ำตาลรีดิวซ์ 2.15 mg/ml ปริมาณโปรตีน 1.09 mg/ml กิจกรรมของเอนไซม์ สูงสุด 2.39 U/ml และค่ากิจกรรมจำเพาะ (specific activity) สูงสุด 2.19 U/mg protein รองลงมา คือ ไอโซเลท 7*-2, E1-6, Aa3-1, G1-2, Aa6-2, LP11-6, Aa1-4, C5-1, LP11-2 และ Y-5 ตามลำดับ (Figure 1)

การจำแนกเชื้อ *Bacillus* sp. โดยใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุล และการโคลนยีนแอลฟา อะไมเลส

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในส่วนของบริเวณ 16S rDNA ของเชื้อ *Bacillus* sp. D1-1 ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ F1 : S16,1 และ R5 : S16,12 (Lane, 1991) พบแถบผลผลิต PCR ที่ได้มีขนาดประมาณ 1,500 bp เมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ เปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank พบว่ามีความคล้ายคลึงกับเชื้อ *Bacillus subtilis* ที่ identity 99%

การสังเคราะห์ยีนแอลฟา อะไมเลส จากดีเอ็นเอของเชื้อ *Bacillus* sp. D1-1 ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ Bamy401F และ Bamy401R พบแถบชิ้นยีนมีขนาด 1,980 bp แล้วนำมาวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ และนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank พบว่ามีความคล้ายคลึงกับยีนแอลฟา อะไมเลส ของ *B. subtilis* (accession no. EU195860.1) ที่ identity 99% เมื่อแปรรหัสเป็นโปรตีน พบว่ามีลำดับของเปปไทด์เท่ากับ 659 อะมิโนแอซิด เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลโปรตีนพบว่ามีความคล้ายคลึงกับลำดับเปปไทด์ของโปรตีนแอลฟา อะไมเลส ของ *B. subtilis* (accession no. ABW75769.1) ที่identity 99%

การสร้างพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมของยีนแอลฟา อะไมเลส ใน protein expression vector pQE–80L โดยนำชิ้นยีนแอลฟา อะไมเลส มาเชื่อมต่อเข้ากับ pQE–80L vector โดยใช้เอนไซม์ T4 DNA ligase ทำให้ได้พลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมระหว่างยีนแอลฟา อะไมเลส กับ pQE–80L vector ซึ่งมีขนาดประมาณ 7 kb (Figure 2)

การแสดงออกในระดับโปรตีนของยีนแอลฟา อะไมเลส และการทำเอนไซม์ให้บริสุทธิ์

การถ่ายฝากพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมของยีนแอลฟา อะไมเลส เข้าสู่เซลล์ *E. coli* BL21 เพื่อการผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีน ทำการชักนำการแสดงออกของยีนด้วย 3 mM Lactose นาน 6 hrs. ปั่นตกตะกอนเซลล์ จากนั้นทำให้เซลล์แตก นำ crude enzyme ที่ได้มาทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ HisTALON™ Gravity Columns ซึ่งมี TALON Resin ทำหน้าที่ในการจับกับกรดอะมิโนฮีสทีดีนที่ปลายด้าน N-terminal ของโปรตีน (His tag) ทำให้โปรตีนที่ไม่จำเพาะอื่นๆ หลุดออกจากคอลัมน์ แล้วจึงเพิ่มความเข้มข้นของ imidazole ซึ่งจะเข้าไปจับกับคอลัมน์แทนกรดอะมิโนฮีสทีดีนของโปรตีนทำให้ได้โปรตีนที่บริสุทธิ์หลุดออกมา เมื่อตรวจสอบการแสดงออกของโปรตีนด้วยวิธี SDS-PAGE พบว่าเอนไซม์ที่ได้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 73 kDa (Figure 3)

การทดสอบกิจกรรมของ crude enzyme โดยวิธี Bioassay technique

เมื่อนำ crude enzyme มาทดสอบบนอาหารแข็งที่มีแป้งมันสำปะหลัง 1% (w/v) เปรียบเทียบกับเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส (ผลิตเป็นการค้า) ความเข้มข้น (5 U/µl) ปริมาตร 20 µl เท่ากัน เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 70°C พบว่า crude enzyme มีกิจกรรมที่ดีใกล้เคียงกับเอนไซม์ที่ผลิตเป็นการค้า และพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์จะเริ่มลดลงที่สภาวะอุณหภูมิ 80°C Figure 4

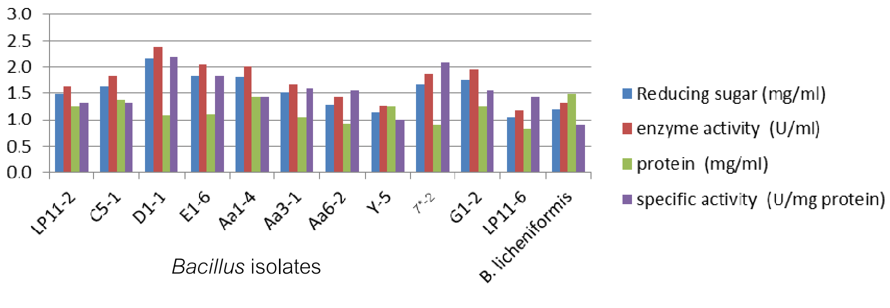


Figure 1 Bar chart represents the starch hydrolysis of *Bacillus* 11 isolates compared with *B. licheniformis*.

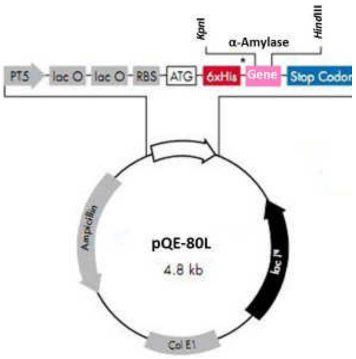


Figure 2 The map of recombinant pQE–80L vector.

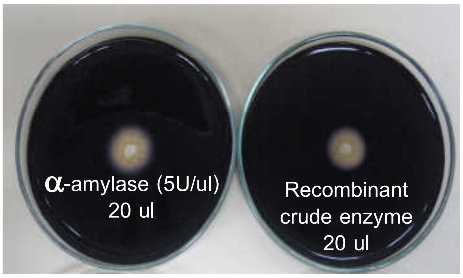


Figure 4 Comparison between α-amylase (5U/μl) and recombinant enzyme (crude enzyme) based on Bioassay technique under 1% starch agar following incubation at 70°C for 6 hrs.

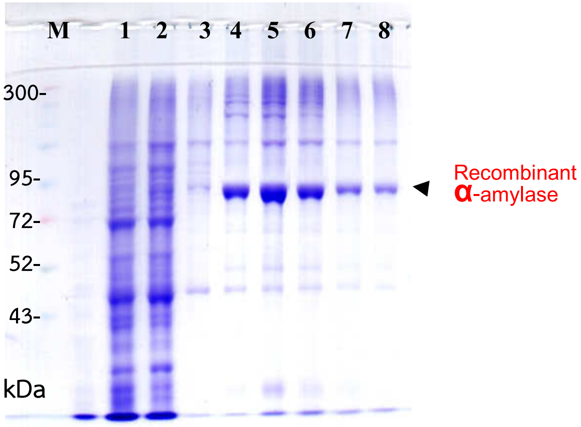


Figure 3 Protein purification from recombinant protein generated from pQE–80L vector. SDS-PAGE analysis was preformed 6 hrs after induction with 3mM Lactose. Lane M, molecular mass standards; Lane 1-2, flow-through fractions; Lane 3, washing fractions; Lane 4-8,elution fractions.

สรุปผล

เชื้อ *B. subtilis* D1-1 สามารถแยกได้จากน้ำเสียและเศษมันเส้นจากลานมันสำปะหลัง มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งได้ดีที่สุด จึงนำมาทำการโคลนยีนแอลฟา อะไมเลส ได้ชิ้นส่วนของยีนขนาด 1,980 bp แล้วนำไปเชื่อมต่อเข้ากับ protein expression vector pQE-80L ถ่ายฝากเข้าสู่เซลล์ *E. coli* BL21 เพื่อการผลิตรีคอมบิแนนท์แอลฟา อะไมเลส และนำ crude enzyme มาทำให้บริสุทธิ์โดยผ่าน HisTALON™ Gravity Columns พบเอนไซม์บริสุทธิ์มีขนาดประมาณ 73 kDa หลังจากนั้นทำการทดสอบกิจกรรมของ crude enzyme โดยวิธี Bioassay technique ในอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลัง 1% (w/v) พบรีคอมบิแนนท์แอลฟา อะไมเลส ที่ผลิตได้มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่ดี โดยมีศักยภาพในการย่อยแป้งได้ดีเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์เอนไซม์ทางการค้าที่อุณหภูมิ 70°C ซึ่งพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมที่ได้ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยร่วมกับเอนไซม์ย่อยแป้งชนิดอื่น เช่น เอนไซม์กลูโคอะไมเลส หรือการถ่ายฝากยีนเข้าสู่เซลล์ยีสต์สายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล หรือสายพันธุ์ทนแอลกอฮอล์สูงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Buonocore, V., Caporale, C., De Rosa, M. and Gambacorta, A., 1976, Stable, Inducible Thermoacidophilic an Amylase from *Bacillus acidocaldarius,* Journal of Bacteriology, 128: 515-521.

Hesseltine, C.W., Smith, M., Bradle, B. and Djien, K.S., 1963, Investigation on Tempeh, an Indonesian Food, Developments in Industrial Microbiology, 4: 275-287.

Ingle, M.B. and Erickson, R.J., 1978, Bacterial α-amylase. Advances in Applied Microbiology and Biotechnology, 24: 257-278.

Lane, D.J., 1991, 16S/23S rRNA Sequencing. In Nucleic Acids Techniques in Bacterial Systematics. ed. Stackebrandt, E. and Goodfellow, M. pp. 115–175. Chichester: John Wiley & Sons.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with Folin Phenol Reagent, Journal of Biological Chemistry, 193: 265-275.

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

Sambrook, J., Fritschi, E.F. and Maniatis, T., 1989, Molecular Cloning: a Laboratory Manual, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.

การผลิตสารมูลค่าสูงจากแกนสับปะรด

Production of High Value-added Products from Core Pineapple

สมพิศ สอนโยธา[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] ภัทรา ผาสอน[2] สุภาวดี ฉิมทอง[1] คิน เลย์ คู[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]

Sornyotha, S.[1], Tachaapaikoon, C.[2], Pason, P.[2], Chimtong, S.[1], Kyu, K.L.[1] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

Core pineapple is major residues in canned pineapple processing. Therefore, high value-added products from core pineapple were investigated. Bromelain is the proteolytic enzyme and required for the food industries. It was extracted from the core pineapple. The total bromelain activity was 799,256 CDU, which obtained from 8 kg of fresh core pineapple. The extract was concentrated by ultrafiltration and dried with vacuum dryer. The remaining of total activity were 503,626 and 232,596 CDU, respectively. Subsequently, the ground core pineapple (5%, w/v) which already extracted bromelain was hydrolyzed by the commercial cellulase (2%, w/v) at pH 5 and 50^{o}C. The reducing sugar was released 2,500, 4,200, 5,600 and 9,800 mg/L after incubation at 2, 4, 6 and 24 hours, respectively. The highest reducing sugars were obtained at 24 hours. These sugars could be used as building block in many applications such as the production of organic acid, amino acid and ethanol. Based on these results, core pineapple is an attractive material for high value-added production.

Keywords: bromelain, cellulase, core pineapple, High value-added products

บทคัดย่อ

การศึกษาการเพิ่มมูลค่าให้กับแกนสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้หลักจากกระบวนการแปรรูปสับปะรดกระป๋อง โดยนำมาสกัดเอนไซม์โบรมิเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนและนิยมใช้กันมากในทางอุตสาหกรรมอาหาร จากการใช้แกนสับปะรดสด 8 กิโลกรัม สามารถสกัดเอนไซม์โบรมิเลนออกมาในน้ำคั้นได้มากถึง 799,256 CDU เมื่อผ่านกระบวนการอัลตราฟิลเตรชันเพื่อเพิ่มความเข้มข้นและอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศได้เอนไซม์โบรมิเลนทั้งหมด 503,626 และ 232,596 CDU ตามลำดับ จากนั้นกากของแกนสับปะรดที่เหลือจากการสกัดเอาเอนไซม์โบรมิเลนออกไปแล้ว ถูกนำมาย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า โดยแกนสับปะรดความเข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ถูกย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสเข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่พีเอช 5 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 4 6 และ 24 ชั่วโมง ได้น้ำตาลรีดิวซ์ 2,500 4,200 5,600 และ 9,800 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยได้น้ำตาลสูงสุดที่เวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งน้ำตาลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตกรดอินทรีย์ กรดอะมิโน และแอลกอฮอล์ เป็นต้น จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแกนสับปะรดเป็นแหล่งวัตถุดิบที่น่าสนใจและมีศักยภาพต่อการผลิตสารมูลค่าสูง

คำสำคัญ: โบรมิเลน เซลลูเลส แกนสับปะรด สารมูลค่าสูง

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยส่งออกสับปะรดเป็นอันดับหนึ่งของโลกโดยเฉพาะสับปะรดกระป๋อง ซึ่งในการผลิตสับปะรดกระป๋องจะมีการตัดแต่งใช้เพียงส่วนเนื้อในการบรรจุกระป๋อง ในขณะที่ส่วนแกนสับปะรดมักจะเป็นวัสดุเหลือใช้ ซึ่งอาจถูกนำไปทำเป็นแกนสับปะรดอบแห้ง หรือใช้เป็นอาหารสัตว์ จากการศึกษาก่อนหน้านี้มีรายงานว่าสับปะรดมีเอนไซม์โบรมิเลน

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Soi Thian-Thale 25, Bangkhunthian-Chaithale Road, Thakham, Bangkhunthian, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Soi Thian-Thale 25, Bangkhunthian-Chaithale Road, Thakham, Bangkhunthian, Bangkok 10150

(bromelain) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มซิสเตอีนโปรตีเอส พบเฉพาะในสับปะรดเท่านั้นและกระจายตัวอยู่ในส่วนต่างๆ ของสับปะรด ทั้งบริเวณ จุก เปลือก เนื้อ ก้าน และ แกน (Lynn, 1977) ซึ่งโบรมิเลนมักถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง เป็นต้น นอกจากนี้แกนสับปะรดยังประกอบไปด้วยเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์พืช เมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูโลไลติกจะให้น้ำตาลกลูโคสเป็นผลิตภัณฑ์ (Pason และคณะ, 2006) ซึ่งน้ำตาลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย เช่น ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอล ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทน หรือใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดอินทรีย์ กรดอะมิโน น้ำตาลแอลกอฮอล์ เป็นต้น ดังนั้น กลุ่มผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์อย่างสูงสุดจากวัสดุเหลือใช้อย่างแกนสับปะรด โดยการนำแกนสับปะรดมาผลิตเป็นเอนไซม์โบรมิเลนและน้ำตาลรีดิวซ์เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไป ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับของเหลือใช้ที่มีเป็นจำนวนมากในประเทศไทย รวมทั้งช่วยลดปริมาณและค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเหลือใช้ รวมถึงส่งเสริมให้มีการใช้วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอย่างแพร่หลายในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการสกัดเอนไซม์โบรมิเลนออกจากแกนสับปะรดสดด้วยเครื่องคั้นแยกกากผลไม้ (Moulinex Juice Extractor) จากนั้นตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน โดยใช้ casein เป็นสับสเตรท ซึ่ง 1 ยูนิตของกิจกรรมเอนไซม์ (1 CDU) คือ ความสามารถของเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายโปรตีนได้กรดอะมิโนไทโรซีน 1 ไมโครกรัม ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พีเอช 6 ในเวลา 1 นาที (Pardo และคณะ, 2000) เพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลนด้วยวิธี Ultrafiltration และอบแห้งแบบสุญญากาศด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (Univapo 100 ECH) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สำหรับกากของแกนสับปะรดที่เหลือจากการคั้นเอาเอนไซม์ออกไปแล้วนั้น นำมาล้างน้ำจนกระทั่งพีเอชประมาณ 5 จากนั้นแกนสับปะรดความเข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ถูกนำมาย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า (Yakult) เข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่พีเอช 5 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 4 6 และ 24 ชั่วโมง แล้วตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นตามวิธีของ Somogyi (1952)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัดเอนไซม์โบรมิเลนจากแกนสับปะรดพบว่า เมื่อใช้แกนสับปะรดสดปริมาณ 8 กิโลกรัม สามารถสกัดเอนไซม์โบรมิเลนออกมาได้มากถึง 799,256 CDU แต่เนื่องจากเอนไซม์มีปริมาตรมากจึงอาจมีปัญหาเรื่องการจัดเก็บ จึงต้องลดปริมาตรของเอนไซม์ลงด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ด้วยวิธี ultrafiltration โดยใช้เมมเบรนที่มีขนาด 10 k แม้ว่าจะมีรายงานถึงวิธีการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมิเลนด้วยวิธีต่างๆ เช่นการใช้เอทานอล อะซิโตน กรดแทนนิค หรือเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อทำการตกตะกอนเอนไซม์ แต่วิธีต่างๆ เหล่านี้ล้วนแต่ใช้สารเคมีซึ่งนอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองค่าสารเคมี โดยไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารเคมีอีกด้วย ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้เมมเบรนในการกรองแทนการใช้สารเคมี ซึ่งวิธีนี้ในการลงทุนครั้งแรกอาจสูงกว่า แต่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ และที่สำคัญไม่ต้องใช้สารเคมีซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมได้หากมีระบบการจัดการที่ไม่ดีพอ แต่อย่างไรก็ตามเอนไซม์โบรมิเลนที่ขายตามท้องตลาดมักทำแห้งซึ่งขนย้ายและเก็บรักษาง่ายกว่าเอนไซม์ในรูปของเหลว ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการอบเอนไซม์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 45 และ 50 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสนั้นทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงมากกว่าเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ไม่แสดงข้อมูล) ดังนั้นจึงเลือกทำให้เอนไซม์แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยได้เอนไซม์โบรมิเลนที่มีกิจกรรมทั้งหมดถึง 232,596 CDU โดยกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลนจากขั้นตอนต่างๆ แสดงดัง Table 1

Table 1 Summary of Bromelain activity from core of pineapple.

Step	Total activity (CDU)	CDU/kg of core	Yield (%)
Juice	799,256	99,907	100
Ultrafiltration	503,626	62,953	63
Vacuum Dry	232,596	29,075	29

เนื่องจากส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์พืชคือเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นสายยาว ดังนั้นภายหลังจากทำการสกัดเอาเอนไซม์โบรมิเลนออกไปจากแกนของสับปะรดแล้ว แกนสับปะรดที่เหลือ (Figure 1) จึงถูกนำมาย่อยต่อด้วยเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า (Yakult) โดยเอนไซม์เซลลูเลสนี้ทำงานได้ดีที่พีเอช 5 แต่แกนสับปะรดมีความเป็นกรดมาก (พีเอชประมาณ 3-4) จึงต้องทำการล้างด้วยน้ำเพื่อลดความเป็นกรดลงให้เหลือพีเอชประมาณ 5 ก่อนจึงจะย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสได้ และจากการทดลองพบว่าที่เวลาต่าง ๆ สามารถตรวจพบปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ได้ (Figure 2) โดยที่เวลา 24 ชั่วโมงสามารถตรวจพบน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงถึง 9,800 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการทดลองแสดงว่าเอนไซม์เซลลูเลสสามารถย่อยสลายเซลลูโลสในผนังเซลล์ของแกนสับปะรดได้จึงมีน้ำตาลริดิวซ์เกิดขึ้น ซึ่งน้ำตาลที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้มากมาย เช่นนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่างๆ โดยใช้ผลิตเป็นอาหาร กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน น้ำตาลแอลกอฮอล์ โปรตีนเซลล์เดียว สารให้กลิ่นรส หรือผลิตเป็นเอทานอลซึ่งสามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เป็นต้น (Doi และคณะ, 2003)

Figure 1 The ground core pineapple.

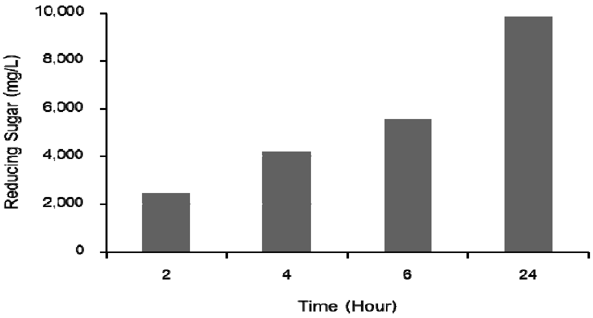


Figure 2 Reducing sugar released from core pineapple.

สรุปผล

เมื่อใช้แกนสับปะรดสด 8 กิโลกรัม สามารถผลิตเอนไซม์โบรมิเลนแห้งได้ทั้งหมด 232,596 CDU ซึ่งปัจจุบันราคาเอนไซม์โบรมิเลนในท้องตลาดสูงถึงกิโลกรัมละ 4,000 บาท (โดย 1 กรัมมีกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน 37,000 CDU) และกากของแกนสับปะรดที่เหลือจากการสกัดเอาเอนไซม์โบรมิเลนออกไปแล้วนั้น ถูกนำมาย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้าที่พีเอช 5 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง สามารถตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงถึง 9,800 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งน้ำตาลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตกรดอินทรีย์ กรดอะมิโน และแอลกอฮอล์ เป็นต้น จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าของเหลือใช้อย่างแกนสับปะรดเป็นแหล่งวัตถุดิบที่น่าสนใจและมีศักยภาพต่อการผลิตสารมูลค่าสูงได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Doi, R.H., Kosugi, A., Murashima, K., Tamaru, Y. and Han, S.O., 2003, Cellulosome from Mesophilic Bacteria, Journal of Bacteriology, 185: 5907-5917.

Lynn, K.R., 1977, The Fractionation of Bromelain, Analytical Biochemistry, 77: 33-38.

Pardo, M.F., Lopez, L.M., Canals, F., Aviles, F.X., Natalucci, C.L. and Caffini, N.O., 2000, Purification of Balansain I, an Endopeptidase from Unripe Fruits of *Bromelia balansae* Mez (Bromeliaceae), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 3795-3800.

Pason, P., Kyu, K.L. and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* Strain B-6 xylanolytic-Cellulolytic Enzyme System that Degrades Insoluble Polysaccharides, Applied and Environmental Microbiology, 72: 2483-2490.

Somogyi, M., 1952, Notes in Sugar Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

การศึกษาการแยกและการทำให้บริสุทธิ์เอนไซม์ปาเปนโดยวิธีโควาเลนท์ โครมาโตกราฟีและไฮโดรไลซิสโปรตีนถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์

Study on Papain Isolation and Purification by Covalent Chromatography Method and Enzymatic Hydrolysis of Isolated Soy Proteins

สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] บุศรา อินทวิรัช[1] สุดธิดา จิรัฐิติพันธ์[1] และ รัชนี ไสยประจง[1]
Pinitglang, S.[1], Inthawirach B.[1], Jiratthitipun, S.[1] and Saiprajong, R.[1]

Abatract

The objectives of this research were to study isolation of papain from *Carica papaya* latex and enzymatic hydrolysis of isolated soy protein. Papain from papaya latex was isolated by 0.1 M sodium acetate buffer pH 4.0 and protein precipitation by 95 % ethyl alcohol. Crude papain was selected for further purification by using covalent chromatography, Thiopropyl Sepharose-4B, then eluted with 20 mM cysteine in 0.1 M Tris-HCl, pH 8.0. The enzymatic activity of purified papain was obtained 13,144.15 CDU/mg. The application of purified papain was used to study enzymatic hydrolysis of isolated soy protein. Isolated soy protein was hydrolyzed by purified papain to 21, 24 and 28% degree of hydrolysis (DH) and its hydrolysates were analyzed. A comparison between degree of hydrolysis of papain and ficain were indicated a high DH of similarity. It may be, therefore, that the catalytic site of ficain is similar in structure of the papain for which structure have been determined. The peptides produced by hydrolysis had smaller molecular sizes weight less than 3,000 daltons, and their average molecular weight decreased as the DH increased.

Keywords: papain, covalent chromatography, Isolated soy proteins

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการแยกเอนไซม์ปาเปนจากยางมะละกอ (*Carica papaya*) และศึกษาเอนไซม์ไฮโดรไลซิสของโปรตีนถั่วเหลือง เอนไซม์ปาเปนจากยางมะละกอแยกได้โดยใช้สารละลายโซเดียม อะซิเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 M pH 4.0 และตกตะกอนโปรตีนด้วยสารละลาย เอทิล แอลกอฮอล์ 95 % นำเอนไซม์ปาเปนแบบหยาบที่แยกได้มาทำการแยกให้บริสุทธิ์ต่อไปโดย Thiopropyl Sepharose-4B โควาเลนท์ โครมาโตกราฟี แล้วทำการแยกเอนไซม์ปาเปนออกด้วยตัวชะสารละลาย Tris-HCl บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 M pH 8.0 ที่มี 20 mM กรดอะมิโนซิสเตอีนผสมอยู่ เอนไซม์ปาเปนที่แยกได้มีค่าแอกติวิตี 13,144.15 CDU/mg การประยุกต์ใช้เอนไซม์ปาเปนที่แยกได้เพื่อศึกษาการไฮโดรไลซิสโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าการทำไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ปาเปนมีค่าเท่ากับ 21, 24 และ 28 degree of hydrolysis (DH) และนำส่วน hydrolysate นั้นไปวิเคราะห์ต่อไป เปรียบเทียบค่า DH ของเอนไซม์ปาเปนและไฟเซนมีค่าที่ใกล้เคียงกัน อาจจะเนื่องมาจากบริเวณเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ปาเปนและไฟเซนมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน เพปไทด์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิสมีน้ำหนักโมเลกุลขนาดน้อยกว่า 3,000 ดาลตันและพบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักโมเลกุลลดลงเมื่อค่า DH เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ปาเปน โควาเลนท์ โครมาโตกราฟี โปรตีนถั่วเหลือง

บทนำ

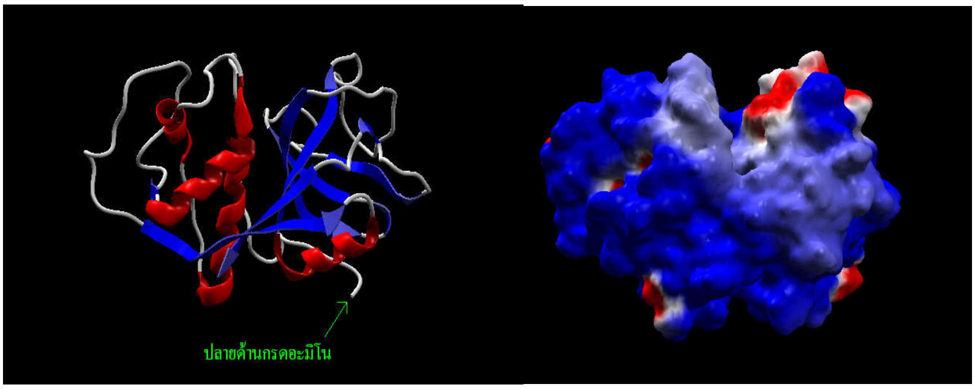
ปัจจุบันเครื่องดื่มเพปไทด์สายสั้นเป็นที่นิยมมากในผู้คนที่มีความใส่ใจสุขภาพ เนื่องจากสามารถดูดซึมได้รวดเร็วทันต่อการใช้งาน ซึ่งเปปไทด์นี้ได้จากการย่อยโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลืองให้เป็นเปปไทด์สายสั้นโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสเป็นตัวย่อยโปรตีนจากถั่วเหลือง(Jung และ Murphy, 2005) เอนไซม์ปาเปนเป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อยโปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง สามารถย่อยสลายโปรตีนให้ได้เพปไทด์ของกรดอะมิโนที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระดังรายงานของ

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce Vibhavadee Rangsit Road Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

Calderon de la Barca และคณะ (2000) และ Park และคณ (2010) ซึ่งผลิตได้ง่ายในทางอุตสาหกรรมเหมาะทำเป็นเอนไซม์อาหารเสริม ส่วนเอนไซม์ไฟเซนจะพบในผลมะเดื่อ (Brocklehurst และ Malthouse, 1980) สามารถย่อยโปรตีนได้มีประสิทธิภาพเช่นเดียวกันและมีประโยชน์ต่อร่างกายโดยช่วยระบบการย่อยอาหารประเภทโปรตีน

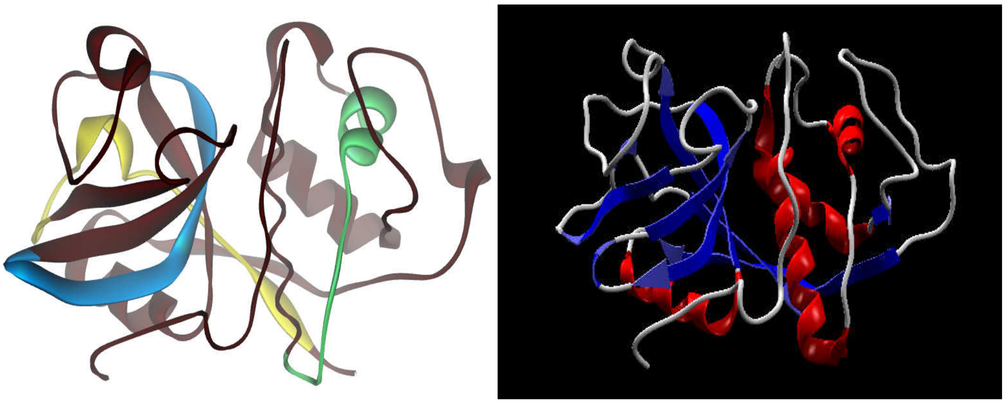
อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการสกัดเอนไซม์ปาเปนอย่างหยาบจากยางมะละกอด้วย 95% เอธิลแอลกอฮอล์ จากนั้นนำเอนไซม์ปาเปนมาแยกให้บริสุทธิ์โดยวิธี Covalent Chromatography โดยใช้ Thiopropyl Sepharose 4B gel ตามวิธีของ Brocklehurst และคณะ (1973) นำเอนไซม์ปาเปนที่บริสุทธ์มาวัดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โดยวิธี Casein Digestion Unit (CDU) จากนั้นนำเอนไซม์ปาเปนที่บริสุทธิ์มาศึกษาการศึกษาการย่อยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง เทียบกับเอนไซม์ไฟเซนโดยแปรปริมาตร เอนไซม์ปาเปนและเอนไซม์ไฟเซนเป็น 2.5 3.0 และ 3.5 มิลลิลิตร ที่เวลา 30, 60 และ 90 นาที



(a) (b)

Figure 1 Three-dimensional structure of papain (a), Electrostatic surface representation of papain (b). The surface potentials of color property from blue (positively charged) to red (negatively charged)



R-Domain (a) L-Domain (b)

Figure 2 The protein backbone structure of ficain (a) and papain (b) showing L- and R domains. The data for this plot (Figure 2b) were taken from the protein data bank(PDB No.9PAP)

ผลการทดลอง

เมื่อนำยางมะละกอจำนวน 4,164.14 กรัม มาสกัดเอนไซม์ปาเปนแบบหยาบได้ 392.44 กรัม คิดเป็นร้อยละ 9.42 และเมื่อนำเอนไซม์ปาเปนแบบหยาบ 5.03 กรัม มาทำให้บริสุทธิ์ได้เอนไซม์ปาเปนเท่ากับ 0.55 กรัม คิดเป็นร้อยละ 10.84 และเมื่อนำมาวัดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โดยวิธี Casein Digestion Unit (CDU) พบว่าได้ค่าดังนี้ เอนไซม์ปาเปนแบบหยาบ 3,650.98 ซีดียู/มิลลิกรัม เอนไซม์ปาเปนบริสุทธิ์ 13,144.15 ซีดียู/มิลลิกรัม และเอนไซม์ไฟเซน 2,905.98 ซีดียู/มิลลิกรัม เมื่อนำมาศึกษาการย่อยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองโดยใช้เอนไซม์ปาเปนพบว่าสภาวะที่ดีที่สุดคือ เอนไซม์ปาเปน 50 มิลลิกรัม ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ที่มีค่ากิจกรรม 7,302 ซีดียู/มิลลิกรัม สามารถย่อยโปรตีนได้สูงที่สุด คือร้อยละ 28.63 ที่เวลา 90 นาที (Table 1) และ (Figure 3)

Table 1 Hydrolysis reaction times of soy protein isolate by using papain 50 mg, volume 200 μl.

Time (min)	Isolate soy protein (ml)	% Hydrolysis
30	2.5	21.86
	3.0	21.14
	3.5	24.83
60	2.5	21.74
	3.0	24.38
	3.5	28.09
90	2.5	21.86
	3.0	24.9
	3.5	28.63

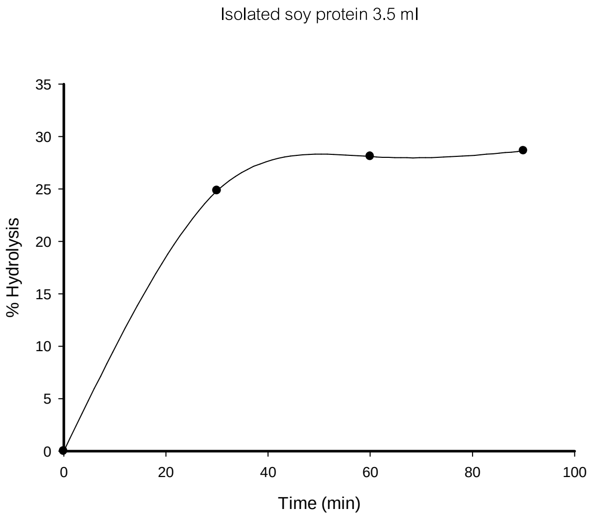


Figure 3 Reaction progress curves for enzymatic hydrolysis of soy protein isolate by using papain 50 mg, volume 200 μl.

และจากการศึกษาการย่อยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองโดยใช้เอนไซม์ไฟเซนพบว่า เมื่อใช้ไฟเซน 50 มิลลิกรัม ปริมาตร 200 ไมโครลิตร สามารถย่อยโปรตีนได้ร้อยละ 17.02 ที่เวลา 90 นาที (Table 2) และ (Figure 3) สภาวะที่ดีที่สุดคือ การใช้เอนไซม์ไฟเซน 50 มิลลิกรัม ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ที่มีค่ากิจกรรม 11,624 ซีดียู/มิลลิกรัม สารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองปริมาตร 3.5 มิลลิลิตร มีร้อยละของการย่อยสลายโปรตีนสูงที่สุด คือร้อยละ 28.56 เวลาการย่อยเหมาะสม 90 นาที (Table 3) และ (Figure 5)

Table 2 Hydrolysis reaction times of soy protein isolate by using ficain 50 mg, volume 200 μl.

Isolated soy protein (ml)	Time (min)	%Hydrolysis
	30	13.23
	60	14.44
2.5	90	14.59
	30	15.33
	60	15.63
3.0	90	15.92
	30	15.96
	60	17.02
3.5	90	17.02

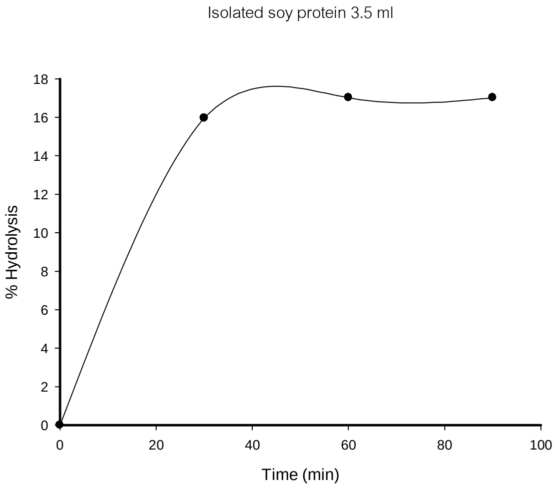


Figure 4 Reaction progress curves for enzymatic hydrolysis of soy protein isolate by using ficain 50 mg, volume 200 μl.

Table 3 Hydrolysis reaction times of soy protein isolate by using ficain 50 mg, volume 400 μl.

Isolated soy protein (ml)	Time (min)	%Hydrolysis
5	30	10.71
	60	12.69
	90	12.85
3.0	30	18.75
	60	20.11
	90	24.71
3.5	30	25.11
	60	26.03
	90	28.56

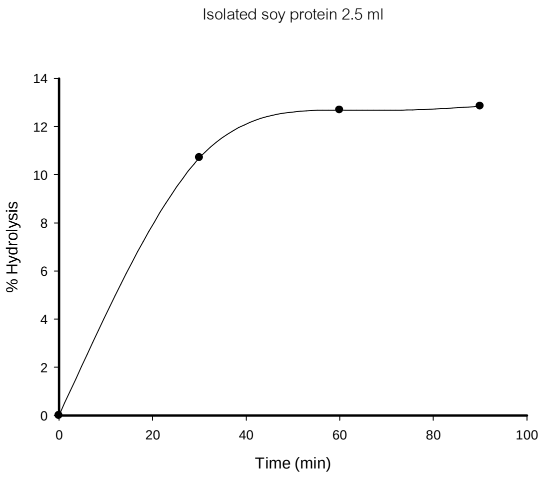


Figure 5 Reaction progress curves for enzymatic hydrolysis of soy protein isolate by using ficain 50 mg, volume 400 μl.

วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง

จากการนำยางมะละกอจำนวน 4,164.14 กรัม นำมาสกัดเอนไซม์ปาเปนแบบหยาบได้ 392.44 กรัม คิดเป็นร้อยละ 9.4 และเมื่อนำมาวัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์โดยวิธี Casein Digestion Unit ได้ค่าดังนี้ เอนไซม์ปาเปนแบบหยาบเท่ากับ 3,650.98 ปาเปนบริสุทธิ์ เท่ากับ 13,144.15 และไฟเซนเท่ากับ 1,905.98 CDU/mg เมื่อนำมาไฮโดรไลซิสโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองพบว่าการทำไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ปาเปนมีค่าเท่ากับ 21, 24 และ 28 degree of hydrolysis (DH)และพบว่าค่า DH ของเอนไซม์ปาเปนและไฟเซนมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารอ้างอิง

Brocklehurst, K., Carlsson, J., Kierstan, M.P.J. and Crook, E.M., 1973, Covalent Chromatography, Preparation of Fully Active Papain from Dried Papaya Latex, Biochemical Journal, 133(3): 573-584.

Brocklehurst, K. and Malthouse, J.P., 1980, Evidence for a Two-state Transition in Papain that may have no Close Analogue in Ficin. Differences in the Disposition of Cationic Sites and Hydrophobic Binding Areas in the Active Centers of Papain and Ficin, Biochemical Journal, 191: 707-718.

Calderon de la Barca, A.M., 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.

Jung, S., Murphy, P.A. and Jhonson, L.A., 2005, Physicochemical and Functional Properties of Soy Protein Substrates Modified by Low Levels of Protease Hydrolysis, Journal of Food Science, 70(2): 180-187.

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(Supplement s1): 120-132.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 597-600 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 597-600 (2554)

ผลของเอนไซม์โปรติเอสต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม

The Effects of Protease to Physical Properties of Silk Fiber

จาตุรงค์ จงจีน[1] และ สุพรรนี อะโอกิ[1]

Jongjeen, J.[1] and Aoki, S.[1]

Abstract

The objectives of this research for study of *Bacillus* sp. protease effects to physical property improvement and characterization of silk fiber strain Nang Noi Sumrong. The improvement and characterization of silk fiber was take photos using light microscopeand Scanning Electron Microscope (SEM). The *Bacillus* sp. was cultured on Nutrient Agar (NA) medium. The amount of total protein was measured using Folin-Lowry method (1951). The average of protein amount of supernatant was calculated as $6.6x10^{-3}$ μg/ml. For comparative study on physical characterization properties of silk fiber, Ten pieces of silk (5 cm length) was soaked in DW and protease solution concentrated as 100 500 1,000 5,000 and 10,000 ppm incubated as 30, 40, 50 and $60^{O}C$ for 15 and 30 min. The piece of silk was washed with DW and leave at room temperature till dry. The silk fiber was take photos under light microscope (10X). The silk color was changed from strong yellow to light yellow bulk smooth and soft touch feeling. The tested results show that silk fiber was soaked in 10,000 ppm protease solution incubated as $60^{O}C$ for 30 min is the best condition for silk improvement. The result conclude that protease solution show ability to hydrolyzed sericin protein of silk fiber.

Keywords: protease, silk fiber

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์โปรติเอสจาก *Bacillus* sp. ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมพันธุ์นางน้อยสำโรง โดยถ่ายภาพตัวอย่างเส้นใยไหมด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ทำการเลี้ยงเชื้อ *Bacillus* sp. บนอาหารสังเคราะห์สูตร Nutriant Agar (NA) และวัดปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี Folin – Lowry (1951) พบว่าวัดได้เฉลี่ย $6.6x10^{-3}$ μg/ml ทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม โดยตัดเส้นไหมยาว 5 เซนติเมตร จำนวน 10 เส้น แช่ในน้ำกลั่นและสารละลายเอนไซม์โปรติเอส ระดับความเข้มข้น 100 500 1,000 5,000 และ 10,000 ppm ที่อุณหภูมิ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 30 นาที นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นและผึ่งให้แห้ง นำเส้นใยไหมมาตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยดูภาคตัดตามขวางและตามยาวของเส้นไหม เส้นไหมที่แช่ในเอนไซม์โปรติเอสระดับความเข้มข้น 10,000 ppm อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะเปลี่ยนจากสีเหลืองเข้มเป็นสีเหลืองอ่อน มีลักษณะอ่อนนุ่ม พองฟูไม่เกาะรวมกัน ขึ้นเงา มีความมันวาว ดีที่สุด แสดงว่าสารละลายเอนไซม์โปรติเอสสามารถย่อยโปรตีนกาวไหมได้

คำสำคัญ: โปรติเอส เส้นใยไหม

[1] **สาขาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**

[1] Division of Biology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ในภาคอีสาน ประชากรส่วนมากประกอบอาชีพเกษตรกรรม เมื่อมีเวลาว่างในฤดูร้อนและฤดูหนาวก็จะเตรียมทำเครื่องมือต่างๆ ไว้สำหรับใช้ในครอบครัวประกอบอาชีพและทำบุญตามประเพณี คำกล่าวที่ว่า "ยามว่างจากการทำนา ผู้หญิงทอผ้า ผู้ชายจักสาน" สะท้อนให้เห็นภาพชีวิตของชาวอีสานได้ดีว่าหน้าที่รองของแม่บ้านคือ การทอผ้า เพื่อเตรียมไว้ทำเครื่องนุ่งห่ม เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันตลอดจนทอไว้เพื่อถวายพระหรือทำเป็นของชำร่วยในงานบุญตามประเพณี วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการทอผ้าพื้นเมืองอีสานมีทั้งฝ้าย (cotton) และไหม (silk) โดยเฉพาะไหมสามารถเลี้ยงได้ในทุกภาคของประเทศไทย เส้นใยไหมมีเอกลักษณ์โดดเด่น มีความสวยงาม มีคุณค่า ด้วยการที่ไหมมีความเงามัน นุ่มนวล มีการทิ้งตัวที่ดี ดูดซับความชื้นได้ดีทำให้ผู้สวมใส่รู้สึกสบาย ไม่เหนียวเหนอะหนะ แห้งง่าย มีพื้นผิวที่เรียบทำให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกเปื้อนติดได้ยาก อย่างไรก็ตาม เส้นใยไหมบางชนิดมีปุ่มปมหรือ "ขี้ไหม" ทำให้ความเรียบไม่สม่ำเสมอ และไหมมีการคืนตัวจากแรงอัดต่ำเมื่อเปียก จึงเป็นข้อเสียที่ทำให้ผ้าไหมยับง่ายเมื่อเปียกหรือเมื่อผ่านการซัก ดูแลรักษายากและได้สร้างความรำคาญให้แก่ผู้สวมใส่ ขั้นตอนที่สำคัญที่จะได้ไหมที่มีคุณภาพนั้น คือการลอกกาวไหม ซึ่งเป็นการกำจัดสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในเส้นใย และการลอกกาวไหมแบบดั้งเดิมของชาวบ้านจะนิยมนำขี้เถ้าจากถ่านไม้ต่างๆ เช่น ผักโขมหนาม เปลือกฝักนุ่น กาบกล้วย นำขี้เถ้ามาร่อนเอาสิ่งเจือปนออกจากขี้เถ้า แล้วนำขี้เถ้าไปละลายน้ำ คนให้ขี้เถ้าอมน้ำจนทั่วแล้วทิ้งไว้ 8 – 12 ชั่วโมงให้ขี้เถ้าตกตะกอน แล้ววินเอาเฉพาะส่วนใสไปลอกกาวไหม โดยนำไปต้มผสมกับสบู่ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15–20 นาที ซึ่งการลอกกาวไหมด้วยวิธีดังกล่าวต้องใช้เวลาในการเตรียมจนกระทั่งแล้วเสร็จที่ค่อนข้างนาน อุณหภูมิที่ใช้ค่อนข้างสูง เป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอย่างไม่คุ้มค่า ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาเอนไซม์โปรติเอสซึ่งสกัดได้จากแบคทีเรียบาซิลลัสที่คัดแยกได้จากดิน (จาตุรงค์ และ สุพรรนี, 2553) มาใช้ในการลอกกาวไหมทดแทนวิธีดั้งเดิม

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นที่ 1 การเตรียมเอนไซม์โปรติเอส

เอนไซม์โปรติเอสนั้นสกัดได้จาก *Bacillus* sp. (UBRU - 3) โดยนำ *Bacillus* sp. (UBRU - 3) ไปเลี้ยงในอาหาร Nutriant Broth (NB) นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นดูดเชื้อจากอาหารเหลวในปริมาตร 1,000 µl ใส่ลงใน appendrop tube นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และวัดปริมาณโปรตีนในเอนไซม์โปรติเอสด้วย Folin – Lowry method (1951)

ขั้นที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์โปรติเอสต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์โปรติเอสต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม สามารถทำได้โดยการเตรียมเอนไซม์โปรติเอสที่มีความเข้มข้น 0 100 500 1,000 5,000 10,000 ppm แล้วตัดเส้นใยไหมความยาว 5 ซม. จำนวน 10 เส้น นำไปแช่ในน้ำกลั่น 5 นาที เพื่อให้เส้นใยอ่อนตัวและแช่ในน้ำอุ่นจัด 10 นาที เพื่อปรับสภาพเส้นใย จากนั้นนำเส้นใยไหมลงแช่ในสารละลายเอนไซม์โปรติเอสที่เตรียมไว้ โดยแช่เป็นเวลานาน 15 และ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อครบตามกำหนดทำการล้างเส้นใยไหมด้วยน้ำกลั่น แล้วผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปตรวจคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหมด้วยการสัมผัสและใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการทดลอง

ขั้นที่ 1 การเตรียมเอนไซม์โปรติเอส

ผลการเตรียมเอนไซม์โปรติเอสจาก *Bacillus* sp. (UBRU - 3) โดยการเลี้ยง *Bacillus* sp. (UBRU - 3) ในอาหาร Nutriant Broth (NB) นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นดูดเชื้อจากอาหารเหลวในปริมาตร 1,000 µl ใส่ลงใน appendrop tube นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที พบว่าเอนไซม์โปรติเอสผสมที่มีลักษณะของเอนไซม์โปรติเอสจะมีสีเหลืองใส เมื่อนำไปทดสอบโปรตีนในเอนไซม์โปรติเอสด้วย Folin – Lowry method (1951) พบว่าในสารละลายเอนไซม์โปรติเอสผสมที่สกัดได้มีปริมาณโปรตีน 6.6×10^{-3} µg/ml

ขั้นที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์โปรติเอสต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์โปรติเอสต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม โดยการใช้เอนไซม์โปรติเอสที่มีความเข้มข้น 0 100 500 1,000 5,000 10,000 ppm จากนั้นนำเส้นใยไหมที่เตรียมไว้ลงไปแช่ในสารละลายเอนไซม์โปรติเอสที่โดยแช่เป็นเวลานาน 15 และ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียสพบว่า พบว่าเส้นใยไหมที่แช่ในสารละลายเอนไซม์โปรติเอสที่อุณหภูมิ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 30 นาที ลักษณะของเส้นใยไหมที่แช่ในสารละลายเอนไซม์โปรติเอสที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 500 ppm ขึ้นไปเส้นใยไหมมีการกระจายตัวออกจากกันได้ดี มีลักษณะเป็นเส้นใยเดียว เมื่อสัมผัสเส้นใยมีความเรียบสม่ำเสมอ มีความอ่อนนุ่มและมันวาว มีการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเข้มเป็นสีเหลืองอ่อน เมื่อเปรียบเทียบกับที่แช่ในน้ำกลั่น และเมื่อใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์โปรติเอสเพิ่มขึ้น เส้นใยไหมจะกระจายตัวได้มากขึ้น แสดงว่า กาวไหมหรือโปรตีนเซริซินถูกย่อยออกได้ด้วยเอนไซม์โปรติเอส

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. (UBRU - 3) บนอาหารสูตร NA เชื้อแบคทีเรียมีการเจริญได้ดีภายใน 5 วัน โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. (UBRU - 3) เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โคโลนีย้อมติดสี รูปร่างเซลล์เป็นท่อนตรง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ จักรพันธ์ สุวรรณพิมพ์ และสุพรรนี แก่นสาร อะโอกิ (2552) ได้ทำการศึกษาการคัดเลือก *Bacillus* spp. ที่ผลิตเอนไซม์โปรติเอส อะไมเลสและไลเปสจากดิน

จากการศึกษาผลของเอนไซม์โปรติเอสต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายเอนไซม์โปรติเอส 100 500 1,000 5,000 และ 10,000 ppm อุณหภูมิ 30 40 50 และ60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 30 นาที ผลปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของเส้นใยไหมได้ดี เส้นใยเปลี่ยนจากสีเหลืองเข้มเป็นสีเหลืองอ่อน เส้นใยพองฟูไม่เกาะติดกัน เมื่อสัมผัสเส้นใยจะมีความเรียบสม่ำเสมอและมีลักษณะอ่อนนุ่ม ขึ้นเงาดี แสดงว่าเอนไซม์โปรติเอสมีผลต่อการย่อยสลายเซริซินบนเส้นใยไหมได้ และสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ เอกสิทธิ์ ฟูเฟื่องสมบัติและคณะ (2552) ซึ่งทำการแยกและคัดเลือกแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์โปรติเอสที่ลอกกาวไหมได้จากประเทศไทย พบว่าแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ C4 สามารถสร้างเอนไซม์โปรติเอสที่ลอกกาวไหมได้สูงสุด ที่ pH 7.5 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่รุนแรงมากนัก

สรุปผล

ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดได้จากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. (UBRU – 3) ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm มีผลให้เส้นใยไหมเมื่อสัมผัสมีความอ่อนนุ่ม เส้นใยพองฟูไม่เกาะติดกันเป็นเส้นใยเดียว ขึ้นเงาดี เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความเข้มข้น 100 500 1,000 และ 5,000 ppm ตามลำดับ

สภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดได้จากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม พบว่าเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดได้จากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp. (UBRU - 3) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีผลให้เส้นใยไหมเมื่อสัมผัสมีความอ่อนนุ่ม เส้นใยพองฟูไม่เกาะติดกัน ขึ้นเงาดี เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

จักรพันธ์ สุวรรณพิมพ์ และสุพรรนี แก่นสาร อะโอกิ, 2552, การคัดเลือก *Bacillus* spp. ที่ผลิตเอนไซม์โปรติเอส อะไมเลส และไลเปสจากดิน, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 40(1) (พิเศษ): 389-392

จาตุรงค์ จงจีน และสุพรรนี แก่นสาร อะโอกิ, 2553, การคัดแยกแบคทีเรียสกุล *Bacillus* spp. จากดิน บริเวณที่ทิ้งขยะ เขตอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 41(3/1) (พิเศษ): 317-320.

จันทิมา เกยานนท์ และเปรมวดี วงษ์แสงจันทร์, 2549, การลอกกาวไหมไทยโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสจากเชื้อแบคทีเรีย, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

สิริรัตน์ จารุจินดา, 2548, ไหม : การลอกกาวไหม การฟอกขาวไหม, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, colour ปีที่ 10 ฉบับ 57 มีนาคม–เมษายน : 41 – 44.

สมใจ ศิริโภค และสุมาลี เหลืองสกุล, 2541, การคัดเลือกจุลินทรีย์เพื่อใช้ผลิตเอนไซม์อะไมเลส โปรติเอสและไลเปส, วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 14(2): 18-32.

เอกสิทธิ์ ฟูเฟื่องสมบัติ ปทุมพร ฉิมเอนก อมรรัตน์ พรหมบุญ และสุณิสา สุวรรณพันธ์, 2552, การแยกและคัดเลือกแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์โปรติเอสที่ลอกกาวไหมได้จากประเทศไทย, ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Gupta, R., Beg, Q.K. and Lorenz, P., 2002, Bacterial Alkaline Proteases: Molecular Approaches and Industrial Applications, Applied Microbiology and Biotechnology, 59:15-32.

การเปรียบเทียบกระบวนการผลิต ต้นทุน และรายได้ของการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกและตลาดภายในประเทศใน จ.ฉะเชิงเทรา

A Comparison of Production Process, Cost and Income of Mango Production for Export and Local Markets in Chachoengsao Province

กวิศร์ วานิชกุล[1] และ อัญชลี เป้าสิงห์[1]
Wanichkul, K.[1] and Paosing, A.[1]

Abstract

A comparison of production processes, cost and income of mango production for export and local markets in Chachoengsao province was conducted. The data were collected by questionnaires and data from orchard farmers. The results showed that mango production process for export and local markets were similar. Mostly they were planted at 6 X 6 meters apart with growing media, manure and fertilizer were added before planting, and irrigation was applied in dry season. In addition, fertilizer was applied by top dressing around the canopy. The disease found was anthracnose. Mangoes produced for export were bagged, graded and treated with vapour heat treatment to kill fruit flies eggs. From the analysis of production cost, it was found that cost and income of mangoes produced for export was significantly higher than those produced for local markets ($p<0.05$).

Keywords: comparison, production process, mango, cost, income

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบกระบวนการผลิต ต้นทุน และรายได้ของการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกและตลาดภายในประเทศในจังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้แบบสัมภาษณ์และข้อมูลจากเกษตรกรชาวสวนมะม่วง พบว่ากระบวนการผลิตมะม่วงเพื่อส่งออกและจำหน่ายภายในประเทศคล้ายกัน คือส่วนใหญ่ใช้ระยะปลูก 6x6 เมตร ใส่วัสดุปลูก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีรองพื้นก่อน มีการชลประทานในฤดูแล้ง ใส่ปุ๋ยด้วยวิธีหว่านรอบทรงทรงพุ่ม โรคที่พบคือแอนแทรกโนส นอกจากนี้ยังพบว่ามะม่วงที่ผลิตเพื่อส่งออก มีการห่อผล คัดขนาดและอบไอน้ำเพื่อกำจัดไข่แมลงวันทอง จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพบว่าต้นทุนและรายได้ของการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกสูงกว่าการผลิตเพื่อตลาดในประเทศและแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: การเปรียบเทียบ กระบวนการผลิต มะม่วง ต้นทุน รายได้

คำนำ

จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่ปลูกมะม่วงประมาณ 86,000 ไร่ ปลูกมากที่อำเภอบางคล้า และแปลงยาว ปลูกพันธุ์น้ำดอกไม้ (นริศรา, 2544) กระบวนการผลิตมะม่วงสำหรับตลาดภายในประเทศ คือ การปลูกใช้กิ่งทาบ ระยะปลูก 8x8 ม. ปลูกพันธุ์เขียวเสวย แรด น้ำดอกไม้และทองดำ ให้น้ำโดยปล่อยเข้าตามร่องสวน ใช้ปุ๋ยอินทรีย์รองพื้น ใส่ปุ๋ยเคมีหลังการตัดแต่งกิ่ง และก่อนมะม่วงออกดอก ใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดวัชพืช การบังคับออกดอกใช้สารพาโคลบิวทราโซลควบคู่ไปกับสารโพแทสเซียมไนเตรทหรือไทโอยูเรีย ตัดแต่งกิ่งมะม่วง ไม่ห่อผล การเก็บเกี่ยวใช้การดูนวลผลมะม่วงและการนับอายุ โดยใช้ตะกร้อในการเก็บเกี่ยว มีการคัดขนาดคุณภาพ ภาชนะบรรจุใช้ลังพลาสติก พ่อค้าขาประจำที่มารับซื้อที่สวน (ชูเกียรติ, 2540) ส่วนการผลิตเพื่อการส่งออก แตกต่างกันคือ ระยะปลูก 6x6 ม. มีการให้น้ำแบบสายยาง ใช้เครื่องจักรกลในการผลิต มีการป้องกันกำจัดโรคและแมลงและบังคับมะม่วงให้ออกดอกนอกฤดู ห่อผลมะม่วง เก็บเกี่ยวโดยป้องกันยางเปื้อนผลมะม่วง การทำความสะอาดผลมะม่วงด้วยสารป้องกันกำจัดโรคหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาผลมะม่วงก่อนที่จะมีพ่อค้ามารับ (นริศรา, 2544) จากการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกมะม่วงใน อ. บางคล้า จ. ฉะเชิงเทรา ปีการเพาะปลูก 2533/34 พบว่าต้นทุนในการผลิต 7,000 บาท/ไร่/ปี ผลตอบแทนสุทธิ 1,290 บาท/ไร่/ปี (อารีย์, 2537) มะม่วง

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University Kamphaengsaen campus, Nakhon Pathom province 73140

เป็นไม้ผลที่สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศปีละหลายร้อยล้านบาท อีกทั้งมีกระบวนการผลิตที่ไม่ยากนักจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่น่าสนใจ ดังนั้นจึงได้ศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการผลิตเพื่อตลาดส่งออกต่างประเทศ และตลาดภายในประเทศ เพื่อให้ทราบลักษณะการผลิต ต้นทุน ผลตอบแทนที่จะได้รับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการผลิตสำหรับเกษตรกรให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและต้นทุนไม่สูงมาก

อุปกรณ์และวิธีการ

บันทึกข้อมูลจากเกษตรกรที่ผลิตเพื่อตลาดภายในประเทศ และผลิตเพื่อตลาดต่างประเทศ จากสวนมะม่วงใน อ. บางคล้า และ อ. พนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา แบบละ 4 สวน ใช้วิธีการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถาม ข้อมูลในการศึกษาได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร สภาพพื้นที่ปลูก เช่น ขนาดของพื้นที่ พันธุ์ ระยะปลูก รูปแบบของการปลูก วิธีปลูก วิธีการดูแลรักษา ผลผลิต ต้นทุน ผลตอบแทน ในการทำสวนมะม่วง เช่น ค่าใช้จ่ายในการปลูก ค่าแรงในการปลูก การเก็บเกี่ยว ราคาขาย เป็นต้น ข้อมูลที่สำรวจได้สรุปเป็นตารางเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของกระบวนการผลิต ตารางต้นทุนและรายได้ วิเคราะห์ผลโดยใช้ T-test

ผลการทดลอง

การผลิตมะม่วงเพื่อจำหน่ายภายในประเทศ เจ้าของสวนส่วนใหญ่เป็นเพศชายผ่านการสมรสแล้ว จบการศึกษาระดับประถมศึกษาปีที่ 4 มีอายุตั้งแต่ 40 ปีขึ้นไป ใช้แรงงานของสมาชิกในครอบครัว ฐานะอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างดี เกษตรกรให้ความสนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่พอสมควร มีกรรมสิทธิ์ในการเป็นเจ้าของที่ดิน เงินทุนในการประกอบกู้ยืมบางส่วนจาก ธกส. (Table 1) พื้นที่ผลิตเฉลี่ย 30 ไร่ ใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นหลัก ไม่ใช้เทคโนโลยีการผลิตมากนัก พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ ทวายเดือนเก้า (23%) ฟ้าลั่น (16%) น้ำดอกไม้ (14%) โชคอนันต์ เขียวเสวย แรด ทองดำ (11%) ใช้กิ่งทาบในการปลูก ระยะปลูกส่วนใหญ่ 6×6 ม. รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกและวัสดุปลูก บางสวนจะมีการใส่สารฟูราดานป้องกันกำจัดแมลงไปด้วย หลังจากนั้นดูแลรักษาใส่ปุ๋ยตามสมควร ใช้เวลาประมาณ 2 ปี ต้นมะม่วงจึงพร้อมให้ผล มีการตัดแต่งกิ่งและลำต้นให้มีขนาดไม่สูงมาก มะม่วงเริ่มออกดอกในช่วงเดือนตุลาคม มีการฉีดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เมื่อติดผลอ่อนมีการบำรุงต้นและผลอ่อน ผลใกล้แก่ใส่ปุ๋ย 13-13-21 เพิ่มรสชาติ เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนมีนาคม ถ้าเป็นการผลิตนอกฤดูจะตัดแต่งกิ่ง และบำรุงต้นให้สมบูรณ์ หลังจากแตกใบอ่อนอย่างน้อย 2 ครั้ง บังคับให้ออกดอกโดยราดสารพาโคลบิวทราโซลปลายเดือนพฤษภาคมแล้วพ่นสารไทโอยูเรียตาม มะม่วงออกช่อดอกช่วงเดือนกรกฎาคม ในช่วงนี้จะต้องดูแลเรื่องโรคแมลงเป็นอย่างดี บำรุงต้นด้วยปุ๋ย 15-15-15 หรือตามสภาพต้นโทรมมากจะใช้ปุ๋ยสูตร 25-7-7 มีการชลประทานในฤดูแล้ง เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ เก็บผลิตผลใส่ตะกร้าพลาสติก แล้วจึงมาคัดขนาดผลในภายหลัง ผลิตผลที่ได้พ่อค้าจะมารับที่สวน หรือการขายผลิตผลจะเป็นแบบเหมาสวนโดยพ่อค้าจะเป็นผู้มาเก็บผลมะม่วงเอง โดยที่เจ้าของสวนคอยดูและคอยตรวจสอบปริมาณผลิตผล รายได้ที่ได้รับเป็นเงินสดทันทีเมื่อมอบผลิตผลให้พ่อค้าแล้ว (Table 2)

การผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก เกษตรกรมีความแตกต่างก็คือ ฐานะของเกษตรกรค่อนข้างดี มีความสนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ อยู่เสมอ ให้ความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่ต่างๆเป็นอย่างดีและมีกรรมสิทธิ์ในการเป็นเจ้าของที่ดิน ใช้เงินทุนในการประกอบการผลิตของตนเองเกือบทั้งหมด (Table 1) พื้นที่ในการผลิตมากกว่า 35 ไร่ขึ้นไป มีการจัดจ้างแรงงานและใช้เครื่องมือมากขึ้น กิ่งพันธุ์มะม่วงที่ใช้เป็นกิ่งทาบหรือใช้วิธีเสียบยอด ระยะปลูก 6×6 ม. รองก้นหลุมด้วยวัสดุปลูก ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี ปูนมาร์ลและฟูราดาน จัดการทรงต้นให้มีขนาดไม่สูงมาก ส่วนใหญ่ผลิตนอกฤดู เมื่อต้นมะม่วงอายุได้ 2-3 ปี มีการตัดแต่งทรงพุ่ม บำรุงต้นให้สมบูรณ์ (ปุ๋ยสูตร 15-15-15, 20-10-10) ให้ต้นมะม่วงแตกใบอ่อน 2 ครั้ง เลือกต้นที่สมบูรณ์เพื่อบังคับให้ออกดอกนอกฤดูกาล (เริ่มในช่วงเดือนกุมภาพันธ์) หลังจากนั้น ช่วงต้นเดือนกรกฎาคมต้นมะม่วงแทงช่อดอก ในช่วงนี้จะดูแลเรื่องโรคแมลงเป็นอย่างดี เมื่อต้นมะม่วงติดผลอ่อน มีการชลประทาน บำรุงดูแลรักษาใส่ปุ๋ย อย่างสม่ำเสมอ ห่อผลมะม่วง ในพันธุ์มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองใช้ถุงคาร์บอน ส่วนพันธุ์น้ำดอกไม้ทวายเบอร์สี่ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ ฉีดพ่นสารเคมีตามข้อกำหนดในการส่งออก เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตเดือนตุลาคม ส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวด้วยมือเพื่อป้องกันการช้ำ คัดแยกขนาดที่โรงเรือนแล้วพักให้ยางมะม่วงไหลให้จนแห้ง จากนั้นนำส่งโรงคัดกลางเพื่อคัดเกรด อบไอน้ำเพื่อกำจัดไข่แมลงวันทองแล้วไปผ่านกระบวนการส่งออก (Table 2)

ต้นทุนการผลิตของการผลิตมะม่วงส่งออกสูงกว่าการผลิตมะม่วงเพื่อจำหน่ายภายในประเทศ เช่น ค่าเสื่อมอุปกรณ์และสารเคมี และแตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าแรงงานของสวนส่งออกมีค่าน้อยกว่าสวนมะม่วงผลิตจำหน่ายใน

ประเทศเป็นผลมาจากการที่มีอุปกรณ์เครื่องมือช่วยทดแทนแรงงานบางส่วน ในด้านผลผลิต สวนที่ผลิตเพื่อส่งออกมีปริมาณผลผลิตที่สูงกว่า และมีราคาขายต่อกิโลกรัมสูงกว่า จึงทำให้มีผลกำไรมากกว่า (Table 3)

วิจารณ์ผล

มะม่วงที่ปลูกนิยมขยายพันธุ์โดยการทาบกิ่งเพราะสะดวกและรวดเร็ว เปอร์เซ็นต์การติดสูง ได้ต้นตอมะม่วงที่มีความแข็งแรง ทนต่อโรคและแมลง และระบบรากที่สมบูรณ์แข็งแรง การผลิตเพื่อส่งออกใช้ระยะปลูกระยะ 6 x 6 ม. สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา(นริศรา, 2544) แต่มีข้อเสียคือทรงต้นของมะม่วงขยายไม่ได้เต็มที่เพราะมีการควบคุมทรงต้น ส่วนข้อดีทำให้มีจำนวนต้นปลูกมากขึ้น ทำให้ดูแลผลผลิตได้ง่ายกว่า ลดความเสียหายจากการเก็บเกี่ยว แต่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงกว่า ระยะปลูกของสวนมะม่วงที่ผลิตเพื่อจำหน่ายภายในประเทศในปัจจุบันชิดขึ้นกว่าที่เคยมีรายงานไว้ (ชูเกียรติ, 2540) ส่วนการตัดแต่งกิ่งส่วนใหญ่ยังปฏิบัติเหมือนเดิม การให้ปุ๋ยมีความแตกต่างกัน ซึ่งการใช้ปุ๋ยการผลิตเพื่อการส่งออกมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า แต่จะให้ผลผลิตที่สูงกว่าด้วย ลักษณะวิธีการใส่ปุ๋ยคล้ายกับข้อมูลที่มีผู้รายงานไว้แล้ว สวนมะม่วงที่ส่งออกใส่ปุ๋ยหลายชนิดเพื่อบำรุงต้น แต่สวนที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศมักจะใช้ปุ๋ยสูตรเดิมที่เคยใช้มา กำจัดโรคแมลงโดยใช้สารเคมี ฉีดพ่นเมื่อมีปริมาณโรคแมลงเกินจุดปลอดภัย สวนที่ส่งออกใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากก่อนที่จะส่งออกต้องมีการตรวจสอบสารตกค้างไม่ให้เกินปริมาณที่กำหนดไว้ (นาวิน และ สุภาพร, 2547) การแก้ไขปัญหาแมลงวันทองโดยการห่อผลมะม่วงนิยมใช้ในการผลิตเพื่อการส่งออกซึ่งมีเงื่อนไขมากกว่า การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกมะม่วงในปีการเพาะปลูก 2533/34 พบว่าต้นทุนต่ำกว่าในการศึกษาครั้งนี้ (อารีย์, 2537) อาจเป็นสาเหตุจากช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาต่างกันมากกว่า 10 ปี จึงทำให้ค่าครองชีพเพิ่มสูงขึ้น และกระบวนการผลิตมีละเอียดอ่อนมากขึ้นเพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพ แต่ก็มีราคาผลขายและผลกำไรที่สูงขึ้นด้วย จากผลการเปรียบเทียบนี้น่าจะเป็นจุดกระตุ้นให้ผู้ผลิตมะม่วงเพื่อจำหน่ายภายในประเทศหันมาสนใจเรื่องการปรับปรุงการผลิตเพื่อนำไปสู่การผลิตเพื่อการส่งออกมากขึ้น

สรุปผล

สวนมะม่วงในจังหวัดฉะเชิงเทราผลิตเพื่อส่งออกและจำหน่ายภายในประเทศมีส่วนที่เหมือนกันคือใช้ระยะปลูก 6x6 ม. เป็นส่วนใหญ่ มีการใส่วัสดุปลูก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีรองพื้นก่อน ใส่ปุ๋ยบำรุงโดยหว่านรอบทรงทรงพุ่ม ส่วนข้อแตกต่างคือการผลิตมะม่วงเพื่อส่งออกผลิตนอกฤดู ห่อผลมะม่วงด้วยถุงคาร์บอนหรือกระดาษหนังสือพิมพ์ มีข้อจำกัดในการใช้สารเคมี มีการเก็บเกี่ยวที่ปราณีตกว่า มีการคัดขนาดแล้วส่งไปอบไอน้ำเพื่อกำจัดไข่แมลงวันทอง ส่วนการผลิตมะม่วงขายภายในประเทศผลิตทั้งในและนอกฤดู ไม่นิยมห่อผล ไม่มีข้อจำกัดเรื่องสารเคมีตกค้าง ต้นทุนในการผลิตมะม่วงส่งออกสูงกว่าการผลิตเพื่อขายภายในประเทศ และมีผลรายได้สูงกว่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

ชูเกียรติ ประดิษฐ์ศิลปกุล, 2540, การใช้เทคโนโลยีผลิตมะม่วงของเกษตรกรใน อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชุลิกา ไกรสุริยางกูร, 2537, การประเมินวิทยาการในการผลิตมะม่วงของเกษตรกรในจังหวัดราชบุรีและฉะเชิงเทรา ปีการเพาะปลูก 2533/2534, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นริศรา ทุมมณี, 2544, ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงเพื่อส่งออกของเกษตรกรกลุ่มปรับปรุงคุณภาพไม้ผล จังหวัดฉะเชิงเทรา, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นาวิน ธาราแสง และสุภาพร พรมชาติ, 2547, ปลูกมะม่วงส่งออกไม่ยากอย่างที่คิด, เมืองไม้ผล, 4(38): 87-88.

อารีย์ อำบุญธรรม, 2537, การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกมะม่วงใน อ. บางคล้า จ. ฉะเชิงเทรา ปีการเพาะปลูก 2533/34, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีสังคม (เกริก), กรุงเทพฯ.

Table 1 Demographic data of farmers who produce mango for export and local markets.

Demographic data	Local market	Export
Family members (Persons)	4-5	4
Education	Primary school	Primary school
Area of orchard (Rai)	30	35
Capital	Banking loan	Self investment

Table 2 Production process of farmers who produce mango for export and local markets.

Production process	Local market	Export
Cultivars	Several	Nam Dok Mai
Season	In and off-season	Off-season
Machinery	Mostly without machinery	With machinery
Plant growth regulator applied	Only for off-season	Applied
Fruit bagging	No bagging	Bagged with carbon or newsprint bag
Pesticide used	No regulation	Used under regulation
Postharvest handling	Grading	Washing, grading, packing and vapour heat treatment

Table 3 Yield, cost and income of farmers who produce mango for export and local markets.

Type of production	Cost (Baht/Rai/Year)	Yield (Kg/Rai/Year)	Income (Baht/Year)	Profit (Baht/Year)
For export	7,240.65	637.50	29,000.00	21,759.36
For local market	5,589.16	564.58	10,441.67	4,852.51
T-test	*	ns	*	*

อิทธิพลของโปรตีนต่อคุณสมบัติทางกลและการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลัง

Effect of Cassava Starch/Protein Foam on Mechanical Properties and Water Resistance

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 mechanical properties and water resistance of cassava starch foam (CSF) mixed with zein protein, gluten protein and soy protein. The protein was varied at 4 concentrations of 0, 5, 10 and 15% by weight of cassava starch. Hot mold baking was used to produce the CSF which its temperature was controlled at 200°C and the foam was heated for 5 min. Density, flexural strength and compressive strength were increased in CSF added with zein and gluten but water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) were decreased. However flexural strength and compressive strength of CSF mixed with soy protein were decreased, but WAI and WSI were increased. Although CSF mixed with 15% zein protein had a greater flexural strength than polystyrene foam, the compressive strength, WAI and WSI were closed to polystyrene foam. Flexural strength, compressive strength, WAI and WSI values of CSF blended with 15% zein protein were 4.17 N/mm^2, 1.20 MPa, 2.79 and 2.22, respectively.

Keywords: polystyrene, cassava starch foam, flexural strength, compressive strength

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางกลและการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลัง (cassava starch foam; CSF) ที่เติม zein protein, gluten protein และ soy protein ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง นำมาขึ้นรูปโดยใช้ hot mold baking อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่า การเติม zein protein และ gluten protein ทำให้ CSF มีความหนาแน่น แรงต้านทานการโค้งงอ และแรงต้านทานการกด เพิ่มขึ้น แต่ดัชนีการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำลดลง ส่วนการเติม soy protein พบว่า แรงต้านทานการโค้งงอ และแรงต้านทานการกดของ CSF ลดลงและทำให้ดัชนีการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า CSF ผสม zein protein ร้อยละ 15 มีแรงต้านทานการโค้งงอสูงกว่าพอลิสไตรีนโฟม และมีค่าแรงต้านทานการกด ดัชนีการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำ ใกล้เคียงกับกับพอลิสไตรีน โดยมีค่าแรงต้านทานการโค้งงอและแรงต้านทานการกด เท่ากับ 4.17 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และ 1.20 เมกกะปาสคาล ดัชนีการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำ เท่ากับ 2.79 และ 2.22

คำสำคัญ: พอลิสไตรีน โฟมแป้งมันสำปะหลัง แรงต้านทานการโค้งงอ แรงต้านทานการกด

คำนำ

ปัจจุบันพอลิเมอร์จากธรรมชาติ (biopolymer) จำพวกวัสดุทางการเกษตร เช่น แป้ง ไคติน ไคโตซาน และเส้นใย ได้ถูกนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์หลายชนิด ทั้งในรูปของแผ่นฟิล์ม สารเคลือบเพื่อห่อหุ้มอาหาร ถาดโฟมบรรจุอาหาร เป็นต้น (Cutter, 2006) เนื่องจากพอลิเมอร์จากธรรมชาติเหล่านี้สามารถรับประทานได้ ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ไม่เป็นพิษและราคาถูก โดยเฉพาะแป้งที่มีมีสมบัติเป็น thermoplastic ได้ถูกนำมาผลิตเป็นถาดโฟม (Davis และ Song, 2005; Shogren และคณะ, 2002) แต่โฟมแป้งที่ได้มีความเปราะ แตกหักง่ายและไม่ต้านทานน้ำ (Parra และคณะ, 2006) ซึ่งมีรายงานว่าการเติมพอลิเมอร์จากธรรมชาติชนิดอื่น เช่น โปรตีน สามารถเพิ่มความแข็งแรง เพิ่มแรงยืดตัว และสามารถต้านทานน้ำได้ การเติม zein protein ลงใน thermoplastic starch ทำให้แรงต้านทานการดึงขาดของฟิล์มแป้งเพิ่มขึ้น แต่การดูดซึมน้ำลดลง (Gaspar และคณะ, 2005) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าการเติมโปรตีนจากทานตะวันสามารถลดการดูดซับน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังได้โดยไม่ทำให้ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลง ซึ่งการเติมโปรตีนร้อยละ

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

10 ทำให้โฟมแป้งมีสมบัติดีที่สุด (Salgado และคณะ, 2007) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้คุณสมบัติทางกลและการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมโปรตีน 3 ชนิด คือ zein protein, gluten protein และ soy protein

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายเจลแป้ง โดยนำแป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผสม zein protein, gluten protein และ soy protein ร้อยละ 0, 5, 10, 15 ของน้ำหนักแป้ง โดยใช้เครื่อง homogenizer ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำส่วนผสม 80 มิลลิลิตร ขึ้นรูปโดยใช้เทคนิค hot baking mold ใช้อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นเก็บตัวอย่างโฟมแป้งมันสำปะหลังในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกล ได้แก่ ความหนาแน่น (Cinelli และคณะ, 2006) แรงต้านทานการกดทับ (ASTM, 1973) แรงต้านทานการโค้งงอ (ASTM, 1991) ดัชนีการดูดซึมน้ำ (water absorption index) และดัชนีการละลายน้ำ (water solubility index) (AACC method 56-20) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS Program (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า การเติม zein protein, gluten protein และ soy protein ปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้โฟมแป้งมันสำปะหลังมีความหนาแน่นสูงขึ้น โดยความหนาแน่นของโฟมแป้งมันสำปะหลังผสม zein protein, gluten protein และ soy protein มีค่าเท่ากับ 0.23-0.46, 0.29-0.34, 0.30-0.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 1a) การที่โฟมแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนมีความหนาแน่นสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากการเติมปริมาณโปรตีนสูงขึ้นส่งผลให้เพิ่มความหนืดของส่วนผสม และขัดขวางการพองตัวของแป้ง (Cinelli และคณะ, 2006) จึงทำให้โฟมมีความหนาแน่นสูงกว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้เติมโปรตีน (control) และโฟมพอลิสไตรีน ซึ่งมีกระบวนการผลิตมีการขยายตัวของพอลิสไตรีน จากการใช้ก๊าซเพนเทน จึงทำให้โฟมพอลิสไตรีนมีความหนาแน่นต่ำ (อมรรัตน์, 2546)

ส่วนค่าแรงต้านทานการโค้งงอ พบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังมีแรงต้านทานการโค้งงอสูงกว่าโฟมพอลิสไตรีน และการเติม zein protein และ gluten protein ปริมาณโปรตีนสูงขึ้น ทำให้แรงต้านทานการโค้งงอของโฟมแป้งมันสำปะหลังสูงขึ้น โดยการเติม zein protein ร้อยละ 15 มีค่าแรงต้านทานการโค้งงอสูงที่สุด เท่ากับ 4.17 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (Figure 1b) แต่การเติม soy protein ปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โฟมแป้งมันสำปะหลังมีค่าแรงต้านทานการโค้งงอลดลง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก zein protein และ gluten protein เป็นโปรตีนที่มีความยืดหยุ่นจึงส่งผลให้โฟมแป้งมันสำปะหลังสามารถโค้งงอได้มากขึ้น (Shewry และคณะ, 2002) สำหรับแรงต้านทานการกดทับ พบว่าพอลิสไตรีนโฟมมีค่าแรงต้านทานการกดทับใกล้เคียงกับโฟมแป้งมันสำปะหลัง control (Figure 1c) และโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติม zein protein, gluten protein และ soy protein มีค่าแรงต้านทานการกดทับลดลง อย่างไรก็ตามการเติม zein protein และ gluten protein ในปริมาณสูงขึ้น ทำให้แรงต้านทานการกดทับเพิ่มขึ้น โดยโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติม gluten protein ร้อยละ 15 มีค่าแรงต้านทานการกดทับสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.69 เมกกะปาสคาล ส่วนการเติม soy protein ลงในโฟมแป้งมันสำปะหลังทำให้แรงต้านทานการกดทับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับแรงต้านทานการโค้งงอ

โฟมแป้งมันสำปะหลังมีค่าดัชนีการดูดซึมน้ำสูงที่สุด เท่ากับ 6.68 (Figure 1d) และเมื่อการเติม zein protein และ gluten protein ลงในโฟมแป้งมันสำปะหลัง ส่งผลให้ค่าดัชนีการดูดซึมน้ำลดลง ซึ่งโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติม zein protein และ gluten protein ปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง มีค่าดัชนีการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 4.89, 3.89, 2.79 และ 5.01, 4.76, 4.43 ตามลำดับ ส่วนการเติม soy protein พบว่าดัชนีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น โดยมีค่าดัชนีการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 4.20, 4.25 และ 4.97 ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับค่าดัชนีการละลายน้ำของโฟมแป้งเมื่อเติมปริมาณ zein protein และ gluten protein พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ดัชนีการละลายน้ำลดลง แต่การเติม soy protein ทำให้ดัชนีการละลายน้ำเพิ่มขึ้น (Figure 1e) โดยการเติม zein protein ปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง มีค่าดัชนีการละลายน้ำ เท่ากับ 3.75, 2.54 และ 2.22 การเติม gluten protein มีค่าดัชนีการละลายน้ำ เท่ากับ 3.22, 2.71 และ 2.23 การเติม soy protein มีค่าดัชนีการละลายน้ำ เท่ากับ 5.04, 9.47 และ 19.6 ตามลำดับ การที่ปริมาณ zein protein และ gluten protein มีค่าดัชนีการดูดซึมน้ำและดัชนีการละลายน้ำต่ำกว่า soy protein เนื่องจาก zein protein และ gluten protein มีโปรตีนที่มีคุณสมบัติเป็น hydrophobic (Mungara และคณะ, 2002)

สรุปผล

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังผสม zein protein ร้อยละ 15 มีค่าแรงต้านทานการโค้งงอ และ โฟมแป้งมันสำปะหลังผสม gluten protein ร้อยละ 15 มีค่าแรงต้านทานการกดทับสูงกว่าพอลิสไตรีนโฟม แต่ดัชนีการดูดซึมน้ำและดัชนีการละลายน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังผสม zein protein และ gluten protein ร้อยละ 15 ยังคงสูงกว่าพอลิสไตรีนโฟมเล็กน้อย จึงควรมีการศึกษาความสามารถในการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก)

เอกสารอ้างอิง

อมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2546, โฟมพลาสติก [สืบค้น], http://www.mew6.com/composer/package/ package_56.php [10 ตุลาคม 2552].

Cinelli, P., Chiellini, E., Lawton, J.W. and Imam, S.H., 2006, Foamed Articles Based on Potato Starch, Corn Fibers and Poly(vinyl alcohol), Polymer Degradation and Stability, 91(5): 1147-1155.

Cutter, C.N., 2006, Opportunities for Bio-based Packaging Technologies to Improve the Quality and Safety of Fresh and Further Processed Muscle Foods, Meat Science, 74(1): 131–142.

Davis, G. and Song, J.H., 2005, Biodegradable Packaging Based on Raw Materials from Crops and Their Impact on Waste Management, Industrial Crops and Products, 23(2): 147–161.

Gaspar, M., Benko, Zs., Dogossy, G., Reczey, K. and Czigany, T., 2005, Reducing Water Absorption in Compostable Starch-based Plastics, Polymer Degradation and Stability, 90(3): 563-569.

Mungara, P., Chang, T., Zhu, J. and Jane, J., 2002, Processing and Physical Properties of Plastics Made from Soy Protein Polyester Blends, Journal of Polymers and the Environment, 10(1): 31-37.

Parra, D.F., Carr, L.G., Ponce, P., Lugao, A.B. and Buchler, P.M., 2006, Influence of Fibers on the Mechanical Properties of Cassava Starch Foams, CIGR Section VI International Symposium, April 26-28, Warsaw, Poland.

Salgado, P.R., Schmidt, V.C., Ortiz, S.E.M., Mauri, A.N. and Laurindo, J.B., 2007, Biodegradable Foams Based on Cassava Starch, Sunflower Proteins and Cellulose Fibers Obtained by a Baking Process, Journal of Food Engineering, 85(3): 435-443.

Shewry, R.P., Halford, G.N., Belton, S.P. and Tatham, S.A., 2002, The Structure and Properties of Gluten: an Elastic Protein from Wheat Grain, Philosophical Transactions of the Royal Society B, 357(1418): 133–142.

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.

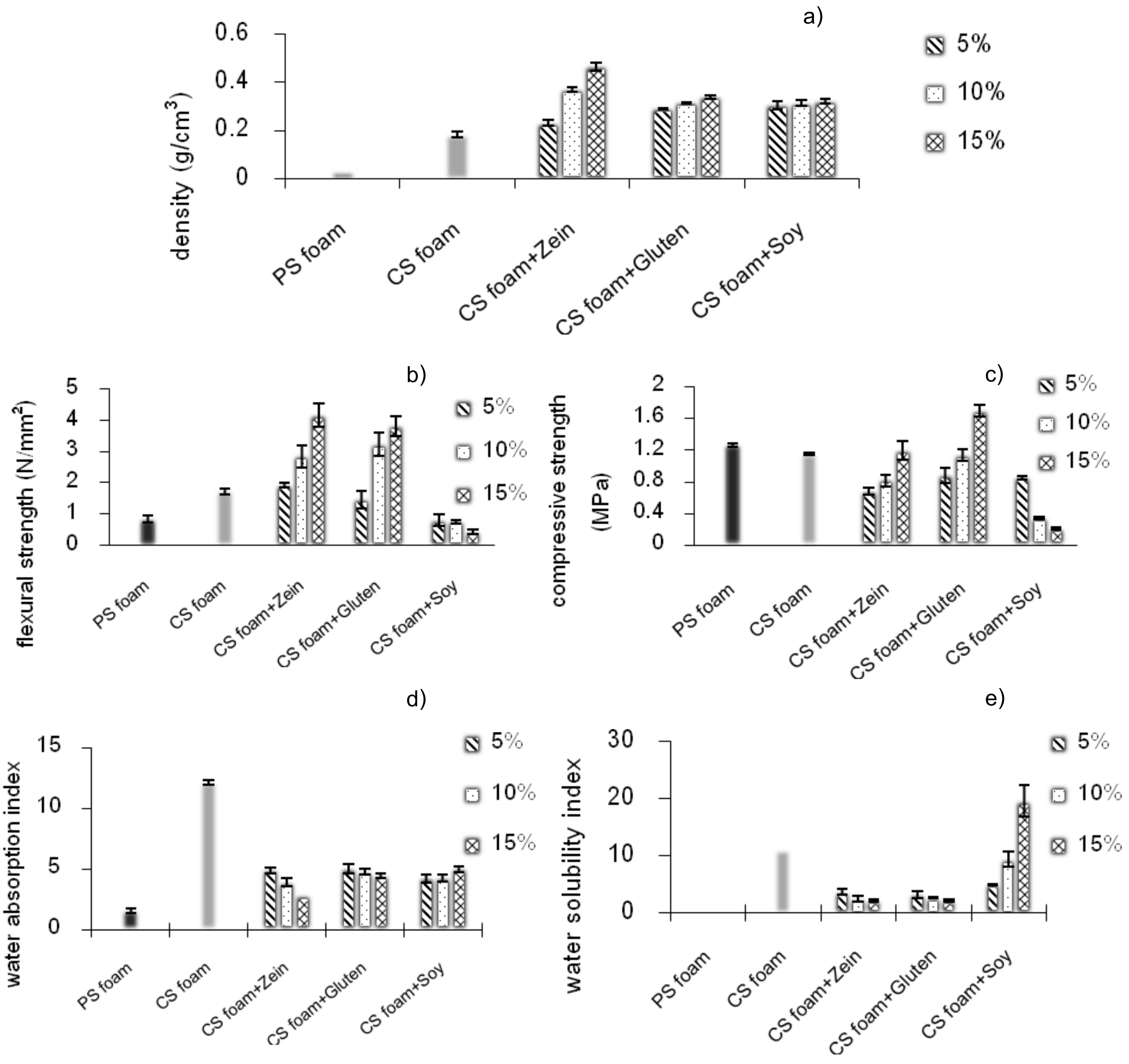


Figure 1 Effect of zein, gluten and soy protein content on a) density, b) flexural strength, c) compressive strength, d) water absorption index and e) water solubility index of cassava starch foam.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 609-612 (2011) ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 609-612 (2554)

การผสมพันธุ์กันได้และการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก สายพันธุ์หลังขาวและสายพันธุ์ธรรมชาติ

Sexual Compatibility and Mating Competitiveness of White-Striped Oriental Fruit Fly and Wild Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

สุชาดา เสกสรรวิริยะ[1] ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] ทศพล แทนรินทร์[1] และ วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1]

Segsarnviriya, S.[1], Kongratarporn, T.[1], Sajjabut S.[1], Tannarin, T.[1] and Limophasmanee, V.[1]

Abstract

Sexual compatibility and mating competitiveness of released sterile insects are important quality control parameters that affect the success of the control of insect population by the sterile insect technique. This research article reports the studies of the mating ability of the white–striped oriental fruit fly, a recently developed *Bactrocera dorsalis* (Hendel) strain for sterile release. Four indices were used, all of which suggested that both the fertile and the sterile white-striped flies were sexual compatible with the wild flies. It showed that radiation - induced sterility did not affect their mating behaviour. The mating competitiveness index indicated the ability of the white–striped flies to sexual compete with the wild flies. The appropriate ratio of the sterile white-striped flies to the wild flies for the reduction of the insect population in the next generation was 10:1.

Keywords: compatibility, competitiveness, oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

บทคัดย่อ

การผสมพันธุ์กันได้และการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงที่เป็นหมันกับแมลงในธรรมชาติ เป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของการควบคุมแมลงวันผลไม้โดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวซึ่งเป็นสายพันธุ์ใหม่ที่ทำหมันเพื่อปล่อยไปในธรรมชาติ โดยใช้ดัชนีด้านการผสมพันธุ์กันได้ 4 ดัชนี ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันว่าแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวปกติและทำหมัน ผสมพันธุ์กันได้กับแมลงในธรรมชาติ และแสดงว่าการทำหมันไม่มีผลต่อพฤติกรรมการผสมพันธุ์ ส่วนดัชนีการแข่งขันผสมพันธุ์ที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงความสามารถของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวทำหมัน ในการแข่งขันผสมพันธุ์กับแมลงในธรรมชาติ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวทำหมัน และแมลงวันผลไม้ในธรรมชาติ เพื่อลดประชากรแมลงวันผลไม้ในธรรมชาติในรุ่นต่อไปคือ 10 : 1

คำสำคัญ: การผสมพันธุ์กันได้ การแข่งขันผสมพันธุ์ แมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก

คำนำ

ปัจจุบันการควบคุมแมลงวันผลไม้แบบพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันผสมผสานกับวิธีการอื่น เป็นที่ยอมรับและประสบความสำเร็จในหลายประเทศทั่วโลก ว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม มีเป้าหมายเฉพาะเจาะจงต่อแมลงวันผลไม้ โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและแมลงที่มีประโยชน์ และลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม จึงเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและรักษาสมดุลของระบบนิเวศแบบยั่งยืน

ปัจจัยสำคัญของความสำเร็จของโครงการฯ คือ การที่แมลงวันผลไม้ที่ผลิตและทำหมันแล้วปล่อยไปในพื้นที่ควบคุมสามารถผสมพันธ์กันได้กับแมลงในธรรมชาติและแข่งขันผสมพันธุ์กับแมลงในธรรมชาติได้ดี ส่งผลให้ประชากรแมลงวันผลไม้ในพื้นที่ควบคุมลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยต้องมีการประเมินผลอย่างมีประสิทธิภาพ ในอดีตแมลงวันผลไม้ทำหมันที่ปล่อยไปต้องทำเครื่องหมายโดยสีสะท้อนแสงก่อน เพื่อให้แตกต่างจากแมลงในธรรมชาติ เมื่อดักจับกลับมาจากธรรมชาติ แล้วใช้ Acetone Technique ส่องใต้แสงอุลตราไวโอเลต จึงจะแยกแมลงธรรมชาติและแมลงที่ปล่อยได้ ในปีงบประมาณ 2550สถาบันฯ ได้พัฒนาแมลงวันผลไม้ได้สายพันธุ์กลาย ซึ่งมีแถบสองข้างบนด้านหลังของส่วนอกเป็นสีขาว

[1] **สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120**

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)

เรียกว่า สายพันธุ์หลังขาว หรือ white mutant (สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, 2552) (*B. dorsalis* ในธรรมชาติมีแถบเป็นสีเหลือง) ลักษณะกลายที่ได้เหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องหมายทางกายภาพในการติดตามและ ประเมินผลการระบาดของแมลงวันผลไม้ในพื้นที่ควบคุม ซึ่งเป็นการลดต้นทุนทั้งด้านสารเคมี แรงงาน และเวลาในกระบวนการผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

แมลงที่ใช้ในการทดลอง

แมลงวันผลไม้ที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิด *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สายพันธุ์ที่ได้จากผลไม้ที่ถูกทำลายที่ตำบลตรอกนอง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี (สายพันธุ์ธรรมชาติ) และสายพันธุ์หลังขาว (สายพันธุ์ที่พัฒนาใหม่)

การเพาะเลี้ยง

ทั้ง 2 สายพันธุ์ เพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ ในโรงเพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้ของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สทน.)โดยอาหารเทียมรำข้าวสาลีสูตรมาตรฐาน โดยมีขั้นตอนการผลิตแมลง ตามวิธีการของมานนท์ (2548) และการควบคุมคุณภาพ ตามมาตรฐานของ FAO/ IAEA/ USDA (2003)

การทดลอง การวางแผนและการวิเคราะห์

การศึกษาการผสมพันธุ์กันได้ (Mating compatibility) แบ่งเป็น การศึกษาระหว่างแมลงวันผลไม้สายพันธุ์ธรรมชาติกับสายพันธุ์หลังขาวปกติ (ไม่ทำหมัน) และระหว่างแมลงวันผลไม้สายพันธุ์ธรรมชาติกับสายพันธุ์หลังขาวทำหมัน (ฉายรังสีดักแด้ก่อนออกเป็นตัวเต็มวัย 2 วันปริมาณ 90 เกรย์)

โดยทำให้แมลงวันผลไม้ทั้ง 2 สายพันธุ์ อายุ 2 วัน สลบโดยใช้ความเย็น - 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จับแมลงเข้ากรงทดลอง Plexiglas ซึ่งบุด้วยลวดตาข่ายอลูมิเนียม ขนาด 30 x 30 x 40 เซนติเมตร ให้น้ำ และอาหารซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลและยีสต์ไฮโดรไลเซส โดยปล่อยแมลงเข้ากรงดังนี้

กรงที่ 1 : เพศผู้หลังขาวปกติ 20 ตัว x เพศเมียหลังขาวปกติ 20 ตัว x เพศผู้ธรรมชาติ 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20 ตัว

กรงที่ 2 : เพศผู้หลังขาวทำหมัน 20 ตัว x เพศเมียหลังขาวทำหมัน 20 ตัว x เพศผู้ธรรมชาติ 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20 ตัว

สังเกตการจับคู่ผสมพันธุ์ ในช่วงเวลา 17.00 - 19.30 น. เมื่อตัวเต็มวัยอายุ 10 – 16 วัน วัดความเข้มของแสงตลอดการทดลอง จับแต่ละคู่ผสมพันธุ์ใส่หลอดพลาสติก บันทึกเวลาการเริ่มจับคู่แต่ละคู่ จำแนกประเภทการจับคู่ในวันรุ่งขึ้ น

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) 4 ซ้ำ และประเมินผลโดยใช้โปรแกรม SPSS Version 17.0

ประเมินผลการผสมพันธุ์กันได้ โดย 4 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีการผสมพันธุ์ : Isolation index (ISI) ดัชนีการผสมพันธุ์สัมพัทธ์ของเพศผู้ : Male relative performance index (MRPI) ดัชนีการผสมพันธุ์สัมพัทธ์ของเพศเมีย : Female relative performance index (FRPI) และดัชนีความเป็นหมันสัมพัทธ์ : Relative sterile index (RSI) โดยวิธีการของ Cayol, Coronado and Taher (2002)

การศึกษาการแข่งขันผสมพันธุ์ (Mating competitiveness)

ทำให้แมลงวันผลไม้อายุ 2 วัน ทั้ง 2 สายพันธุ์สลบ ให้อาหาร และปล่อยเข้ากรงโดยวิธีการเดียวกับการศึกษา Mating compatibility โดยปล่อยแมลงเข้ากรงดังนี้

<u>กรงควบคุมสายพันธุ์ธรรมชาติ</u> : เพศผู้ธรรมชาติ 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20 ตัว

<u>กรงควบคุมสายพันธุ์หลังขาว</u> : เพศผู้หลังขาว 20 ตัว x เพศเมียหลังขาว 20 ตัว

<u>กรงตรวจสอบความเป็นหมัน</u> : เพศผู้หลังขาวทำหมัน 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20ตัว

<u>กรงทดสอบการแข่งขันผสมพันธุ์ 1 เท่า</u> : เพศผู้หลังขาวทำหมัน 20 ตัว X เพศผู้ธรรมชาติ 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20 ตัว

<u>กรงทดสอบการแข่งขันผสมพันธุ์ 5 เท่า</u> : เพศผู้หลังขาวทำหมัน 100 ตัว x เพศผู้ธรรมชาติ 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20 ตัว

<u>กรงทดสอบการแข่งขันผสมพันธุ์ 10 เท่า</u> : เพศผู้หลังขาวทำหมัน 200 ตัว xเพศผู้ธรรมชาติ 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20 ตัว

<u>กรงทดสอบการแข่งขันผสมพันธุ์ 20 เท่า</u> : เพศผู้หลังขาวทำหมัน 400 ตัว x เพศผู้ธรรมชาติ 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20 ตัว

<u>กรงทดสอบการแข่งขันผสมพันธุ์ 40 เท่า</u> : เพศผู้หลังขาวทำหมัน 800 ตัว x เพศผู้ธรรมชาติ 20 ตัว x เพศเมียธรรมชาติ 20 ตัว

ตรวจสอบการฟักของไข่ โดยใช้น้ำคั้นจากเนื้อฝรั่ง กลั้วภายในกระบอกพลาสติกเจาะรูวางในกรงเพื่อล่อการวางไข่ตั้งแต่ตัวเต็มวัยอายุ 12 ถึง 40 วัน รวม 8 ครั้งๆ ละ 24 ชั่วโมง เก็บไข่และตรวจสอบการฟักบนแผ่นกระดาษซับสีดำซึ่งให้ความชื้นโดยสำลีชุบน้ำ กรงละ 4 ซ้ำๆ ละ 200 ฟอง

ประเมินผลการแข่งขันผสมพันธุ์ โดย ดัชนีการแข่งขันผสมพันธุ์ : Competitiveness index (CI) โดยวิธีการของ Fried (1971)

วางแผนการทดลองแบบ Randomized block design (RBD) 4 ซ้ำ ประเมินผลโดยใช้โปรแกรม SPSS Version 17.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการผสมพันธุ์กันได้ของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์ธรรมชาติและสายพันธุ์หลังขาวทั้งปกติและทำหมัน เมื่อตัวเต็มวัยอายุ 10-16 วัน แมลงจะผสมพันธุ์กันที่ความเข้มแสง 0 – 400 ลักซ์ ประเมินการผสมพันธุ์กันได้ โดย 4 ดัชนี โดยค่า ISI ผันแปรอยู่ในช่วงวันแรก 0.388 และ 0.662 ช่วงวันหลัง -0.300 และ -0.41ตามลำดับ แสดงว่าแมลง 2 กลุ่มทั้ง 2 กรณี เมื่ออยู่รวมกันการผสมพันธุ์ข้ามกลุ่มจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่วนค่า MRPI และ FRPI มีความผันแปร แสดงว่ามีการผสมพันธุ์ของทั้งเพศผู้และเพศเมียแบบสุ่มทั้ง 2 กรณี ไม่มีการแบ่งแยกกลุ่ม ส่วนค่า RSI ในช่วงวันแรกมีค่าใกล้ 0 และมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงวันหลัง แสดงว่าแมลงผสมพันธุ์ข้ามกลุ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งทั้ง 4 ดัชนี ทั้ง 2 กรณี เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ค่า ISI , MRPI และ FRPI เมื่อตัวเต็มวัยอายุ 10-16 วัน แสดงโดย Figure 1-3 ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ดัชนี แสดงโดย Figure 4 และค่า RSI แสดงโดย Figure 5

การศึกษาการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวทำหมัน และสายพันธุ์ธรรมชาติ ในอัตราส่วน 1:1, 5:1, 10:1, 20:1และ 40:1 ประเมินโดยค่า CI พบว่าค่า CI ลดลงเมื่ออัตราส่วนแมลงสูงขึ้น โดยในอัตราส่วน 20:1 และ 40:1 ค่า CI จะลดลงในอัตราทีต่ำลง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการปล่อยแมลงที่เป็นหมันไปในธรรมชาติ คือแมลงเป็นหมัน : แมลงในธรรมชาติ = 9 : 1 (Dyck, Hendrichs และ Robinson, 2005) ค่า CI ของแมลงวันผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงดัง Figure 6

สรุปผล

แมลงวันผลไม้หลังขาวทำหมันที่เป็นสายพันธุ์ซึ่งพัฒนาขึ้นในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้ของ สทน. สามารถผสมพันธุ์กันได้ และแข่งขันผสมพันธุ์กับสายพันธุ์ธรรมชาติได้ดี โดยอัตราส่วนการปล่อยแมลงเป็นหมันไปในธรรมชาติที่เหมาะสมคือ 10 เท่าของแมลงในธรรมชาติ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณมานนท์ สุตันทวงษ์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ปัญหาการวิจัย และตรวจแก้บทความ

เอกสารอ้างอิง

มานนท์ สุตันทวงษ์, สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2548, เอกสารวิชาการ : กีฏวิทยารังสี, 97 หน้า.

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์, 2552, รายงานผลงานวิจัย ปี 2552, การควบคุมแมลงวันผลไม้แบบพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันผสมผสานกับวิธีการอื่น ณ ต.ตรอกนอง อ.ขลุง จ.จันทบุรี, หน้า 47-50.

Cayol, J.P., Coronado, P. and Taher, M., 2002, Sexual Compatibility in Medfly (Diptera: Tephritidae) from Different Origins, Frorida Entomologist, 85(1): 51-57.

Dyck, V.A., Hendrichs, J. and Robinson, A.S., 2005, Sterile Insect Technique : Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management, Springer. The Netherlands, 787 p.

FAO/ IAEA/ USDA, 2003, Manual for Product Quality Control and Shipping Procedures for Sterile Mass Reared Tephritid Fruit Fly, Version 5.0, International Atomic Energy Agency, Vienna Austria, 84 pp.

Fried, M., 1971, Determination of Sterile Insect Competitiveness, Journal of Economic Entomology, 64: 869-872.

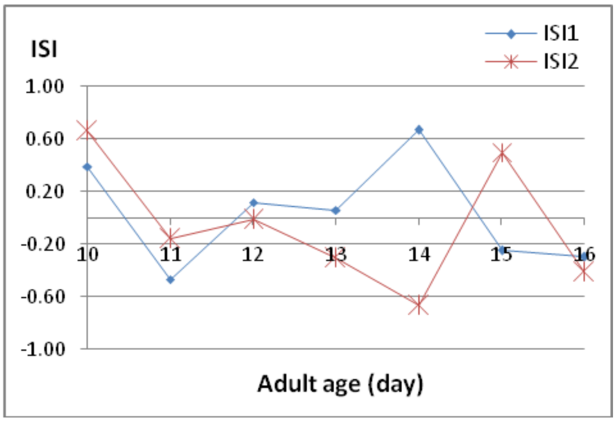


Figure 1 Isolation index between the fertile white-striped fly and the wild fly (ISI1) and between the sterile white-striped fly and the wild fly (ISI2).

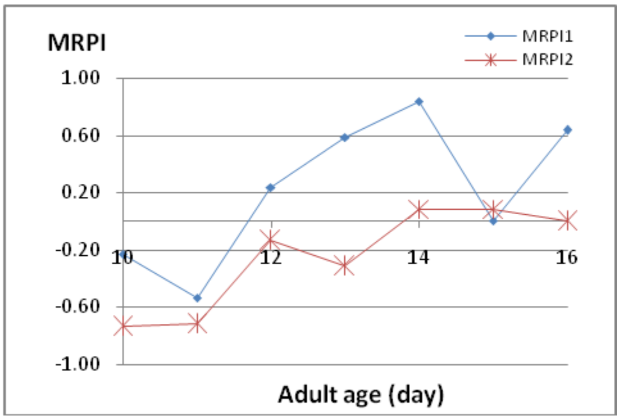


Figure 2 Male relative performance index between the fertile white-striped fly and the wild fly (MRPI1) and between the sterile white-striped fly and the wild fly (MRPI2).

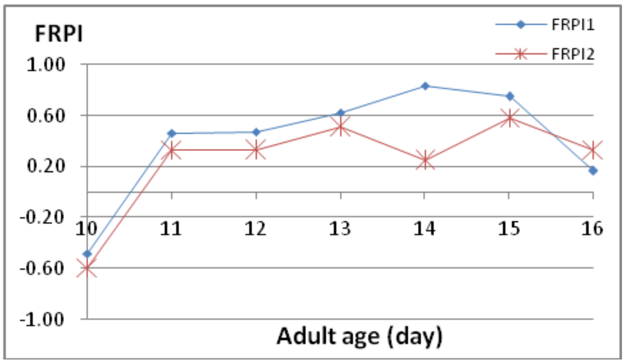


Figure 3 Female relative performance index between the fertile fertile white-striped fly and the wild fly (FRPI1) and between the sterile white-striped flies and the wild fly (FRPI2).

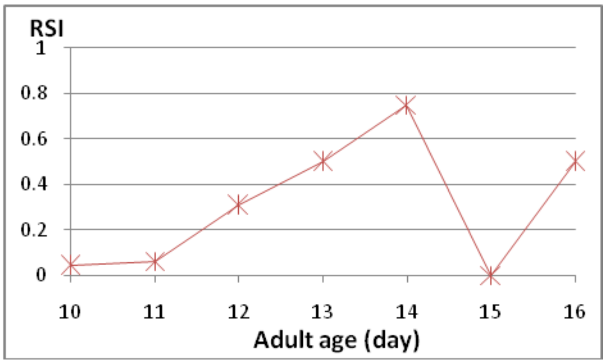


Figure 4 Relative sterile index between the sterile white-striped fly and the wild fly.

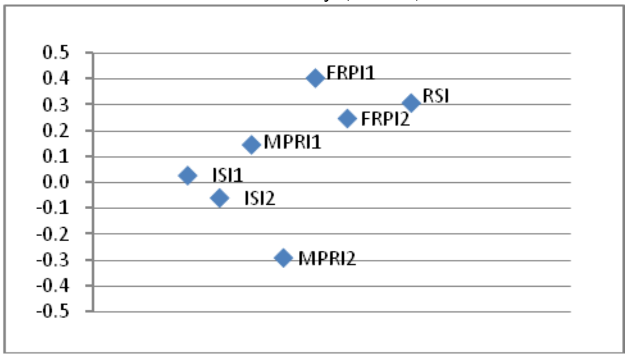


Figure 5 Average of isolation index, male relative performance index, female relative performance index and relative sterile index between the fertile and the sterile white-striped flies with the wild fly.

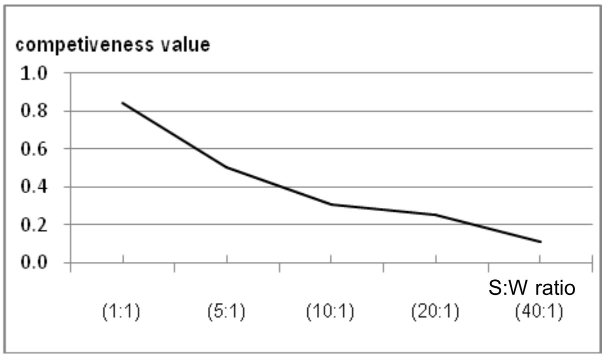


Figure 6 Competitiveness value at difference ratio of sterile and wild flies.

Remark : ISI ranges from -1 (negative assortative mating) to +1 (positive assortative mating) through an equilibrium at 0 (uniform sexual compatibility).

MRPI ranges from -1(all mate achieved by one type of male) and +1(all mate achieved by other type of male) through an equilibrium at 0 (equal mating performance of male).

FRPI ranges from -1(all mate achieved by one type of female) and +1(all mate achieved by other type of female) through an equilibrium at 0 (equal mating performance of female).

SI ranges from 0 to 1 , RSI equals 0.5 means two types are equally competitive.

การลดกลิ่นหืนของปลาเกล็ดขาวอบกรอบด้วยการใช้บรรจุภัณฑ์บริโภคได้

Reduce Rancidity of Roasted Scale Fish by Edible Packaging

กษิดิศ อิ่มประไพ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

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

Abstract

This study aimed to reduce rancidity in roasted scale fish by oxygen barrier property of edible packaging. Edible bags were produced by rice starch at 5% (w/v) was mixed with 3 vegetable oils; palm oil, soybean oil, and rice bran oil at concentration of 10% compared with polypropylene bags (PP). At the end of 14 days storage, roasted scale fish packed in edible bag with rice bran oil consisted of the lowest peroxide value (PV), and lower than roasted scale fish packed in polypropylene bags of which their values were 20.09 mg.eq./1000 g and 25.56 mg.eq./1000 g, respectively. The overall acceptance of product rancidity packed in edible film bag had the higher score (7.4) compared to the packed in PP bag (5.0).

Keywords: roasted scale fish, edible packaging, sensory evaluation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ปลาเกล็ดขาวอบกรอบโดยใช้บรรจุภัณฑ์บริโภคได้ที่มีสมบัติป้องกันออกซิเจน ซึ่งผลิตจากแป้งข้าวเจ้าที่ความเข้มข้น 5% (w/v) ผสมน้ำมันพืช 3 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม ถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าว ใช้ความเข้มข้น 10% เทียบกับถุงโพลีโพรพิลีนพบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ปลาเกล็ดขาวอบกรอบที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์บริโภคได้ที่เติมน้ำมันรำข้าว ผลิตภัณฑ์มีค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (peroxide value; PV) ต่ำที่สุดและต่ำกว่าปลาเกล็ดขาวที่บรรจุในถุงโพลิโพรพิลีนซึ่งมีค่า 20.09 mg. eq. /1000 g และ 25.56 mg. eq. /1000 g ตามลำดับ รวมทั้งมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืนของปลาเกล็ดขาวที่บรรจุในถุงบริโภคได้มีคะแนนสูงว่าปลาเกล็ดขาวที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน มีค่าเท่ากับ 7.4 และ 5.0 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปลาเกล็ดขาวอบกรอบ บรรจุภัณฑ์บริโภคได้ การทดสอบทางประสาทสัมผัส

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ปลาเกล็ดขาวอบกรอบนั้นจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ มีเนื้อสัมผัสกรอบ และมีกลิ่นเป็นเอกลักษณ์ตามความต้องการของผู้บริโภค แต่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความชื้น รวมทั้งมีการสูญเสียความกรอบจากการแพร่ผ่านของไอน้ำมาสู่ผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) สูง ซึ่งเกิดจากการซึมผ่านน้ำมันในระหว่างกรรมวิธีในการผลิต เช่น การทอด รวมถึงจากวัตถุดิบเริ่มต้น จึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยบริเวณพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศ ส่งผลให้เกิดเป็น peroxide linkage ขึ้นและเกิดต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ที่เรียกว่ากลิ่นหืน (rancidity) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียคุณภาพ อายุการเก็บรักษาสั้นลง และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นการลดสาเหตุต่างๆที่ส่งผลเสียต่อผลิตภัณฑ์ และยืดอายุการเก็บรักษาในปัจจุบันนั้น จึงนิยมใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นและก๊าซออกซิเจน รวมถึงการใช้สารสังเคราะห์ต่างๆ ในการดูดซับก๊าซออกซิเจน เติมลงในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสารเหล่านั้นไม่สามารถบริโภคได้ อีกทั้งมีความเป็นพิษ และมีราคาแพง จึงไม่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค โดยนิยมบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ซึ่งมีความใส ผิวหน้ามันวาว ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซต่ำ ส่วนสารดูดซับออกซิเจนนั้นนิยมใช้ เช่น ผงเหล็ก (metallic reducing agent) และ ซิลิกา (silica) แต่บรรจุภัณฑ์ดังกล่าวมีข้อเสียกล่าวคือต้นทุนในการผลิตสูง ย่อยสลายได้ยากและใช้เวลานาน ส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม จากรายงานพบว่าทั่วโลกมีขยะที่มาจากบรรจุภัณฑ์พลาสติก โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์อาหารมากกว่า 20,000 ล้านตัน โดยเฉพาะในประเทศไทยมีถึง 15 ล้านตัน

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

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

ต่อวันมีเพียง 12% ที่สามารถนำไปใช้ซ้ำ (reuse) หรือนำกลับไปใช้ใหม่ (recycle) ที่เหลือต้องนำไปเผาหรือฝังกลบซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม (Alves และคณะ, 2007) ดังนั้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และผลิตมาจากวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ในปัจจุบันจึงได้มีแนวทางใหม่ในการใช้ฟิล์มบริโภคได้มาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภทเพื่อลดสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสีย และยืดอายุการเก็บรักษา เช่น การใช้ฟิล์มบริโภคได้จากเวย์โปรตีนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาถั่ว (Javanmard, 2007) การใช้ฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวโพดและโปรตีนถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เครื่องปรุงรสในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (Cho และคณะ, 2010) และการใช้ฟิล์มบริโภคได้จากโพลิแซคคาไรด์เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำมันในระหว่างการทอด (Williams และ Mittal, 1999) โดยฟิล์มบริโภคได้มีข้อดีที่เหนือกว่าฟิล์มพลาสติก คือ สามารถบริโภคได้พร้อมกับอาหาร สามารถย่อยสลายได้ และยังมีคุณสมบัติในการป้องกันก๊าซ และสารละลาย งานวิจัยนี้จึงนำฟิล์มบริโภคได้ จากแป้งข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบหลัก ผสมกับไคโตแซน (chitosan) ในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งไคโตแซนเป็นโพลิแซคคาไรด์จากไคติน (chitin) มีโครงสร้างประกอบด้วย 2-amino-2-deoxy-β-D-glucopyranose เรียงตัวหลายโมเลกุล และยังมีสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ (Khan และคณะ, 2000; No และคณะ, 2001) และมีการซึมผ่านไอน้ำที่ต่ำ (Butler และคณะ, 1996) และเสริมประสิทธิภาพในการป้องกันไอน้ำด้วยการเติมไขมัน ได้แก่ น้ำมันปาล์ม (palm oil) น้ำมันถั่วเลือง (soy bean oil) และน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/w) เปรียบเทียบกับการบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน เพื่อใช้ในการลดการเกิดกลิ่นหืน และรักษาความกรอบในผลิตภัณฑ์ปลาเกล็ดขาวอบกรอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (5 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร) ต้มจนสุกบน hot plate กวนจนสารละลายเหนียวและข้นหนืด หลังจากนั้นนำไปผสมกับสารละลายไคโตซานอัตราส่วน 1:1 และเติมไขมัน ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเลือง และน้ำมันรำข้าวร้อยละ 10 ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน เติมพลาสติไซเซอร์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง คนให้เข้ากัน เทสารละลายลงบนแม่พิมพ์ และนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยไอน้ำ หลังจากนั้นนำฟิล์มบริโภคได้ไปผลิตเป็นถุงเพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ปลาเกล็ดขาวอบกรอบ เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ด้านเคมีและกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) และปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี peroxide value, (PV) และทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านของความกรอบ (crispy) และกลิ่นหืน (rancid) ในวันที่ 0 3 5 7 11 และ 14 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS Program

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาเกล็ดขาวอบกรอบในบรรจุภัณฑ์บริโภคได้เปรียบเทียบกับการเก็บในถุงโพลีโพรพิลีน พบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์บริโภคได้มีปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าบรรจุในถุง PP โดยมีความชื้น 3.77, 3.92% และปริมาณน้ำอิสระ 0.508 และ 0.532 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อบรรจุในบรรจุภัณฑ์บริโภคได้มีคะแนนสูงกว่าบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน โดยมีคะแนน ด้านความกรอบ 6.1 และ 5.9 ด้านกลิ่นหืน 7.1 และ 6.9 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่า การบรรจุในบรรจุภัณฑ์บริโภคได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่า P.V. และ ปริมาณกรดไขมันอิสระ ต่ำกว่าการบรรจุในถุง PP โดยมีปริมาณความชื้น 5.45 และ 6.11% ปริมาณน้ำอิสระ 0.595 และ 0.611 ค่า P.V. 24.46 และ 25.56 mg.eq./1000 g และปริมาณกรดไขมันอิสระ 10.3 และ 10.41% ในด้านคะแนนการยอมรับ พบว่าด้านความกรอบ มีคะแนน 7.1 และ 5.3 ด้านกลิ่นหืน 7 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งอาจมาจากพลาสติไซเซอร์เข้าไปแทรกจับยึดกับโมเลกุลแป้ง ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลง เกิดการเชื่อมต่อสร้างพันธะที่แข็งแรงจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลพลาสติไซเซอร์กับสายพอลิเมอร์ของแป้งที่อยู่ใกล้เคียงกันเกิดเป็นโครงสร้างของโมเลกุลที่แข็งแรง (ปนัดดา, 2450; Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) และไคโตซานมีสมบัติต้านการซึมผ่านไอน้ำ (Butler และคณะ, 1996) นอกจากนี้ยังเกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของแป้งและไคโตซานมีผลทำให้ฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจนลดลง (Xu และคณะ, 2005; Bangyekan และคณะ, 2006) จึงสามารถช่วยรักษาความกรอบของผลิตภัณฑ์และลดกลิ่นหืน และเมื่อเปรียบเทียบผลของความแตกต่างเมื่อเติมน้ำมันต่างชนิดกัน พบว่า

น้ำมันรำข้าว สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด โดยวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่า P.V. 10.42 mg.eq./1000 g. และปริมาณกรดไขมันอิสระ 4.19% ซึ่งต่ำที่สุด และเมื่อเก็บรักษาจนถึงวันที่ 14 พบว่าน้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม มีค่า P.V. 20.09, 21.31และ 28.22 mg.eq./1000 g. ปริมาณกรดไขมันอิสระ 9.1, 10.2 และ 10.21% ปริมาณน้ำอิสระ 0.584, 0.587 และ 0.598 และมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค ด้านความกรอบ 7.2, 6.8 และ 5.6 ด้านกลิ่นหืน 7.4, 7.2 และ 5.5 ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันที่เติมลงไปช่วยเพิ่มความเป็น hydrophobicity ทำให้การป้องกันไอน้ำดีขึ้น อีกทั้งน้ำมันรำข้าวยังมีวิตามินอีที่มีคุณสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติสูงที่สุด (นิธิยา, 2549)

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Figure 1 The various types of bags use to pack on moisture content, water activity, free fatty acid and peroxide value of shelf-life roasted scale fish(a) PP, (b) control, (c) palm oil, (d) soybean oil, (e) rice bran oil

Table 1 Effect of edible packaging to packing on shelf-life roasted scale fish.

Treatment	moisture (%)	a_w	P.V. (mg.eq./1000 g)	FFA (%)	crispiness	rancid
control	4.10^b	0.51^d	14.13^c	6.96^b	6.76^b	7.41^a
ricebran oil	3.92^d	0.52^c	12.44^e	5.82^e	7.06^a	7.53^a
soybean oil	3.93^d	0.52^c	13.61^d	6.46^d	6.87^b	7.38^a
palm oil	4.01^c	0.53^b	16.25^a	7.63^a	6.33^c	6.76^b
PP	4.64^c	0.55^a	14.98^b	6.88^c	6.23^c	6.61^b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	1.48	0.72	1.33	1.35	3.94	5.1
LSD	0.04	0.003	0.13	0.06	0.18	0.24

สรุปผล

บรรจุภัณฑ์บริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและไคโตแซน ความเข้มข้นร้อยละ 1 เติมน้ำมันรำข้าวนั้น สามารถลดการเสื่อมเสียจากกลิ่นหืนของปลาเกล็ดขาวอบกรอบได้ และมีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน จึงสามารถใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันได้

เอกสารอ้างอิง

ปนัดดา พวงเกษม, 2540, การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 3-27.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 504หน้า.

Alves, V.D., Mali, S., Beleia, A. and Grossmann, M.V.E., 2007, Effect of Glycerol and Amylose Enrichment on Cassava Starch Film Properties, Journal of Food Engineering, 78: 941-946.

Bangyekan, C., Aht-Ong, D. and Srikukkit, K., 2006, Preparation and Properties Evaluation of Chitosan-coated Cassava Starch Films, Carbohydrate Polymers, 63(1): 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.

Cho, S.Y., Lee S.Y. and Rhee, C., 2010, Edible Oxygen Barrier bilayer Film Pouches from Corn Zein and Soy Protein Isolate, Journal LWT- Food Science and Technology, 1-6.

Khan, T.A., Peh, K.K. and Chng, 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.

Martin, O., Schwach, E., Averous, L. and Couturier, Y., 2001, Properties of Biodegradable Multilayer Films Based on Plasticized Wheat Starch, Starch/Starke, 53: 372-380.

No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkui, W. and Xu, Z., 2007, Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf life of Food: A review, Journal of Food Science, 72: 87-100.

Williams, R. and Mittal, G.S., 1999, Water and Fat Transfer Properties of Polysaccharide Films on Fried Pastry Mix, Lebensmittel-Wissenschaft und –Technology, 32: 440-445.

Xu, Y.X., Kim, K.M., Hanna, M.A. and Nag, D., 2005, Chitosan-starch Composite Film: Preparation and Characteristic, Industrial Crops and Products, 21(2): 185-192.

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับของผู้บริโภคในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง15 จังหวัดนครนายก

Factors Affecting Decision Making in Ornamental Plant Purchasing of Consumer 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 to study factor affecting decision making to purchase ornamental plant of consumer. Data were collected from 400 consumers by accidental sampling at ornamental plant village, klong 15, Nakhonnayok province. Descriptive statistic, percentage and mean were used to analyze data. The results of this study showed that the decision making factors compose of product, place, price were rated at high level and promotion was rated at moderate level. In each factor details found that 1) product aspect such as product variety followed by colorful product were rated at high level. 2) price aspect such as reasonable price followed by price bargain were rated at the high level. 3) place aspect such as source of product followed by natural place were rated at high level. 4) promotion aspect such as customer care followed by suggestion giving were rated at high level.

Keywords: ornamental plant, decision making, factor, ornamental plant village khlong 15

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้คือ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับของผู้บริโภคในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 จังหวัดนครนายก โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามจากผู้ที่ซื้อไม้ดอกไม้ประดับในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 จำนวน 400 คน ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ และ นำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาเพื่อหาค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมแล้ว ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และ ปัจจัยด้านราคา เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับจากหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 อยู่ในระดับมาก และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดอยู่ในระดับปานกลาง และสามารถจำแนกตามรายละเอียดในแต่ละด้านได้ดังนี้ 1)ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์โดยรวม พบว่าอยู่ในระดับมากและเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด คือ มีสินค้าให้เลือกหลากหลายชนิด รองลงมา คือ สินค้ามีสีสันสวยงาม 2) ปัจจัยด้านราคาโดยรวมพบว่า อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจมาซื้อมากที่สุด คือ ราคามีความเหมาะสม รองลงมา คือ สามารถต่อรองราคาได้ 3)ปัจจัยด้านการจัดจำหน่ายโดยรวม พบว่า อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจมาซื้อมากที่สุด คือ เป็นแหล่งผลิต รองลงมา คือ มีความเป็นธรรมชาติและ 4)ด้านการส่งเสริมการขาย โดยรวม พบว่า อยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด คือ ดูแลเอาใจใส่ลูกค้า รองลงมา คือ มีการให้คำแนะนำต่างๆ

คำสำคัญ: ไม้ดอกไม้ประดับ การตัดสินใจซื้อ ปัจจัย หมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง15

คำนำ

หมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 เป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้เมืองกรุงเทพฯ จากเดิมประกอบอาชีพทำนาเป็นอาชีพหลัก ต่อมาการทำนาไม่ค่อยได้ผลดี ทำให้ต้องหาอาชีพเสริม คือ การเพาะชำกล้าไม้ดอกไม้ประดับ และได้ปรับเปลี่ยนอาชีพเสริมสู่อาชีพหลัก จนปัจจุบันได้พัฒนาปรับเปลี่ยนท้องทุ่งนาให้เป็นแปลงปลูกไม้ดอกไม้ประดับ(ธีระ และคณะ, 2550) และขยับขยายพื้นที่ปลูกจนพื้นที่สองฟากฝั่งถนนคลอง 15 หนาแน่นด้วยพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับนานาชนิด จน

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agricultural Extension and Communication Faculty of Agriculture Kasetsart University 50 Ngamvongwan Rd. Chatuchak Bangkok 10900

กลายเป็นอาชีพหลักสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรคลอง 15 จุดเด่นของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง15 คือ เป็นที่รวบรวมพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับหลากชนิดนานาพรรณ ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย มีให้คัดสรรทั้งไม้ดอกไม้ประดับ บอนไซ ไม้ถัก ไม้ล้อม และอุปกรณ์ในการจัดสวนในราคาขายส่ง มีร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้ทั่วทุกภาคในประเทศมาซื้อจากที่นี่ไปขายต่อ รวมทั้งผู้ที่ต้องการมาท่องเที่ยวอีกด้วย ทำให้ปัจจุบันหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 เป็นที่รู้จักของคนทั่วไป (วิไล และคณะ, 2550) จากความสำเร็จดังกล่าวของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 จึงต้องการวิจัยเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับของผู้บริโภคในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง15 จังหวัดนครนายก เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา การจัดการการตลาดของธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับของหมู่บ้านฯ และชุมชนอื่นๆ ที่ทำการผลิตไม้ดอกไม้ประดับต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากร คือ กลุ่มผู้ที่เคยเป็นลูกค้าของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 และได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูป ของ yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 400 ราย การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามจากผู้ที่ซื้อไม้ดอกไม้ประดับในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาเพื่อหาค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย แบบสอบถามที่ใช้ในการสอบถามผู้ซื้อไม้ดอกไม้ประดับของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง15 ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง15 คำถามแบ่งปัจจัยเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการขาย

ผลการทดลอง

ลักษณะทั่วไปของผู้ซื้อไม้ดอกไม้ประดับของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 พบว่า เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายโดยเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 54.3 และเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 42.5 มีอายุระหว่าง 36-45 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.0 รองลงมาคือมีอายุระหว่าง 25-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 30.5 มีระดับการศึกษาในระดับสูงกว่าปริญญาตรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.8 รองลงมาคือ การศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 32.8 อาชีพส่วนใหญ่มีเป็นข้าราชการหรือรัฐวิสาหกิจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.0 รองลงมาคือ พนักงานบริษัท คิดเป็นร้อยละ 18.3 มีรายได้มากกว่า 15,000 บาท มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 51.5 รองลงมาคือ 10,001-15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 22.8

ในการศึกษา ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับจากหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา และปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับจากหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 อยู่ในระดับมาก และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีรายละเอียดดัง Table 1

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัย พบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านส่งเสริมการขาย มีผลต่อการตัดสินใจซื้ออยู่ในระดับมาก แต่เมื่อพิจารณาแต่ละรายปัจจัยจะพบว่า การมีสินค้าให้เลือกหลากหลายชนิด สินค้ามีสีสันสวยงาม เป็นแหล่งในการซื้อ สินค้ามีความสดใหม่ และราคามีความเหมาะสม เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด 5 อันดับแรก ซึ่งจะเห็นได้ว่าสินค้าที่เป็นไม้ดอกไม้ประดับนั้น สิ่งที่สำคัญอยู่ที่ตัวสินค้า หากมีสินค้าให้เลือกหลากหลาย และมีความโดดเด่นในเรื่องของสีสัน รูปลักษณ์ ก็จะทำให้ผู้ซื้อตัดสินใจซื้อง่ายขึ้น ซึ่งการซื้อสินค้าที่อยู่ในแหล่งซื้อขายโดยมีการเปรียบเทียบจากหลายร้านค้า ก็จะทำให้ผู้ซื้อมีความมั่นใจมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ราคาที่มีความเหมาะสมก็เป็นเรื่องที่ผู้ซื้อให้ความสำคัญ หากผู้ซื้อไม่ทราบราคามาก่อนก็จะเปรียบเทียบกับร้านค้าอื่นๆ ที่อยู่ในแหล่งซื้อเดียวกัน จึงเป็นจุดเด่นของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 ที่มีไม้ดอกไม้ประดับที่หลากหลายพันธุ์ และมีผู้ผลิตอยู่เป็นจำนวนมากรวมตัวกันอยู่ในหมู่บ้าน จึงทำให้มีผู้เข้ามาซื้อไม้ดอกไม้ประดับอย่างต่อเนื่อง

หากมีการวิจัยในครั้งต่อไปควรจะมีการศึกษาเปรียบเทียบกับแหล่งขายไม้ดอกไม้ประดับในแหล่งผลิตอื่นว่ามีปัจจัยใดที่ทำให้ผู้ซื้อตัดสินใจซื้อคล้ายกันหรือไม่ อีกทั้งควรศึกษาพฤติกรรมการซื้อของผู้ที่เข้ามาซื้อไม้ดอกไม้ประดับเพื่อให้เป็นข้อแนะนำหรือแนวทางในการวางแผนการตลาดสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับต่อไป

Table 1 Appearance of Purchasing Factors

Purchasing Factors	$\overline{X}$	S.D.	Level
1. Product			
1) Varieties of products are available	4.21	0.77	High
2) Products with attractive appearance	4.12	0.74	High
3) Products with freshness	4.10	0.75	High
4) Quality of products	3.96	0.76	High
5) New varieties of products	3.70	0.85	High
6) Durable products	3.70	0.85	High
7) Products could be ordered	3.49	1.00	Moderate
Average of Product	3.89	0.82	High
2. Price			
1) Products with reasonable price	4.02	0.78	High
2) Bargaining was possible	3.92	0.85	High
3) Products with various pricing	3.86	0.82	High
4) Products with seasoning promotion	3.47	0.93	Moderate
Average of Price	3.81	0.85	High
3. Place			
1) Purchasing area	4.12	0.78	High
2) Being nature	3.91	0.84	High
3) Convenient transportation	3.90	0.92	High
4) Convenient parking lot	3.86	0.86	High
5) Rapid services	3.83	0.82	High
6) Safety	3.83	0.81	High
7) Good display of products	3.80	0.73	High
8) Products were well categorized	3.79	0.79	High
9) The way through the trip	3.63	1.02	High
Average of Place	3.85	0.84	High
4. Promotion			
1) Taking care of customers	3.69	0.88	High
2) Giving advice to customers	3.51	0.88	High
3) Discounts on sale	3.44	0.91	Moderate
4) Delivery service	3.30	0.89	Moderate
5) Inform product location to customers	3.24	0.91	Moderate
6) Free gift on sale	3.22	0.94	Moderate
7) Purchased goods can be change	3.11	0.97	Moderate
8) Public relation by government sector	2.86	0.96	Moderate
Average of Promotion	3.30	0.92	Moderate

สรุปผล

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อไม้ดอกไม้ประดับจากหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 โดยมีปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ปัจจัยด้านราคา และด้านการส่งเสริมการตลาด ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดในแต่ละปัจจัย คือ ด้านผลิตภัณฑ์โดยรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัย พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ซื้อ อยู่ในระดับมาก 6 ปัจจัย และอยู่ในระดับปานกลาง 1 ปัจจัย โดยปัจจัยที่มีผลมากที่สุด คือ มีสินค้าให้เลือกหลากหลายชนิด รองลงมา คือ สินค้ามีสีสันสวยงาม ด้านราคาโดยรวมในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัยพบว่า ปัจจัยด้านราคาที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ซื้อ อยู่ในระดับมาก 3 ปัจจัย และอยู่ในระดับปานกลาง 1 ปัจจัย โดยปัจจัยที่มีผลมากที่สุด คือ ราคามีความเหมาะสม รองลงมา คือ สามารถต่อรองราคาได้ ด้านการจัดจำหน่าย โดยรวมในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัย พบว่า ปัจจัยด้านการจัดจำหน่ายที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ซื้อ อยู่ในระดับมากทั้ง 9 ข้อ โดยปัจจัยที่มีผลมากที่สุด คือ เป็นแหล่งในการซื้อ รองลงมา คือ มีความเป็นธรรมชาติ ด้านการส่งเสริมการตลาด โดยรวมในระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัย พบว่า ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ อยู่ในระดับมาก 2 ข้อ และอยู่ในระดับปานกลาง 6 ข้อ โดยปัจจัยที่มีผลมากที่สุด คือ ดูแลเอาใจใส่ลูกค้า รองลงมา คือ มีการให้คำแนะนำต่างๆ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร สำนักงานเกษตรอำเภอองครักษ์
คุณผาด หน่องพงษ์ คุณกิต สามเตี้ย และคุณวารุณี ผลประเสริฐ

เอกสารอ้างอิง

ธีระ นวสิงห์ และคณะ, 2550, รายงานการวิจัยการจัดการเพื่อการท่องเที่ยวหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง15 จังหวัดนครนายก, วิทยาลัยการอาชีพนครนายก, 107 หน้า.

วิไล ตั้งจิตสมคิด วาสนา เพิ่มพูน พรศิริ กองนวล สมชาย พุ่มพิมล และสุธาสินี ธนพฤฒิบดี, 2550, รายงานการวิจัยรูปแบบการพัฒนาอุตสาหกรรมหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง15 จังหวัดนครนายก โดยใช้กระบวนการวิจัยแบบมีส่วนร่วม, มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 101 หน้า.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ ศุภร เสรีรัตน์ องอาจ ปทะวานิช และปริญ ลักษิตานนท์, 2541 การบริหารการตลาดยุคใหม่, บริษัท ธีระฟิล์ม และ ไซเท็กซ์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร.

การปรับปรุงการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังโดยการเติมสารเติมแต่ง

Improvement Water Resistance of Cassava Starch Foam with Additive Agents

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 mechanical properties and water resistance of cassava starch foam (CSF) by adding zein protein, kraft, chitosan and palm oil at 0, 5, 10 and 15% by weight of starch. The additive was mixed with starch gel prepared by heating 80g of cassava starch with 100 ml distilled water. Foam was produced by hot baking mold controlled temperature at 200°C for 5 min. Result showed that water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) of CSF adding with zein protein, kraft, chitosan and palm oil were decrease. The lowest values of WAI (2.79) and WSI (2.22) were found in the CSF added with 15% zein protein. Moreover, it was found that flexural strength was increased with addition of 15% zein protein (4.17 N/mm^2) and 15% kraft (4.29 N/mm^2). On the contrary, addition of palm oil into CSF gave the lowest flexural strength (0.24-0.9 N/mm^2) and compressive strength (0.15-0.16 MPa).

Keywords: water resistance, water absorption index, water solubility index, cassava starch foam

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลัง (cassava starch foam; CSF) โดยการเติมสารเติมแต่ง ได้แก่ zein protein คราฟท์ ไคโตซาน และน้ำมันปาล์มร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง ผสมลงในสารละลายเจลแป้งที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาขึ้นรูปโดยใช้ hot baking mold อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่า การเติม zein protein คราฟท์ ไคโตซาน และน้ำมันปาล์มทำให้ดัชนีการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำของ CSF ลดลง โดยเฉพาะการเติม zein protein ร้อยละ 15 มีค่า WAI และ WSI ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.79 และ 2.22 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการเติม zein protein และคราฟท์ร้อยละ 15 ทำให้แรงต้านทานการโค้งงอเพิ่มขึ้นอีกด้วย โดยมีค่า เท่ากับ 4.17 และ 4.29 N/mm^2 ตามลำดับ แต่การเติมน้ำมันพืชทำให้แรงต้านทานการโค้งงอและแรงกดทับลดลงต่ำที่สุด โดยมีค่า เท่ากับ 0.24-0.9 N/mm^2 และ 0.15-0.16 MPa

คำสำคัญ: การต้านทานน้ำ ดัชนีการดูดซึมน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ โฟมแป้งมันสำปะหลัง

Introduction

Currently, plastics packaging from petroleum-based is used extensively. Polystyrene foam is the most of plastic packaging which is used as single-use packages due to its high strength, low density and low cost (Glenn *et al.,* 2001). Disadvantages of packaging from petroleum-based may require several years to degrade. Therefore, the consumer is interested to environmentally friendly packaging (Shogren *et al*., 2002). Biodegradable packaging is an alternative for replacement of plastic packaging. Polylactic acid (PLA) is a biodegradable polymer which is synthesis from lactic acid. However, PLA is expensive and complicated synthesis (Auras *et al*., 2006). One option for the replacement of petroleum-based and synthetic polymers is natural polymer such as native starch, protein, fiber, chitosan and vegetable oil.

Starch has been used to produce starch-based foam because of low cost, low density, non-toxic, renewability and biodegradable (Yew *et al*., 2005). Shogren *et al.* (2002) has shown that shaped starch foams can 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,

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

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 are usually transparent, flexible and water resistant. Previous work has shown that films based on wheat gluten protein are not water-soluble, and their properties and applications are similar to those of zein films. Allan *et al.* (1975) reported that pulp treated with chitosan resulted in the production of paper have high strength. However, they do not offer good barrier against humidity (Azeredo *et al*., 2000). Butkinaree (2008) found that increasing of stearic acid concentration can reduce water absorptivity of paperboard.

However, the natural biopolymers have different properties. Although water resistance of polysaccharide based is poor but strength is good, lipid based is opposite. Thus, the objective of this study is to improve water resistance of cassava starch foam by additive agents of natural polymer of protein, fiber, chitosan and vegetable oil.

Materials and Methods

Cassava starch gel was mixed with additive agents (zein protein, kraft fiber, chitosan and palm oil) at 4 concentration 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. Prior the properties of foam were investigated, foam specimens were kept in conditioning chambers for 1 week. Conditioning chambers having specific RH levels of 75.3% were prepared by filling the chambers with saturated, aqueous solutions of NaCl salts. Properties of foam were water absorption index, water solubility index (AACC method 56-20), density by sand volumetric displacement method (Cinelli *et al*., 2006), moisture content by moisture analyzer, compressive strength (ASTM, 1973), flexural strength (ASTM, 1991), All Data is analyzed by the ANOVA and Least Significant different at α = 0.05 using of SAS statistical software (version 9) (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results and Discussion

Figure 1 shows that water absorption index and water solubility index of cassava starch foam mixed with additive agents zein protein, kraft, chitosan and palm oil decreased with increasing additive contents. Water absorption index and water solubility index of cassava starch foam was decreased with addition of palm oil which similar to the finding by Karnnet *et al.* (2005) who found that moisture absorption decreased with increasing stearic acid. The cassava starch foam mixed with 15% zein protein gave the lowest values of water absorption index (2.79) probably due to corn zein protein might consist of a higher percentage of hydrophobicity than other kraft fiber and chitosan (Mungara *et al*., 2002; Gaspar *et al*., 2005). Water solubility index of cassava starch foam mixed with 10% palm oil gave the lowest values (1.98) because adding palm oil helps increasing the hydrophobicity of the foam itself.

Moisture content of cassava starch foam was slightly decreased with adding zein protein, kraft and palm oil according with water absorption index and water solubility index. Density of cassava starch foam increased with increasing zein protein, kraft and palm oil content (Figure 2). Density of cassava starch foam mixed with corn zein protein, kraft and palm oil was 0.23-0.46, 0.22-0.36 and 0.56-0.71 g/cm^3. Foam trays containing the greater content of zein protein, kraft and palm oil were high density, probably due to the high protein, kraft and palm oil content increased viscosity and resistance to expansion. The cassava starch foam might be difficult to swelling during foam forming (Glenn *et al*., 2001; Shogren *et al*., 2002).

Flexural strength of cassava starch foam mixed with zein protein and kraft was increase with increasing of zein protein kraft contents especially cassava starch foam mixed with 15% kraft fiber gave the

highest flexural strength (5.3 N/mm^2) (Figure 3). On the contrary, addition of palm oil into cassava starch foam gave the lowest flexural strength. The lowest value of flexural strength was found in cassava starch foam mixed with 5% palm oil (0.2 N/mm^2). According to compressive strength of cassava starch foam mixed with zein protein and kraft increased with increasing protein content. Moreover, compressive strength increased with increasing of kraft fiber. Addition 15% kraft fiber into cassava starch foam gave the highest compressive strength (1.99 N/mm^2) due to they formed the fibrous network (Shogren *et al.*, 2002). When palm oil was added into cassava starch foam, it gave lowest compressive strength values (0.15-0.16 MPa), probably leads to an interference of oil with the establishment of a starch network (Salgado *et al.*, 2008).

Summary

In this study showed that addition zein protein into cassava starch foam improved water resistance. Moreover, cassava starch foam blend with zein protein can improved mechanical properties. Karft fiber and chitosan gave slightly improved water resistance. Although cassava starch foam blend with palm oil had a great water resistance, mechanical properties were decreased.

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 and the Agricultural Research and Development Agency (ARDA).

Literature cited

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

Butkinaree, S., Jinkarn, T. and Yoksan, R., 2008, Effects of Biodegradable Coating on Barrier Properties of Paperboard Food Packaging, Journal of Metals, Materials and Minerals, 18(1): 219-222.

Gaspar, M., Benko, Z.S., Dogossy, G., Reczey, K. and Czigany, T., 2005, Reducing Water Absorption in Compostable Starch-based Plastics, Polymer Degradation and Stability, 90(3): 563-569.

Glenn, G.M., Orts, W.J. and Nobes, G.A.R., 2001, Starch, Fiber and $CaCO_3$ Effects on the Physical Properties of Foams Made by Baking Process, Industrial Crops and Products, 14(3): 201-212.

Karnnet, S., Potiyaraj, P. and Pimpan, V., 2005, Preparation and Properties of Biodegradable Stearic Acid-Modified Gelatin Films, Polymer Degradation and Stability, 90(1): 106-110.

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

Mungara, P., Chang, T., Zhu, J. and Jane, J., 2002, Processing and Physical Properties of Plastics Made from Soy Protein Polyester Blends, 10(1/2): 31-37.

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. 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.

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

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.

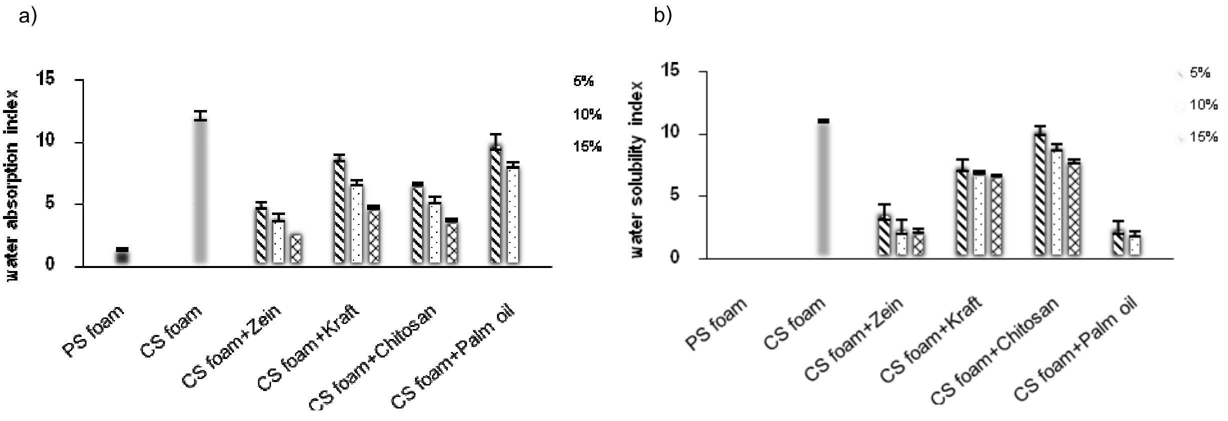


Figure 1 Effect of zein protein, kraft fiber, chitosan and palm oil content on a) water absorption index and b) water solubility index of cassava starch foam.

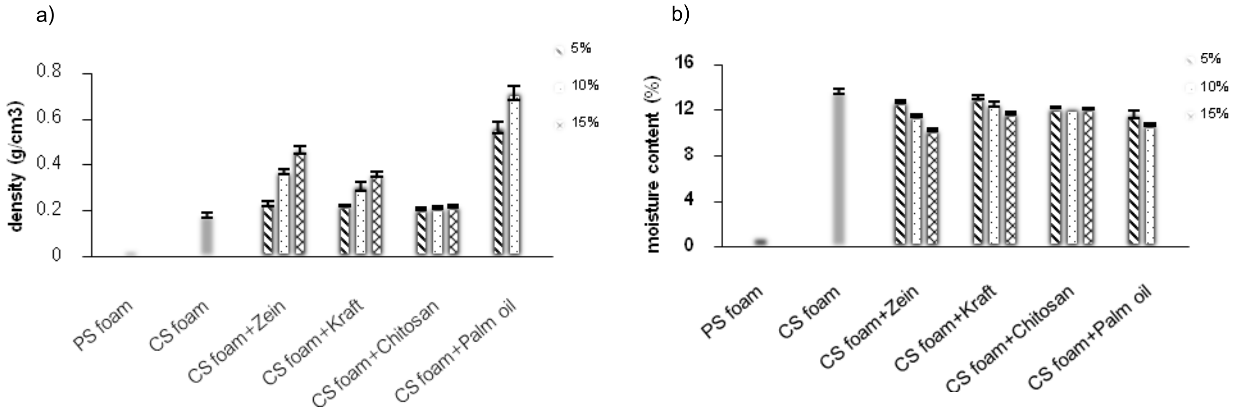


Figure 2 Effect of zein protein, kraft fiber, chitosan and palm oil content on a) moisture content and b) density of cassava starch foam.

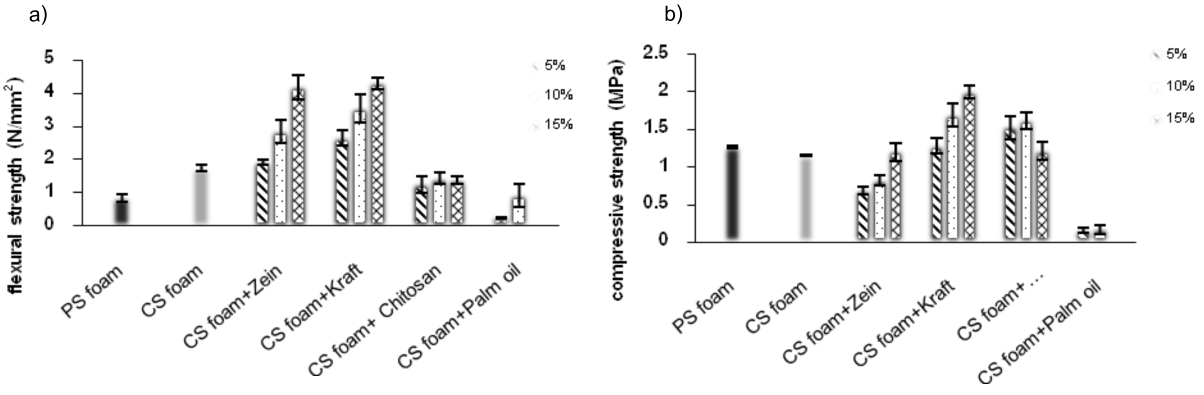


Figure 3 Effect of zein protein, kraft fiber, chitosan and palm oil content on a) flexural strength and b) compressive strength of cassava starch foam.

Agricultural Sci. J. 42(2)(Suppl.): 625-628 (2011) ว .กษ .วิทย์ .42(2)(พิเศษ): 625-628 (2554)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารเคอร์คิวมินอยด์รวมของพืชสกุลขมิ้นบางชนิดในประเทศไทย

Antioxidant Activity and Total Curcuminoids of some Species of *Curcuma* in Thailand

จุฑามาศ ส่องแสง[1] และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา[1]
Songsang, J.[1] and Paisooksantivatana, Y.[1]

Abstract

More than 50 species of *Curcuma* (Zingiberaceae) were recorded in Thailand with few species have been used as spices and medicine. The preliminary screening of 9 species of *Curcuma* (*C. longa, C. zedoaria, C. aromatica, C. aeruginosa, C. mangga*, *Curcuma* 'Waanchakmodluk 1', *Curcuma* 'Waanchakmodluk 2', *Curcuma* 'Haroinang' and *Curcuma* 'Khamindum') to find their potential based on antioxidant activity and curcuminoids content. The results are significantly different both for antioxidant activity and total curcuminoids content ($p<0.05$). The antioxidant activities showed IC_{50}values within the range of 240±20.00 to 3.16±0.27 mg/ml. The highest antioxidant activity was found in *C. longa* L. and the lowest in *C. manga* Valeton&Zijp. The total curcuminoids content were found in the range of 0.012±0.09 to 13.164±0.44 mg/g (DW), the highest was found in *C. longa* L. and the lowest in *Curcuma* 'Khamin Dum'. In all *Curcuma* species, we found that rhizomes of *C. longa* L. have the most richest contents of curcuminoids and natural antioxidants.

Keywords: *Curcuma* spp., Thailand, curcuminoids, antioxidant activity

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีการแพร่กระจายพันธุ์พืชสกุลขมิ้น (*Curcuma*) จำนวนมากกว่า 50 ชนิด แต่มีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นเครื่องเทศและสมุนไพรจำนวนน้อยชนิด การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ เพื่อคัดกรองศักยภาพในเบื้องต้นของพืชสกุล *Curcuma* จำนวน 9 ชนิดได้แก่ *C. longa, C. zedoaria, C. aromatica, C. aeruginosa, C. mangga*, *Curcuma* 'Waanchakmodluk 1', *Curcuma* 'Waanchakmodluk 2', *Curcuma* 'Haroinang' และ *Curcuma* 'Khamindum' พบว่า ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ฤทธิ์ของอนุมูลอิสระลดลงกึ่งหนึ่ง (IC_{50}) อยู่ในช่วง 240±20.00 ถึง 3.16±0.27 mg/ml และปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์รวมอยู่ในช่วง 0.012±0.09 ถึง 13.164±0.44 mg/g (DW) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ความสัมพันธ์ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกจากผลการทดลองพบว่าขมิ้นชัน (*C. longa*) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชสกุลขมิ้นชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ: สกุลขมิ้น ประเทศไทย สารเคอร์คิวมินอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

พืชสกุลขมิ้น (*Curcuma*) มีถิ่นกำเนิดแถบอินโดมลายู มีกระจายพันธุ์อยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีมากกว่า 130 ชนิดทั่วโลก พบในประเทศไทย ประมาณ 50 ชนิด (พวงเพ็ญ, 2544) ที่รู้จักกันแพร่หลาย เช่น ขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อย ขมิ้นขาว ว่านชักมดลูก ว่านมหาเมฆ เป็นต้น สารสำคัญที่พบในส่วนเหง้าประกอบด้วย น้ำมันหอมระเหย ให้กลิ่นหอมที่เกิดจากส่วนผสม ของ turmerone และ *ar*-turmerone และสารกลุ่มเคอร์คิวมินอยด์ เป็นสารจำพวก diferuloylmethane ซึ่งประกอบด้วยสารฟีโนลิก 3 ชนิด ได้แก่ Curcumin, Demethoxycurcumin และ Bis-demethoxycurcumin ซึ่งเป็นสารสำคัญที่พบในพืชสกุลขมิ้นคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านแผลมีหนอง ต้านมะเร็ง เป็นต้น (ทรงยศ อนุชปรีดา, 2545)

[1] ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 พหลโยธินกรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

เนื่องจากพืชสกุลขมิ้นในประเทศไทยมีความหลากหลายของจำนวนชนิดสูงมากจึงมีโอกาสในการพบสารใหม่ๆ และสรรพคุณทางด้านชีวภาพจากพืชเหล่านี้การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการคัดกรองศักยภาพเบื้องต้นของพืชในสกุลขมิ้นโดยใช้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คิวมินอยด์รวมเป็นดัชนีชี้วัด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณและความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสารเคอร์คิวมินอยด์ของพืชสกุลขมิ้นชนิดต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมพืชสกุลขมิ้น (*Curcuma*) ทั้ง 9 ชนิด ประกอบด้วย

1. *C. longa* L. (ขมิ้นชัน)
2. *C. zedoaria* Roscoe (ขมิ้นอ้อย)
3. *C. aromatica* Salisb. (*ว่านนางคำ*)
4. *C. aeruginosa* Roxb (*ว่านมหาเมฆ*)
5. *Curcuma* ‘Waanchakmodluk 1’ (ว่านชักมดลูก 1)
6. *Curcuma* ‘Waanchakmodluk 2’ (ว่านชักมดลูก 2)
7. *Curcuma* ‘Haroinang’ (ว่านห้าร้อยนาง)
8. *Curcuma* ‘Khamindum’ (ขมิ้นดำ)
9. *C. mangga* Valeton & Zijp. (ขมิ้นขาว)

- วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH (1,1-diphenyl-2picrylhydrazyl) (Thaikert และ Paisooksantivatana, 2009)

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

นำเหง้าสดจำนวน 1-15 กรัม ที่ล้างสะอาดมาบดให้ละเอียดจนเป็นผงด้วยไนโตรเจนเหลว จากนั้นเติม 95% เอทานอล กลั่นบริสุทธิ์ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง จากนั้น นำสารละลายเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

<u>การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ</u>

เตรียมสารสกัดพืชสกุลขมิ้นที่สกัดด้วยเอทานอลกลั่นบริสุทธิ์ ความเข้มข้น 50, 25, 16.67, 12.5 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ในหลอดทดลองความเข้มข้นละ 500 ไมโครลิตร เติม DPPH -2-diphenyl-1,1) (picrylhydrazylความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

คำนวณเปอร์เซ็นต์การจับอนุมูลอิสระ % Inhibition = [(A_{517} control – A_{517} sample) / A_{517} control] x 100

โดยที่ A_{517} control คือค่าการดูดซับแสงของสารละลาย DPPH ในเอทานอลกลั่นบริสุทธิ์ %95และ A_{517} sample คือค่าการดูดซับแสงของสารสกัดจากพืช

หาค่า IC_{50} (The half maximal inhibitory concentration of sample required to scavenge 50% of DPPH radicals) โดยวิเคราะห์จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของการต้านอนุมูลอิสระ และความเข้มข้นของสารสกัดจากตัวอย่างพืช โดยเทียบให้ % inhibition หรือค่าในแกน y เป็น 50% โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบผล

- การวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ (Thaikert และ Paisooksantivatana, 2009)

<u>การทำกราฟมาตรฐานของสารเคอร์คิวมิน</u>

ละลายสารมาตรฐานเคอร์คิวมิน 2 มิลลิกรัม ด้วยเมทานอลกลั่นบริสุทธิ์ปรับปริมาตรให้เป็น 5 มิลลิลิตร ในขวด volumetric flask แยกดูดสารละลายมาตรฐาน 20, 40, 50, 60 และ 80 ไมโครลิตร เติมเมทานอลกลั่นบริสุทธิ์ จนได้ปริมาตร ครบ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน

<u>การวิเคราะห์สารละลายตัวอย่าง</u>

นำผงพืชสกุลขมิ้นปริมาณ 100 มิลลิกรัม บรรจุในขวด volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร เติมเมทานอล กลั่นบริสุทธิ์จนได้ปริมาตรครบ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ดูดสารละลายใสของสารละลายตัวอย่างมาจำนวน 15 ไมโครลิตร จากนั้นเติมเมทานอลกลั่นบริสุทธิ์จนได้ปริมาตรครบ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร คำนวณหาค่าปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์จากน้ำหนักแห้งโดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของเคอร์คิวมินมาตรฐาน

-การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลองซ้ำละ 3 ครั้งต่อตัวอย่าง และรายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Duncan's new multiple rang test (DMRT) และหาความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารเคอร์คิวมินอยด์โดยโปรแกรม Pearson product moment correlation coefficient

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากเหง้าของพืชสกุลขมิ้นทั้ง 9 ชนิด ซึ่งแสดงโดยค่า IC_{50} ซึ่งค่าที่ได้มีความหมายว่า ค่า IC_{50} ที่น้อยจะแสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง พบว่าค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) ของพืชสกุลขมิ้นทั้ง 9 ชนิด เมื่อนำมาคำนวณปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของสารวิตามินซีจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 240±20.00 ถึง 3.16±0.27 mg/ml และปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ของพืชสกุลขมิ้นทั้ง 9 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.012±0.09 ถึง 13.164±0.44 mg/g DW (Table 1)และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) และปริมาณเคอร์คิวมินอยด์ด้วยวิธี Pearson's correlation coefficient พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) และปริมาณเคอร์คิวมินอยด์ มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยมีค่า r = 0.804 มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มหลักในพืชสมุนไพร (Pokorny และคณะ, 2000) สอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่า สารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Dorman และคณะ, 2004) และสารเคอร์คิวมินอยด์ (curcuminoid) จัดเป็นสารสีเหลืองซึ่งอยู่ในกลุ่มของสารฟีนอลิก (polyphenolic compound) มีชื่อทางเคมีว่า diferuloymethane (Nishinaka และคณะ, 2007) ซึ่งจากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารเคอร์คิวมินอยด์ของพืชสกุลขมิ้นทั้ง 9 ชนิดพบว่า ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) และเคอร์คิวมินอยด์รวมสูงสุดเท่ากับ 3.16 mg/ml และ 13.164 mg/g ตามลำดับ ซึ่งจากผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Thaikert และ Paisooksantivatana (2009) ซึ่งรายงานว่าฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระของขมิ้นชันมีค่าสูงที่สุดที่ 8.04 mg/ml และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระความ สัมพันธ์เชิงบวกกับค่าเคอร์คิวมินอยด์ ซึ่งผลสอดคล้องกับการทดลองของ Kapoor และ Priyadarsini (2001) ที่กล่าวว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับปริมาณสาร เคอร์คิวมินอยด์

สรุปผล

- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ในพืชสกุลขมิ้นชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชี้วัดทั้งสองเป็นเชิงบวก (r= 0.804)
- ขมิ้นชัน (*C. longa* L.) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์สูงที่สุด

Table 1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คิวมินอยด์รวมในเหง้าพืชสกุลขมิ้น 9 ชนิด

Curcuma species	IC_{50} (mg/ml)	Total Curcuminoids content (mg/g DW)
ขมิ้นชัน (*Curcuma* longa L.)	3.16±0.27	13.164
ขมิ้นอ้อย (*C. zedoaria* Roscoe)	6.42±0.80	3.373
ว่านนางคำ (*C. aromatica* Salisb)	22.04±3.28	1.800
ว่านชักมดลูก 1 (*Curcuma* 'Waanchakmodluk 1')	20.04±1.08	0.013
ว่านชักมดลูก 2 (*Curcuma* 'Waanchakmodluk 2')	14.62±0.76	0.014
ว่านมหาเมฆ (*C. aeruginosa* Roxb)	225.67±28.92	0.219
ว่านห้าร้อยนาง (*Curcuma* 'Haroinang')	115.00±5.00	0.042
ขมิ้นดำ (*Curcuma*. 'Khamindum')	106.67±20.82	0.012
ขมิ้นขาว (*C. mangga* Valeton & Zijp)	240±20.00	0.014

เอกสารอ้างอิง

ทรงยศ อนุชปรีดา, 2545, ผลของเคอร์คิวมินอยด์จากขมิ้นชันต่อการทำงานโปรโมเตอร์ของยีนเอ็มดี อาร์ 1 และหน้าที่ของพี-กลัยโคโปรตีนในเซลล์มะเร็งปากมดลูกของมนุษย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พวงเพ็ญ ศิริรักษ์, 2544, พรรณพืชวงศ์ขิงของไทย, น. 63-77. รายงานการวิจัยในโครงการ BRT 2544. โครงการ BRT, กรุงเทพฯ.

Dorman, D.H.J., Bachmayer, O., Kosar, M. and Hiltunen, R., 2004, Antioxidant Properties of Aqueous Extracts from Selected Lamiaceae Species Grown in Turkey, J. Agric. Food Chem, 52: 762-770.

Kapoor, S. and Priyadarsini, K.I., 2001, Protection of Radiation Induced Protein Damage by Curcumin, Biophysical Chemistry, 92: 119-126.

Nishinaka, T., Ichijo, Y., Ito, M., Kimura, M., Katsuyama, M., Iwata, K., Miura, T., Terada, T. and Yabe-Nishimura, C., 2007, Curcumin Activates Human Glutathione *S*-transferase P1 expression through Antioxidant Response Element, Toxicology Letters, 170: 238-247.

Pokorny, J., Yanishieava, N. and Gordon, M., 2000, Antioxidant in Food, Woodhead Publishing Limited, England.

Thaikert, R. and Paisooksantivatana, Y., 2009, Variation of Total Curcuminoids Content, Antioxidant Activity and Genetic Diversity in Turmeric (*Curcuma longa* L.) Collections, Kasetsart Journal (Natural Science), 43: 507-518.

ความหลากหลายและการประเมินลักษณะประจำพันธุ์สับปะรดเพื่อการคุ้มครองพันธุ์พืช

Study on Diversity and Characterization of *Ananas* spp. for Plant Variety Protection

วินัย สมประสงค์[1] ป่าน ปานขาว[1] มัลลิกา นวลแก้ว[2] และ ชัยนาท ชุ่มเงิน[1]
Somprasong, W.[1], Pankhao, P.[1], Nuankaew, M.[2] and Chumngoen, Ch.[2]

Abstract

Study on diversity and characterization of *Ananas* spp. for plant variety protection was carried out from October, 2008 to September 2010. This study aim to provide basic data as a contribution to plant variety protection. The result shows that a number of 32 cultivars are enumerated. The group of cultivars are classified by the criteria of fruit characters as follows. The most number of fruit per berry is cv. Tadam (98 fruits) and the least one is cv. HANA 56 (20 fruits). The most thickness of fruit is cv. Trat Si Thong (15 cm.) and the least one is HANA 19 (0.4 cm.). The most size of fruit core diameter is cv. Nang Lae (2.2 cm.) and the least one is cv. Brazil (0.3 cm.).

Keywords: *Ananas* spp., characterization, plant variety protection

บทคัดย่อ

การศึกษา สำรวจ รวบรวมความหลากหลายและการประเมินลักษณะประจำพันธุ์สับปะรดในประเทศไทย ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2553 เพื่อบันทึกข้อมูลพื้นฐานในใช้ประโยชน์ด้านการคุ้มครองพันธุ์พืช พบว่ามีความหลากหลายของสับปะรด จำนวน 32 พันธุ์ การจำแนกกลุ่มพันธุ์โดยพิจารณาลักษณะของการปรากฏจำนวนผลย่อย พบว่า พันธุ์ตาดำมีจำนวนผลย่อยมาก (98 ผลย่อย) พันธุ์ที่ปรากฏจำนวนผลย่อยน้อยตามลำดับ คือ พันธุ์ HANA 56 (20 ผลย่อย) กลุ่มพันธุ์โดยพิจารณาลักษณะของการความหนาของผลย่อย พบว่า พันธุ์ที่มีความหนาของผลย่อยมาก คือ พันธุ์ตราดสีทอง (1.5 ซม.) พันธุ์ที่มีความหนาของผลย่อยน้อย คือ HANA 19 (0.4 ซม.) กลุ่มพันธุ์โดยพิจารณาลักษณะของเส้นผ่าศูนย์กลางแกนผล พบว่า พันธุ์ที่มีแกนผลขนาดใหญ่ คือ พันธุ์นางแล (2.2 ซม.) พันธุ์ที่มีแกนผลขนาดเล็ก คือ พันธุ์บราซิล (0.3 ซม.)

คำสำคัญ: สับปะรด การประเมินลักษณะประจำพันธุ์ การคุ้มครองพันธุ์พืช

คำนำ

สับปะรด [*Ananas comosus* (L.) Merr.] เป็นพืชมีอายุหลายปี ทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี มีหลายสายพันธุ์ ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในประเทศบราซิล พันธุ์ที่ปลูกรับประทานผลในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย ภูเก็ต อินทรชิตขาว สวีนางแล ไทนาน 41 (เพชรบุรีเบอร์1) และไวท์จีเวล (เพชรบุรีเบอร์ 2) นอกจากนี้ มีพันธุ์ที่ใช้สำหรับปลูกเป็นไม้ประดับ ได้แก่ อินทรชิตแปลง แดงบางคล้า เหลืองบางคล้า แดงปัตตาเวีย สับปะรดด่าง และสับปะรดแคระ (Rohrback, 2003) แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของไทยตามประกาศเขตเศรษฐกิจการเกษตร รวม 8 จังหวัด 25 อำเภอ 3 กิ่งอำเภอ ส่วนใหญ่อยู่บริเวณพื้นที่ที่อยู่ใกล้ทะเล ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา จันทบุรี และตราด รวมถึงจังหวัดต่างๆ ในภาคใต้ เช่น ภูเก็ต พังงา และชุมพร ในปีหนึ่งๆ สามารถผลิตสับปะรดได้ประมาณ 1.9 ล้านต้น มากเป็นอันดับหนึ่งของโลก จากการผลิตตามจำนวนดังกล่าวได้นำไปใช้เพื่อการบริโภคสดภายในประเทศประมาณร้อยละ 26 ส่งออกผลสดประมาณร้อยละ 4 ที่เหลือประมาณร้อยละ 70 ใช้ป้อนโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปเพื่อการส่งออก โดยมีมูลค่าการส่งออกประมาณปีละ 15,000 ล้านบาท (กรมการค้าต่างประเทศ, 2549) เนื่องจากสับปะรดเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกสูง และมีเกษตรกรได้พัฒนาพันธุ์เพื่อการผลิตจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ลักษณะ

[1] **กองคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[1] Plant Variety Protection Division, Department of Agriculture, 50 Phahonyothin, Latyao, Chatuchak, Bangkok 10900
[2] **ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร ถนนชะอำ-ปราณบุรีสายใหม่ ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี**
[2] Phetburi, Agricultural Research and Development Centre, Office of Agricultural Research and Development 5, Department of Agriculture, Cha-am-Pranburi Road, Samphraya Sub-district, Cha-am District, Phetburi Province

ประจำพันธุ์ ความหลากหลายของพันธุ์สับปะรดในครั้งนี้ เพื่อรวบรวม ศึกษาและตรวจสอบลักษณะสัณฐานของพันธุ์สับปะรด เพื่อจัดทำคำบรรยายลักษณะประจำพันธุ์เชิงพรรณนาด้านอนุกรมวิธานพืชปลูก จัดทำข้อมูลพรรณไม้ เพื่อการอ้างอิงในพิพิธภัณฑ์พืช และเป็นข้อมูลพื้นฐานของพันธุ์ในการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร และสนับสนุนกระบวนการคุ้มครอง อนุรักษ์ การใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง คือ พระราชบัญญัติพันธุ์พืช 2518 และพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542

อุปกรณ์และวิธีการ

สำรวจ รวบรวมพันธุ์สับปะรดในแหล่งปลูก แหล่งจำหน่ายในประเทศไทย ศึกษาในแปลงรวบรวมพันธุ์ในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี โดยเก็บข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน ได้แก่ ต้น ใบ ดอก และ/หรือ ผล ของบันทึกภาพพรรณพืช เก็บตัวอย่างของสับปะรดที่มีสภาพสมบูรณ์ตามการศึกษาพรรณไม้ อ้างอิง อัดพรรณไม้ที่มีตัวอย่างพืชมาอบในตู้อบพรรณไม้ให้แห้งสนิทภายใต้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นอาบน้ำยาป้องกันเชื้อราที่มีส่วนผสม alpha-cypermethrin 4 % (เซลส์ไดรท์) อัตราส่วน 15 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร ผสมกับ copper oxychloride (แคปแทน 50 wp) อัตราส่วน 4 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร อบตัวอย่างพรรณไม้ให้แห้งอีกครั้งแล้วเก็บใส่กล่องเก็บตัวอย่างพรรณไม้แห้งเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล จัดทำคำบรรยายเชิงพรรณนาด้านอนุกรมวิธานพืชตามแบบฉบับของราชบัณฑิตยสถาน แล้วนำไปปลูกอนุรักษ์พันธุกรรมสับปะรดที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 เพื่อการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากสำรวจ รวบรวมความหลากหลายทางชีวภาพของพันธุ์สับปะรดในประเทศไทยโดยการเก็บตัวอย่างจากแหล่งพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2553 รวมระยะเวลา 2 ปี ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ของสับปะรดสำหรับการอ้างอิงในพิพิธภัณฑ์พืช การจำแนกกลุ่มพันธุ์โดยพิจารณาจากลักษณะของผลสับปะรดจำนวน 32 พันธุ์ (Table 1) โดยพิจารณาลักษณะของกลุ่มพันธุ์การปรากฏจำนวนผลย่อย พบว่า พันธุ์ตาดำมีจำนวนผลย่อยมาก (98 ผลย่อย) พันธุ์ที่ปรากฏจำนวนผลย่อยน้อยตามลำดับ คือ พันธุ์ HANA 56 (20 ผลย่อย)

กลุ่มพันธุ์โดยพิจารณาลักษณะของการความหนาของผลย่อย พบว่า พันธุ์ที่มีความหนาของผลย่อยมากตามลำดับคือ พันธุ์ตราดสีทอง (1.5 ซม.) พันธุ์ที่มีความหนาของผลย่อยน้อย คือ HANA 19 (0.4) กลุ่มพันธุ์โดยพิจารณาลักษณะของเส้นผ่าศูนย์กลางแกนผล พบว่า พันธุ์ที่มีแกนผลขนาดใหญ่ คือ พันธุ์นางแล (2.2 ซม.) พันธุ์ที่มีแกนผลขนาดเล็ก คือ พันธุ์บราซิล (0.3 ซม.)

จากลักษณะทางสัณฐานของพันธุ์สับปะรดดังกล่าว พบว่า ข้อมูลพันธุ์ที่จะใช้เป็นประโยชน์ในการเกษตรบางประการ คือ เมื่อพิจารณาเกณฑ์ของลำต้นและใบและลักษณะของผล พบว่าพันธุ์ที่พบหน่ออากาศ คือ พันธุ์ HANA 64 พันธุ์บราซิลเอ HANA 111 พันธุ์บราซิล พันธุ์ไวท์ จีเวล พันธุ์ภูแล พันธุ์ HANA 17 พันธุ์ HANA 19 พันธุ์ HANA 25 พันธุ์สวี พันธุ์สิงคโปร์ พันธุ์ปัตตานี และ พันธุ์เพชรบุรี จะใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์เชิงการค้าได้ดี ส่วนพันธุ์ที่มีผลย่อยจำนวนมากและความหนาของตาน้อยจะเป็นประโยชน์ในการนำไปแปรรูป หรือรับประทานผลสดได้ดี เนื่องจากไม่เสียน้ำหนักเนื้อที่ใช้ประโยชน์เมื่อปอกเปลือกผล

Table 1 ลักษณะของผลสับปะรดพันธุ์ต่างๆ 28 พันธุ์

พันธุ์	ผล				
	รูปร่างผล	เส้นผ่าศูนย์กลางแกนผล (ซม.)	จำนวนผลย่อย	ความหนาของผลย่อย (ซม.)	รูปร่างจุกผล
HAHA 17	ทรงกระบอก	1.8	82	0.9	ทรงกระบอก
HANA 19	ทรงกลม	1.3	30	0.4	สามเหลี่ยมหัวกลับ
HANA 25	ทรงกระบอก	1.8	92	0.8	ทรงกระบอก
HANA 56	ทรงกระบอก	1.4	20	1.0	สามเหลี่ยมหัวกลับ
HANA 58	ทรงกระบอก	1.0	72	0.8	สามเหลี่ยมหัวกลับ
HANA 63	ทรงกลม	0.8	19	0.5	สามเหลี่ยมหัวกลับ
HANA 88	ทรงกลม	2.5	10	0.3	สามเหลี่ยมหัวกลับ
HANA 100	ทรงรี	2.2	56	6.7	ทรงกระบอก
HANA 111	ทรงกลม	2.2	42	0.7	สามเหลี่ยมหัวกลับ
HANA 114	ทรงรี	2.5	38	0.6	สามเหลี่ยมหัวกลับ
HANA 133	ทรงรี	1.5	62	0.8	สามเหลี่ยมหัวกลับ
F 180	ทรงกลม	1.7	44	0.6	ทรงกระบอก
clone 30	ทรงรี	2.1	38	0.6	สามเหลี่ยม
บราซิล เอ	ทรงกระบอก	1.4	59	1.1	ทรงกระบอก
ปัตตานี	ทรงรี	1.6	67	1.1	ทรงกระบอก
เพชรบุรี	ทรงรี	2.2	41	1.1	ทรงกระบอก
ตราดสีทอง	ทรงกระบอก	0.7	37	1.5	ทรงกระบอก
ตาดำ	ทรงรี	2.0	98	0.7	สามเหลี่ยม
นางแล	ทรงกลม	2.3	67	0.7	สามเหลี่ยมหัวกลับ
บราซิล	ไม่มีข้อมูล	0.3	28	0.4	ไม่มีข้อมูล
สวี	ทรงกระบอก	1.2	55	0.7	ทรงกระบอก
สิงคโปร์	ทรงกระบอก	1.7	80	0.9	ทรงกระบอก
อินทรชิตขาว	ทรงกลม	1.2	42	0.9	ทรงกระบอก
อินทรชิตแดง	ทรงรี	1.1	44	0.7	สามเหลี่ยมหัวกลับ
ภูเก็ต	ทรงรี	2.1	70	0.9	ทรงกระบอก
ภูแล	ทรงรี	2.6	78	1.3	ทรงกระบอก
ลักกะตา	ทรงกลม	1.9	41	0.6	สามเหลี่ยมหัวกลับ
ไวท์ จีเวล	ทรงกลม	1.7	45	0.8	สามเหลี่ยมหัวกลับ

สรุปผล

1. การสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างสับปะรดโดยการเก็บตัวอย่างจากแหล่งพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2553 ได้ข้อมูลความหลากหลายของสับปะรด จำนวน 32 พันธุ์ โดยจัดทำข้อมูลเชิงพรรณาด้านอนุกรมวิธานพืชจัดทำเฉพาะพันธุ์ที่มีข้อมูลสมบูรณ์ จำนวน 25 พันธุ์ คือ พันธุ์ภูเก็ต พันธุ์ภูแล พันธุ์ไวท์ จีเวล พันธุ์ตราดสีทอง พันธุ์ตาดำ พันธุ์บราซิล พันธุ์บราซิล เอ พันธุ์สวี พันธุ์สิงคโปร์ พันธุ์อินทรชิตขาว พันธุ์อินทรชิตแดง พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์ปัตตานี พันธุ์เพชรบุรี พันธุ์clone 10 พันธุ์ clone 13 พันธุ์ HANA 17 พันธุ์ HANA 19 พันธุ์ HANA 25 พันธุ์ HANA 114 พันธุ์ HANA 64 พันธุ์ HANA 58 พันธุ์ HANA 100 และ พันธุ์HANA 111

2. ข้อมูลพันธุ์ที่จะใช้เป็นประโยชน์ในการเกษตรบางประการ คือ เมื่อพิจารณาเกณฑ์ของลำต้นและใบและลักษณะของผล พบว่าพันธุ์ที่พบหน่ออากาศ คือ พันธุ์ HANA 64 พันธุ์บราซิลเอ HANA 111 พันธุ์บราซิล พันธุ์ไวท์ จีเวล

พันธุ์ภูแล พันธุ์ HANA 17 พันธุ์ HANA 19 พันธุ์ HANA 25 พันธุ์สวี พันธุ์สิงคโปร์ พันธุ์ปัตตานี และพันธุ์เพชรบุรี จะใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์เชิงการค้าได้ดี ส่วนพันธุ์ที่มีผลย่อยจำนวนมากและความหนาของตาน้อยจะเป็นประโยชน์ในการนำไปแปรรูป หรือรับประทานผลสดได้ดี เนื่องจากไม่เสียน้ำหนักเนื้อที่ใช้ประโยชน์เมื่อปอกเปลือกผล

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ, 2549, สับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรด. สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป กรมการค้าต่างประเทศ, กรุงเทพฯ.

Rohrback, K.G., Leal, F. and d'Ecckenbrugge, C.G., 2003, History, Didtribution and World Production, pp. 1-13 In Bartholomew, D.P., Paul, B.E. and Rohrback, K.G., (eds.), The Pineapple : Botany, Production and Uses. Biddles, U.K.

เทคโนโลยีชีวภาพที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายพืชเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานชีวภาพ: บทความปริทัศน์

How Biotechnology Make Energy Crops Suitable for Enzymatic Saccharification: A Review

ปริปก พิศสุวรรณ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] คิน เลย์ คู[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]

Phitsuwan, P.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Kyu, K.L.[1] and Ratanakhanokcha, K.[1]

Abstract

Recalcitrance of natural plant biomass is a bottleneck for lignocellulose-derived bioethanol production. The current process requires pretreatment to disrupt the plant cell wall structures or remove lignin to provide cellulose more accessible to cellulase, but it is expensive. Plant genetic manipulation is a promising tool to design crops suitable for ethanol production. Such advanced technology utilized for decreased cellulose crystallinity, reduced or modified lignin as well as glycosyl-hydrolase expression *in planta* is provided in this short review.

Keywords: bioethanol, cellulase, crop, gene manipulation

บทคัดย่อ

ความทนทานต่อการถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์และเอนไซม์ของพืชในธรรมชาติเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อกระบวนการผลิตไบโอเอทานอล ในปัจจุบันกระบวนการผลิตไบโอเอทานอลจำเป็นต้องมีขั้นตอนเริ่มต้นของการทำลายผนังเซลล์และการกำจัดลิกนินเพื่อให้เอนไซม์เซลลูเลสเข้าย่อยสลายเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายสูง การตัดต่อพันธุกรรมของพืชเป็นอีกเทคนิคที่มีศักยภาพในการทำให้พืชพลังงานมีคุณลักษณะเหมาะสมสำหรับใช้ผลิตไบโอเอทานอล บทความนี้ได้รวบรวมและนำเสนอความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ใช้ในการลดความแข็งแรงของโครงสร้างเซลลูโลส การลดหรือดัดแปลงโครงสร้างของลิกนิน และการแสดงออกของเอนไซม์ในกลุ่มไกลโคซิลไฮโดรเลสในพืช

คำสำคัญ: เอทานอล เอนไซม์เซลลูเลส พืช การตัดต่อพันธุกรรม

Introduction

To date, a shortage of fossil fuel has been become a primary concern that requires rapid, effective solutions. Many researchers, including R&Ds in different companies have been encouraged by governments and private sectors to overcome this problem. The fossil fuel has been estimated to be depleted within 50 years, perhaps in 2050, and the severe economy, social problems, climate changes seem to accelerate fuel consumption. Moreover, the fast growths in industries, economy, transportation and the increasing numbers of populations in Asia, especially in China and India drive demands for substituted, alternative energy. Renewable energies, including heat, electricity and fuel, from biological resources appear as a “green” replacement for petroleum-based fuel (Demain, 2009). Bioethanol from lignocellulose is one of the most promising alternatives for large demands on transportation sectors. However, the bioenergy feedstocks seem problematic according to the resistance of microbial degradation that affects the ethanol production process as compared to starch.

From sugars and starch to lignocellulosic bioethanol

In the last three decades, bioethanol produced from sugars and starch has been used as a blend (mixed with gasoline) or a neat in vehicles in Brazil. Regardless the rising prices and the decrease in oil supplies, many countries such as the U.S., European Union (EU) as well as Thailand adopted this platform to substitute the use of gasoline alone. However, the more bioethanol is consumed, the more sugars and starch need to be

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkuntien, Bangkok 10150

produced. As we know sugars and starch is primarily utilized for human as food, thus it will be inadequate for ethanol production and also lead to competitive prices (Demain, 2009). Energy crops have been known as plants grown for biofuel production. The interesting crops that can be used as raw materials are non-food C4, C3 and parennial plants such as sugarcane, switchgrass, poplar and miscanthus, since they give high yield and are easy-to-grown with broad cultivation (Chandel and Singh, 2010). The plant-cell-walls are composed of three major components: cellulose, hemicellulose and lignin. In nature, these polymers are formed into complexed structures, providing recalcitrance for microbial degradation. Cellulose is a homopolymer consisting of D-glucoses linked by β-1,4-glycosidic bonds. Each cellulose chain is connected to other chains by intra- and inter-hydrogen bondings, resulting in tightly-packed microfibrils. The order of crystallinity of cellulose microfibrils is resist to hydrolysis. In contrast, hemicelluloses are heterogenous polymers built up by pentoses (D-xylose, D-arabinose), Hexoses (D-mannose, D-glucose, D-galactose) and sugar acids. Hemicelluloses are branched-polymers, thus easy for enzymes to attack. Lignin is synthesized by a series of oxidation using alcohols, coumaryl, coniferyl and sinapyl alcohols, as precursors to form the phenolic heteropolymer, providing structural supports, water-pressure resistance and waterproofing (Anderson and Akin, 2008).

General process for lignocellulosic ethanol production

The general process for ethanol production from lignocellulose is composed of three main steps; pretreatment, saccharification, and fermentation and distillation. Pretreatment aims to disrupt and/or remove unwanted components in order to make cellulose more accessible to cellulases. The pretreated solids are subsequently hydrolyzed by several enzymes to release soluble sugar monomers, which are required for further fermentation by ethanol-fermentation microorganisms such as *Saccharomyces serevisiae*. The fermentation broth is concentrated by distillation to desired ethanol concentrations. In practice, the rate limiting step in production process is enzymatic hydrolysis of the pretreated solids (Demain, 2009). Although the pretreatment technology has been developed to make the solids easier to hydrolyze, the severity of pretreatment conditions also lead to other problems such as sugar degradation products, inhibitory compounds, which seriously affect both enzymatic degradation and fermentation. Moreover, the high utility (electricity and water) consumption, waste treatments, and chemical-resisted-bioreactors are required (Margeot *et al*., 2009). As the crystallinity of cellulose and lignin content in plant-cell-walls are believed to be the major handicaps, development of plant traits with decreased crystallinity and low lignin content would facilitate enzymatic degradation, and pretreatment at mild conditions would be possible to modify the plant-cell-wall components, which would lead to positive economic.

Plant biotechnology: Aids for improving enzymatic degradation

Plant biotechnology especially in the field of gene manipulation is a potential tool for decreasing the recalcitrance of plant biomass. In order to improve cellulose hydrolysis, the reductions of crystallinity and lignin content as well as expression of cellulases and related enzymes in plants are of interest. Reducing crystallinity has been focused based on the hypothesis that reducing crystallinity and increasing more amorphous regions would lead to the higher accessibility of cellulase enzymes to glycan chain. To reach that goal, most researches have relied on disruption by carbohydrate-binding modules (CBMs) and modification of cell-wall proteins (Xie and Peng, 2011). CBM is typically found in carbohydrate-active enzymes such as cellulase and xylanase. It is an additional module that brings the enzyme to the substrate into closed and prolonged contact. Some CBMs such as from *Trichoderma reesei* endoglucanase III and *Cellulomonas fimi* endoglucanase A were found to disrupt crystalline cellulose and prevented flocculation of bacterial cellulose. Introductions of exogenouse CBM were found to improve the ruminal digestibility of rice straw, whereas the increase in fiber length, molecular weight of cellulose polymer and a significant decrease in microfibril angle were detected in the CBM-expressed poplar. In addition, a new form of

cellulose fibrils as splayed ribbons was shown instead of the uniform, thin, packed ribbons when cellulose was synthesizes in the presence of CBM, and the reduction of crystalline cellulose often coincided with the increase in cellulose biosynthesis. Thus, it was postulatated that during cellulose synthesis, CBM slides between each polymerized-glucan, separating the glucan chains. This interference uncouples the cellulose polymerization step from the crystallization step, probably leading to an increased rate of cellulose biosynthesis (Shoseyov *et al*., 2006). Modification of cell wall protein also results in reduction of cellulose crystallinity. Cellulose is synthesized at the plasma membrane by a symmetrical rosette of six globular protein complexes, in which each complex contains cellulose synthase (CESA) subunits. In Arabidopsis, there are 10 genes encoding for CESA proteins. CESA1, 3, and 6 are known to require for cellulose biosynthesis during primary cell wall formation, whereas CESA4, 7, and 8 are presumably involved in cellulose deposition in secondary cell wall (Endler and Persson, 2011). It was found that two *A. thaliana* mutants, isoxaben resistance1-2 and 2-1 (ixr1-2, ixr2-1), with decreased relative crystalline index (RCI) were effectively hydrolyzed by enzymatic degradation. The ixr1-2 and ixr2-1 were mutated by positional cloning at CESA3 and CESA6, respectively. In both cases, the locations for mutation were within C-terminus of each protein in or near a transmembrane spanning domain. The reduced RCI values of the two mutants might be due to alteration of proteins that changed the orientation within CESA membrane complex, leading to abnormal arrangements of glucan chains to growing microfibrils such as irregular angles and disruption of a certain percentage of hydrogen bonding (Harris and DeBolt, 2010). Reducing lignin content will facilitate enzyme accessibility to cellulose. Lignin is known as a physical barrier that causes non-productive binding and inactivation of cellulases. Lignin content can be reduced by down-regulation of genes involved in lignin synthesis (Li *et al*., 2008). For examples, downregulation of hydroxycinnamoyl CoA: shikimate hydroxycinnamoyl transferase (HCT) in alfalfa reduced lignin levels and improved saccharification efficiency. The downregulated caffeic acid O-methyltransferase gene in switchgrass showed normal phenotypes with reduced ratio of syringyl:guaiacyl lignin monomer, thereby improving sacchraification process with lower enzyme loadings (Fu *et al*., 2011). However, although reduction of lignin was achieved with improved digestibility and saccharification, the phenotypes of plant traits remain problematic when gene selection is not suitable. For example, the severely reduced 4-coumarate:coenzyme A ligase (4CL) in poplar resulted in irregular vessel and lower growth efficiency, suggesting that adequate lignification is required for the growth. Other abnormal phenotypes such as dwarfing, xylem collapse, mechanical strength and plant fitness have been observed through gene silencing (Abramson *et al*., 2010). Besides, making lignin more susceptible to hydrolyze by addition of peptides to lignin polymer has been recently proposed. Introduction of the tyrosine-rich peptides to transgenic poplar resulted no changes in lignin content and plant phenotypes. The cross-linking between the peptides and lignin was sensitive to protease digestion, thereby improving lignin removal leading to high sugar release (Liang *et al*., 2008). Expression of cellulases and related enzymes in plants is another choice for effective break down of lignocellulose. Expression of cellulases in plants would decrease the use of exogenous enzymes, thereby reducing the production cost. Thermophilic cellulases have been considered more superior than mesophilic ones in terms of cell-damage prevention and long-term storage. The thermostable endoglucanases from *Thermobifida fusca* were successfully expressed in tobacco with regular plant morphology. The expressed-cellulases localized in apoplast showed higher activity than that in cytosol (Jiang *et al*., 2011). However, since complete cellulose hydrolysis requires synergistic actions of endo- and exo-glucanases and β-glucosidase, heterogenous expressions of multiple genes, organelle-targeting and expression yields should be considered. Expressions of other cell wall-degrading enzymes, including endoxylanase, feruloyl esterase, acetylesterase have been investigated extensively. As mentioned, cellulose is associated with hemicelluloses and lignin, thereby limiting cellulase accessibility. Hemicellulose is usually cross-linked with lignin through hemicellulose-side chains and cross-linking agents, such as ferulic acid. The expression of fungal ferulic acid esterase in ryegrass rendered the cell wall more accessible for

endoxylanase, whereas the expression of xyloglucan transferase could loosen cell-wall structure (Taylor II *et al.*, 2008), resulting in improved saccharification.

Summary

Saccharification of plant biomass requires pretreatment process and high enzyme loadings that make the entire costs for ethanol production from lignocellulose higher than starch. Gene manipulation appears as a tool to modify plant biomass feedstocks suitable for ethanol production with a viable economy. However, advancement in pretreatment technology, improvement of yeast strains and bioreactor design should not be neglected.

Acknowledgement

This work was supported by the Royal Golden Jubilee Ph.D. program of the Thailand Research Fund and the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission.

Literature cited

Abramson, M., Shoseyov, O. and Shani, Z., 2010, Plant Cell Wall Reconstruction toward Improved Lignocellulosic Production and Processability, Plant Science, 178(2): 61-72.

Anderson, W.F. and Akin, D.E., 2008, Structural and Chemical Properties of Grass Lignocelluloses Related to Conversion for Biofuels, Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 35(5): 355-366.

Chandel, A.K. and Singh, O.V., 2010, Weedy Lignocellulosic Feedstock and Microbial Metabolic Engineering: Advancing the Generation of 'Biofuel', Applied Microbiology and Biotechnology, 89(5): 1289-1303.

Demain, A.L., 2009, Biosolutions to the Energy Problem, Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 36(3): 319-332.

Endler, A. and Persson, S., 2011, Cellulose Synthases and Synthesis in Arabidopsis, Molecular Plant, 4(2): 199-211.

Fu, C., Mielenz, J.R., Xiao, X., Ge, Y., Hamilton, C.Y., Rodriguez, M., Chen, F., Foston, M., Ragauskas, A., Bouton, J., Dixon, R.A. and Wang, Z.-Y., 2011, Genetic Manipulation of Lignin Reduces Recalcitrance and Improves Ethanol Production from Switchgrass, Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(9): 3803-3808.

Harris, D. and DeBolt, S., 2010, Synthesis, Regulation and Utilization of Lignocellulosic Biomass, Plant Biotechnology Journal, 8(3): 244-262.

Jiang, X.-R., Zhou, X.-Y., Jiang, W.-Y., Gao, X.-R. and Li, W.-L., 2011, Expressions of Thermostable Bacterial Cellulases in Tobacco Plant, Biotechnology Letters, DOI 10.1007/s10529-011-0642-4: 1-7.

Li, X., Weng, J.-K. and Chapple, C., 2008, Improvement of Biomass through Lignin Modification, The Plant Journal, 54(4): 569-581.

Liang, H., Frost, C.J., Wei, X., Brown, N.R., Carlson, J.E. and Tien, M., 2008, Improved Sugar Release from Lignocellulosic Material by Introducing a Tyrosine-Rich Cell Wall Peptide Gene in Poplar, CLEAN – Soil, Air, Water, 36(8): 662-668.

Margeot, A., Hahn-Hagerdal, B., Edlund, M., Slade, R. and Monot, F., 2009, New Improvements for Lignocellulosic Ethanol, Current Opinion in Biotechnology, 20(3): 372-380.

Shoseyov, O., Shani, Z. and Levy, I., 2006, Carbohydrate Binding Modules: Biochemical Properties and Novel Applications, Microbiology and Molecular Biology Reviews, 70(2): 283-295.

Taylor II, L.E., Dai, Z., Decker, S.R., Brunecky, R., Adney, W.S., Ding, S.-Y. and Himmel, M.E., 2008, Heterologous Expression of Glycosyl Hydrolases in Planta: A New Departure for Biofuels, Trends in Biotechnology, 26(8): 413-424.

Xie, G. and Peng, L., 2011, Genetic Engineering of Energy Crops: A Strategy for Biofuel Production in China, Journal of Integrative Plant Biology, 53(2): 143-150.

การวิพากษ์วิถีการผลิตสมุนไพรไทยบนกรอบแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน

Criticizing the Production Node of Thai Herbs Based on the Sustainable Development Principle

ณัฐกฤช อัสนี[1] **และ นามชัย กิตตินาคบัญชา**[1]
Assanee, N.[1] and Kitinakbancha, N.[1]

Abstract

In the present, Thai government plays a key role to make the guideline policy for developing Thai herb industry such as the policy for promoting the traditional doctor group to increase their potentiality skill to qualify more traditional medical license examination. However, it was found that there are 50,293 traditional doctors registers, in which number have more than 10,255 registers with 20 year experience longer but only 39 registers can qualify traditional medical license examination due to the uncomfortably taking training course and traditional medical examination by most traditional doctors having the old age and learning only their own experience. Under such circumstance, this policy promotion for Thai herb industry is failure. The research is to criticize production mode and development of Thai herb between the local traditional doctor without traditional medical license qualification and the traditional medical producer under the governmental traditional medical standard based on the sustainable development principle. The result shows that the production mode and development of Thai herb by the traditional doctor with the adaptation attempt under governmental traditional medical standard leads to the inequity development without following the sustainable development principle as only focusing on the growth of economic diameter but a negative contradiction result in social diameter and the ignorance appearance of environment.

Keywords: Thai herbs, Thai Traditional medical, sustainable development

บทคัดย่อ

ปัจจุบันภาครัฐซึ่งถือเป็นผู้มีอำนาจและบทบาทในการกำหนดกรอบและแนวทางต่างๆ ที่จะช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมสมุนไพรไทย เช่น นโยบายที่พยายามผลักดันและสนับสนุนให้กลุ่มหมอพื้นบ้านเข้าอบรมพัฒนาศักยภาพและทำการสอบวัดผลเพื่อให้ได้ใบประกอบโรคศิลปะสาขาแพทย์แผนไทยให้เพิ่มมากขึ้น แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จ โดยในปี พ.ศ. 2554 พบว่า ทั่วประเทศมีหมอพื้นบ้านที่ขึ้นทะเบียนไว้กว่า 50,293 คน โดยผู้มีประสบการณ์ด้านการรักษาโรค 20 ปีขึ้นไปมีกว่า 10,255 คน แต่ในปี พ.ศ. 2553 มีผู้ได้ใบประกอบโรคศิลปะเพียง 39 คนเท่านั้น เนื่องจากอุปสรรคด้านต่างๆ โดยเฉพาะ เนื่องจากหมอพื้นบ้านส่วนมากเป็นผู้สูงอายุเรียนรู้การรักษาผู้ป่วยจากประสบการณ์ชีวิต ไม่สะดวกในการเข้าร่วมอบรม รวมถึงการต้องเข้าสอบวัดความสามารถตามกฎระเบียบของรัฐจึงได้รับการตอบรับน้อยมาก ซึ่งถือได้ว่าเป็นนโยบายรัฐที่ล้มเหลว การวิจัยศึกษาเปรียบเทียบว่าวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรตามภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านกับผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐในกรอบแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน พบว่าวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรของผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐพัฒนาไปอย่างไม่สมดุล โดยเน้นมิติด้านเศรษฐกิจให้ขยายตัวมากขึ้น แต่มิติด้านสังคมกลับสวนทางลดลงอย่างมาก ขณะที่มิติด้านสิ่งแวดล้อมถูกละความสำคัญ ดังนั้น จึงเป็นการพัฒนาอย่างไม่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืน

คำสำคัญ: สมุนไพรไทย การแพทย์แผนไทย และ การพัฒนาที่ยั่งยืน

คำนำ

จากความผันแปรอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ส่งผลให้ประชาคมโลกเกิดแนวโน้มใหญ่ (Mega-trend) หลากหลายด้าน โดยเฉพาะวิกฤตโลกร้อน ซึ่งทาให้การดำเนินการทางด้านเศรษฐกิจของแต่ละประเทศต่างต้องเน้นฐานทรัพยากรทางชีวภาพมากขึ้น โดยทิศทางการพัฒนาประเทศเน้นสังคมคาร์บอนต่ำมากขึ้น และให้ความสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากวิกฤตความแห้งแล้งมีผลให้เกิดการขาดแคลนพืชพรรณธัญญาหาร รวมทั้งพบว่า ประชากรโลกเข้าสู่สังคมของผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งต้องการสินค้าเพื่อการดูแลสุขภาพเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเน้นการป้องกันมากกว่าการรักษา ด้วยโรคภัยต่างๆ มีมากและหลากหลายขึ้น ศาสตร์การแพทย์และการรักษาทั้งภูมิปัญญาตะวันออก ซึ่งรวมถึงการแพทย์แผนไทยจึงได้รับความสนใจและยอมรับมากขึ้นด้วย

[1] **คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ถนนพญาไท, กรุงเทพ 10330**
[1] Faculty of Economics, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Bangkok 10330

เมื่อพิจารณาศักยภาพประเทศไทย พบว่า มีความสอดคล้องเหมาะสม และสามารถตอบสนองแนวโน้มใหญ่ข้างต้นได้อย่างมาก ด้วยความเป็นภูมิภาคเขตร้อนซึ่งเหมาะต่อการทำเกษตรกรรม สามารถผลิตพืชพรรณธัญญาหารได้มากกว่าการบริโภคในประเทศจนสามารถส่งออกสร้างรายได้ และที่สำคัญพืชสมุนไพรหลากหลายชนิดสามารถใช้บำบัดรักษาโรคและความเจ็บป่วยต่างๆ ได้ (ซึ่งที่จริงแล้วยาแผนปัจจุบันล้วนผลิตมาจากพืชกว่าร้อยละ 80) โดยที่พบว่า อาการเจ็บป่วยบางอย่างการแพทย์แผนปัจจุบันซึ่งเป็นแนวทางหลักยังไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ การพัฒนาและใช้สมุนไพรไทยจึงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างแพร่หลายและสร้างประโยชน์อย่างสูงให้กับประเทศในหลายด้าน ปัจจุบันภาครัฐซึ่งถือเป็นผู้มีอำนาจและบทบาทในการกำหนดกรอบและแนวทางต่างๆ เพื่อช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมสมุนไพรไทย เช่น นโยบายที่พยายามผลักดันและสนับสนุนให้กลุ่มหมอพื้นบ้านเข้าอบรมพัฒนาศักยภาพและทำการสอบวัดผลเพื่อให้ได้ใบประกอบโรคศิลปะสาขาแพทย์แผนไทยให้เพิ่มมากขึ้น แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จ โดยในปี พ.ศ. 2554 พบว่า ทั่วประเทศมีหมอพื้นบ้านที่ขึ้นทะเบียนไว้กว่า 50,293 คน โดยผู้มีประสบการณ์ด้านการรักษาโรค 20 ปีขึ้นไปมีมากกว่า 10,255 คน แต่ในปี พ.ศ. 2553 มีผู้ได้ใบประกอบโรคศิลปะเพียง 39 คนเท่านั้น (ไทยรัฐ, 2553: [ออนไลน์]; กรุงเทพธุรกิจออนไลน์, 2553: [ออนไลน์]) เนื่องจากอุปสรรคด้านต่างๆ โดยเฉพาะเนื่องจากหมอพื้นบ้านส่วนมากเป็นผู้สูงอายุเรียนรู้การรักษาผู้ป่วยจากประสบการณ์ชีวิต ไม่สะดวกในการเข้าร่วมอบรม รวมถึงการต้องเข้าสอบวัดความสามารถตามกฎระเบียบของรัฐจึงได้รับการตอบรับน้อยมาก ซึ่งถือได้ว่าเป็นนโยบายรัฐที่ล้มเหลว การศึกษาเปรียบเทียบว่าวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรตามภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านกับผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐในกรอบแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนจึงถูกนำมาพิจารณาให้ความสำคัญศึกษาในงานวิจัยนี้

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการวิธีวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยอาศัยวิธีการสัมภาษณ์แบบเชิงลึก (In depth interview) จากผู้ให้ข้อมูล 2 กลุ่มหลัก โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบวิถีการผลิตและพัฒนาไปของการดำเนินงานในกิจการสมุนไพรไทย ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียง และแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืน ในมิติทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

การรวบรวมข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการลงพื้นที่เก็บข้อมูล สังเกตการณ์ และสัมภาษณ์ โดยการเข้าซักถามและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากผู้ประกอบการกิจการสมุนไพร 2 แห่ง ดังนี้ 1) นางธิพพาพร คุณศรี ประธานกลุ่มสมุนไพรบ้านดงบัง จังหวัดปราจีนบุรี ที่ได้ปรับตัวและพัฒนาการผลิตสมุนไพรตามกรอบมาตรฐานของรัฐ โดยเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกและแปรรูปวัตถุดิบพืชสมุนไพรให้กับมูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร ซึ่งได้เข้าไปให้การอบรมควบคุมดูแลคุณภาพการผลิต โดยได้ทำการสัมภาษณ์ในวันศุกร์ที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2554 และ 2) นายดำรงศักดิ์ ชุมแสงพันธ์ หรือหมอกุ หมอพื้นบ้านและที่ปรึกษาศูนย์กสิกรรมบ้านสมุนไพรไท จังหวัดระยอง ที่ดำเนินวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นแบบหมอพื้นบ้าน โดยได้ทำการสัมภาษณ์ในวันจันทร์ที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2554 ซึ่งกรอบแนวคิดการศึกษาวิจัยการวิพากษ์วิถีการผลิตสมุนไพรไทยบนกรอบแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนถูกแสดงใน Figure 1

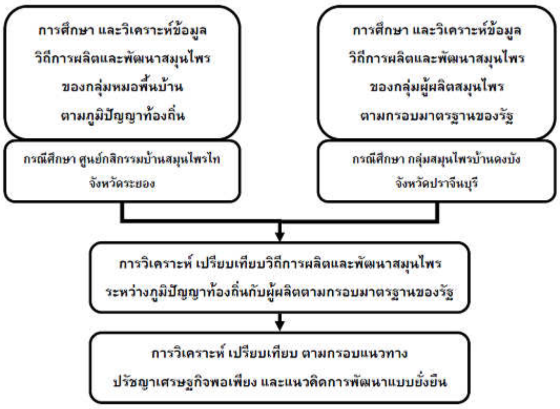


Figure 1 กรอบแนวความคิดของการศึกษาวิจัย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ เปรียบเทียบวิถีการผลิตและพัฒนาตามภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านกับผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐ

ในการวิเคราะห์วิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านและผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐ พบว่า สามารถแยกการเปรียบเทียบในด้านต่างๆ ที่สำคัญได้ทั้งหมด 6 มิติ ได้แก่ มิติด้านเศรษฐกิจ มิติด้านสังคมและวัฒนธรรม มิติด้านสิ่งแวดล้อม มิติด้านภูมิความรู้และวิทยาการ มิติด้านการใช้ทรัพยากร และมิติด้านแรงงาน ซึ่งมีรายละเอียด ดัง Table 1

Table 1 การเปรียบเทียบวิถีการผลิตและพัฒนาตามภูมิปัญญาท้องถิ่นกับผู้ผลิตตามกรอบมาตรฐานของรัฐ

1. วิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพร ตามภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้าน	**2. วิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพร ของผู้ผลิตตามกรอบมาตรฐานของรัฐ**
1. มิติด้าน เศรษฐกิจ	
1.1.1 ราคาไม่แพง ประชาชนทุกระดับเข้าถึงได้ เน้นความพอเพียง 1.1.2 มีรายได้พอยังชีพ ไม่เน้นเป็นอาชีพหลัก สะสมทุนไม่ได้มา	2.1.1 เน้นการสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการตลาด ทำสมุนไพรให้เป็นสินค้าขายได้ในราคาสูง ประชาชนระดับล่างเข้าถึงได้น้อยลง 2.1.2 สร้างรายได้ให้มาก ยึดเป็นอาชีพหลักได้ เน้นสะสมทุนได้ 2.1.3 การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการตลาดให้กับสมุนไพร ทาให้สามารถขยายกลุ่มลูกค้าชนชั้นกลางและสูงได้เพิ่มขึ้น
2. มิติด้านสังคม และวัฒนธรรม	
1.2.1 สามารถพึ่งตนเองด้านสุขภาพอนามัย และการรักษาพยาบาลพื้นฐานในชุมชน 1.2.2 สังคมเข้มแข็งจากการพึ่งพากันระหว่างหมอพื้นบ้านกับประชาชน มีภูมิความรู้อยู่คู่คุณธรรม เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่กัน	2.2.1 ลดศักยภาพการพึ่งตนเองด้านสุขภาพ ลดบทบาทหมอพื้นบ้านจากอิทธิพลโลกาภิวัตน์ บริโภคนิยม วัตถุนิยม ปัจเจกนิยม 2.2.2 ลดการพึ่งพากันในชุมชน ความสัมพันธ์กับชุมชนรอบข้างจากัด แข่งขัน แย่งชิงทรัพยากรกัน
3. มิติด้านสิ่งแวดล้อม	
1.3.1 การทำเกษตรอินทรีย์ ไม่ใช้สารเคมี คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม	2.3.1 การทำเกษตรอินทรีย์ ไม่ใช้สารเคมี คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมแต่การเร่งผลิตสนองการบริโภคทาให้สิ่งแวดล้อมถูกทาลายได้
4. มิติด้านภูมิความรู้และวิทยาการ	
1.4.1 เน้นการบาบัดรักษาด้วยความสมดุลแบบองค์รวม (ทั้งด้านร่างกายและจิตใจ) 1.4.2 สร้างสรรค์ และพัฒนาสู่กรอบมิติอื่นๆได้ เช่น สมุนไพรเพื่อใช้บำบัดและบำรุงพืช 1.4.3 ภูมิความรู้เพิ่มจากการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ หลากหลายด้านอย่างบูรณาการ ด้วยเวทีชาวบ้าน 1.4.4 สมุนไพรที่ผลิตยังใช้งานยาก และได้ผลช้ากว่า 1.4.5 ถูกกรอบของรัฐ และกฎหมายกากับ การยอมรับเชื่อถือน้อย 1.4.6 ตรรกะความไม่เป็นวิทยาศาสตร์จำกัดการยอมรับและเชื่อถือ 1.4.7 ไม่ปรับตัวตามกรอบของรัฐ ถูกจำกัดสิทธิ การสนับสนุนน้อย	2.4.1 เน้นผลิตสมุนไพรแบบเชิงเดี่ยว สนองการบาบัดรักษาแบบแยกส่วน (ร่างกายแยกจากจิตใจ) 2.4.2 เป็นแหล่งเรียนรู้เฉพาะทางด้านการผลิตสมุนไพรตามกรอบมาตรฐานเพียงด้านเดียว 2.4.3 ผลิตภัณฑ์พัฒนาให้สะดวกต่อการใช้ และให้ผลเร็วกว่า 2.4.4 มีกรอบของรัฐรับรองคุณภาพ ได้รับการยอมรับและเชื่อถือ 2.4.5 ตรรกะความเป็นวิทยาศาสตร์มีมาตรฐาน ตรวจสอบได้ 2.4.6 ปฏิบัติตามกรอบของรัฐ ได้รับสิทธิ สนับสนุนทั้งทุน วิทยาการ
5. มิติด้านการใช้ทรัพยากร	
1.5.1 กระจายการใช้ทรัพยากรในการผลิต กระจายความเสี่ยง สร้างความมั่นคงยั่งยืนในระยะยาว	2.5.1 ทุ่มทรัพยากรทั้งหมดเพื่อผลิตสมุนไพร ทั้งที่ดิน แรงงาน ทุน และเวลา (ความมั่นคงในระยะยาวน้อยกว่า)
6. มิติด้านแรงงาน	
1.6.1 ทรัพยากรบุคคลมีจำกัด และเพิ่มจำนวนได้ยาก	2.6.1 ทรัพยากรบุคคลมีจากัด และเพิ่มจำนวนได้ยาก

การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ ความยั่งยืนของวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรไทยระหว่างภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านกับผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐ ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

การวิเคราะห์วิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรไทยระหว่างภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านกับผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐ โดยอาศัยกรอบแนวคิดทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียงสาหรับการออกแบบแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน ตามแนวคิดของ สมพจน์ กรรณนุช (2551: 321-322) ที่ใช้หลักการซึ่งออกแบบระบบเศรษฐกิจให้หลุดพ้นจากตลาดนิยม (Figure 2) โดยการลัดวงจรที่หมุนเวียนการบริโภคกลับเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งผสมกับทรัพยากรที่เป็นต้นทางของการผลิต ที่มีผลส่วนน้อยไหลเข้าสู่กระบวนการตลาด /การเงิน จึงเป็นการให้ความสำคัญสูงสุดกับเศรษฐกิจและตลาดภายในมากกว่าการค้า ด้วยการออกแบบระบบเศรษฐกิจให้ส่งเสริมการผลิตสินค้าที่ต้องการและจำเป็นต้องใช้ภายในชุมชนให้มากที่สุดก่อน ทำให้มีปริมาณพอเพียงกับความต้องการภายในก่อน เพื่อสร้างความเข้มแข็งจากภายใน ไม่ต้องพึ่งพาภายนอก เมื่อมีส่วนเกินจึงค่อยขยายออกสู่ภายนอก โดยสามารถนำแนวคิดนี้มาวิเคราะห์ วิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านและของผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐ ได้ดังนี้

การพัฒนาวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านจากภายในมาอย่างค่อยเป็นค่อยไปตั้งแต่ครั้งอดีต โดยตอบสนองภายในชุมชนด้านสุขภาพอนามัยพื้นฐานมาอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการพัฒนาตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงที่ให้หันกลับมาพัฒนาและตอบสนองตลาดภายในสังคมและประเทศตนเองก่อนเป็นหลัก ซึ่งโครงสร้างที่ได้จะใกล้เคียงกับโครงสร้างวงจรแบบเศรษฐกิจพอเพียงที่ควรจะเป็นค่อนข้างมาก (ตาม Figure 2 a เปรียบเทียบกับ Figure 2 b)

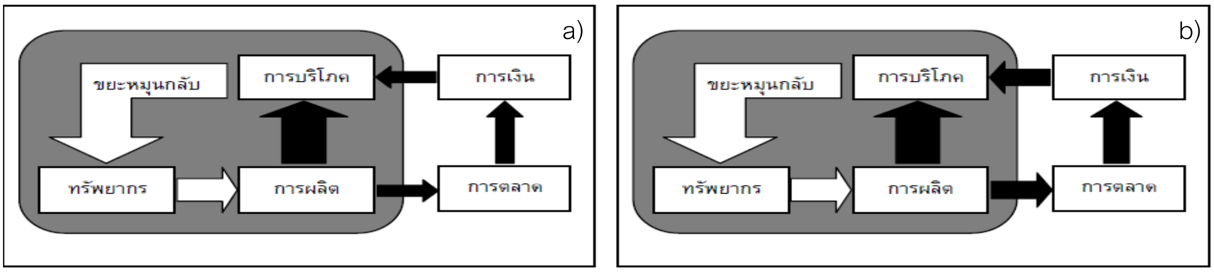


Figure 2 โครงสร้างวงจรแบบเศรษฐกิจพอเพียง a) และวิถีการผลิตสมุนไพรตามภูมิปัญญาท้องถิ่น b)

โครงสร้างการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านเน้นการตอบสนองชาวบ้านภายในพื้นที่ในทุกระดับให้สามารถเข้าถึงได้ก่อนเป็นหลัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพึ่งพาตนเองในด้านสุขภาพอนามัยและการรักษาพยาบาลพื้นฐานในชุมชนเป็นหลัก เมื่อการผลิตและพัฒนาสมุนไพรได้มากขึ้นจนพึ่งพาตนเองด้านสุขภาพได้มากขึ้นจนเกิดภูมิความรู้ที่ได้พิสูจน์และยอมรับกันอย่างแพร่หลายมากขึ้นจึงสามารถใช้กลไกการตลาด /การเงินขยายการส่งออกสู่สังคมอื่นหรือประเทศอื่นได้มากขึ้นต่อไป ดังนั้น วิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านจึงสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียงสาหรับการออกแบบแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างมาก

ในขณะที่การพัฒนาวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรของผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐ ขึ้นอยู่กับองค์กรรัฐหรือกลุ่มทุนที่มีอำนาจ ด้านเงินทุน วิทยาการและเทคโนโลยีที่มากกว่า สามารถเข้ามามีอิทธิพลกำหนดทิศทางและกำกับ สร้างและดึงผลประโยชน์จากผู้ผลิตสมุนไพรในชุมชน โดยอาศัยการสร้างแนวเชื่อมการผลิตด้วยการใช้กลไกและเครื่องมือทางการตลาด /การเงิน ก่อนที่จะเชื่อมกลับเข้าสู่การบริโภค โดยส่งผลให้เกิดการลดปริมาณและบทบาทการเชื่อมโดยตรงระหว่างการผลิตและการบริโภคภายในชุมชนเองลงอย่างมาก ทำให้ผู้ผลิตในชุมชนและหมอพื้นบ้านกลายเป็นผู้รับจ้างผลิตและแปรรูป ใช้การตลาดและการเงินทำให้การผลิตและพัฒนาสมุนไพรเป็นสินค้า สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าสมุนไพรด้วยการตลาด การโฆษณาประชาสัมพันธ์ กระตุ้นการขายจนสามารถขยายฐานลูกค้าสู่กลุ่มผู้บริโภคชนชั้นกลางและสูงได้มากขึ้น ส่งผลให้การผลิตเพื่อตอบสนองการบริโภคภายในชุมชนแบบเดิมลดลง เนื่องจากความเชื่อมั่นและเชื่อถือลดน้อยลง ผู้บริโภคระดับล่างเข้าถึงได้ลดลงด้วยราคาที่สูงขึ้นมาก เพราะเปลี่ยนมาเน้นการผลิตเพื่อการค้าที่สร้างรายได้ให้สูง ตอบสนองการตลาดและการเงินเป็นหลัก เนื่องจาก การมีกรอบมาตรฐานของรัฐที่เป็นระบบให้ปฏิบัติตาม ทำให้การพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแพทย์พื้นบ้านถูกกีดกันและจากัดศักยภาพ การพึ่งพาตนเองในด้านสุขภาพอนามัยระดับพื้นฐานภายในชุมชนลดลง (ลดภูมิคุ้มกันตนเองลง) เน้นการผลิตเพื่อการค้าและการสะสมทุนเป็นหลักดังแสดงในรูปเปรียบเทียบ Figure 3 a และ 3 b

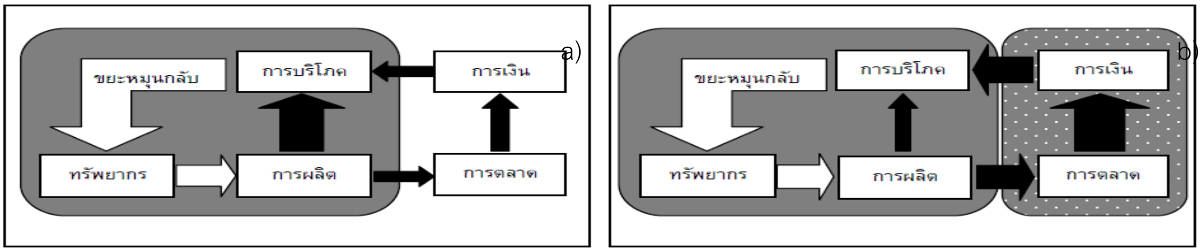


Figure 3 โครงสร้างวงจรแบบเศรษฐกิจพอเพียง a) และวิถีการผลิตสมุนไพรของผู้ผลิตตามกรอบรัฐ b

วิจารณ์ผล

ความยั่งยืนของวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้าน ตามแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืน

1) **มิติด้านเศรษฐกิจ** ทำเพื่อสนองการบาบัดรักษาในชุมชนเป็นหลัก ไม่เน้นรายได้มากกว่าแค่พอเพียง แต่เน้นพัฒนาเพื่อสามารถพึ่งตนเองด้านสาธารณะสุขมูลฐานของชุมชน โดยการผลิตวางแผนให้เพียงพอกับความต้องการภายในก่อนจึงไม่ต้องเร่งการผลิตจนเกินความต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับการสร้างความสมดุลระหว่างระบบเศรษฐกิจกับระบบนิเวศ แม้รายได้ของหมอพื้นบ้านไม่สูงมากแต่ก็สามารถหมุนเวียนสร้างตัวทวีคูณภายในชุมชนเพื่อสร้างเศรษฐกิจที่พัฒนาด้วยความสมดุล มั่นคง พึ่งตนเองได้อย่างสม่ำเสมอ โดยจะเอื้อประโยชน์ต่อสมาชิกส่วนใหญ่ของชุมชนและสังคมให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นอย่างยั่งยืนในระยะยาวได้

2) **มิติด้านสังคม** เป็นการพึ่งพากันในชุมชนซึ่งสามารถสร้างความเข้มแข็งให้ชุมชนพึ่งพาตนเองในด้านต่างๆ ได้อย่างสอดคล้องกับศักยภาพของทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมด้วยวิถีชีวิตและจิตสำนึกที่เกื้อกูลกัน ทั้งหมอพื้นบ้านกับชาวบ้านและต่อธรรมชาติ พร้อมทั้งใช้ “เวทีชาวบ้าน” เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ถ่ายทอดภูมิความรู้และวัฒนธรรมเฉพาะถิ่นระหว่างกันภายในและออกสู่ภายนอกชุมชนให้มีพลวัต พัฒนา และดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืน

3) **มิติด้านสิ่งแวดล้อม** มีการตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะผืนดิน เพื่อคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพอย่างสมดุล ด้วยการผลิตที่มีการทานุบำรุงดินด้วยการทาเกษตรอินทรีย์ ไม่ใช้สารเคมี จึงเป็นมิตรต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ด้วยจาเป็นต้องพึ่งพาและเกื้อกูลธรรมชาติ ทั้งดิน น้ำ และอากาศ เพื่อสามารถปลูกผลผลิตให้ชุมชนมีกินมีใช้อย่างพอเพียงได้ต่อเนื่องในระยะยาว สรุปได้ว่า วิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้าน ทั้ง 3 มิติสามารถพัฒนาอย่างเกื้อกูลกัน แม้จะค่อยเป็นค่อยไป แต่กลับมีความสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืนอย่างมาก

ความยั่งยืนของวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐ ตามแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืน

1) **มิติด้านเศรษฐกิจ** เน้นวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรเพื่อการค้า ทำสมุนไพรให้เป็นสินค้า การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการตลาด /การเงิน โดยสามารถยึดเป็นอาชีพที่ทารายได้มากพอที่จะสะสมทุนในการขยายงานการผลิตและพัฒนาสมุนไพรต่อไป ซึ่งรายได้เป็นสิ่งจูงใจให้หมอพื้นบ้านปรับตัวมาเป็นผู้รับจ้างผลิตและเป็นหมอขายสมุนไพรแทนเจตนารมณ์เดิม และด้วยอิทธิพลของทุนนิยมที่สนับสนุนการทำเกษตรแบบเชิงเดี่ยวเพื่อการค้าโดยมีรัฐและกลุ่มทุนสามารถเข้ามาใช้อิทธิพลร่วมหาประโยชน์ได้ และในการเร่งการผลิตย่อมทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมากเกินพอดี จนเกิดการแข่งขัน แย่งชิงทรัพยากร ซึ่งทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคนในชุมชนและสังคมจนอาจเกิดความขัดแย้งและแตกแยก ส่งผลให้ความเป็นปัจเจกนิยมมีสูงขึ้น จากที่อดีตชุมชนมักมีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่และพึ่งพาอาศัยกัน

2) **มิติด้านสังคม** เป็นรูปแบบที่ลดศักยภาพของความสัมพันธ์ที่ดีที่ทรงพลังจากการพึ่งพากันของกลุ่มคนในชุมชนในทุกด้าน ส่งผลให้บทบาทการพึ่งตนเองด้านสุขภาพอนามัยพื้นฐานในชุมชนลดลง และมีความเป็นปัจเจกระหว่างกลุ่มคนมากขึ้น โดยความสัมพันธ์กันในชุมชนรอบข้างลดลงมาก แต่กลับเน้นไปที่การทุ่มเท จัดหา และแย่งชิงทรัพยากรระหว่างกันในชุมชน เพื่อทุ่มลงไปเร่งการผลิตให้ได้ผลผลิตมากขึ้นเพื่อหารายได้ให้มากที่สุดเป็นหลัก ซึ่งการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างชุมชนทำได้จำกัดมากขึ้นเพราะการแบ่งแยกและมีความถนัดเฉพาะทางทางด้านการผลิตและแปรรูปสมุนไพรตามกรอบมาตรฐานที่ได้เรียนรู้มาเพียงด้านเดียว

3) **มิติด้านสิ่งแวดล้อม** มีกฎเกณฑ์ให้ต้องปฏิบัติตามด้านคุณภาพการผลิตและแปรรูปผลผลิต ด้วยตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การผลิตที่ต้องมีการทานุบำรุงดินด้วยการปลูกสมุนไพรแบบเกษตรอินทรีย์ โดยไม่ใช้สารเคมี เพื่อเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งทุกกระบวนการผลิตต้องตอบสนองการดูแลธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพราะจำเป็นต้องพึ่งพาและเกื้อกูลธรรมชาติ ทั้งดิน น้ำ และอากาศ ให้สามารถผลิตผลผลิตให้ได้มากที่สุดและมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อสามารถตอบสนองเป้าหมายการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ซึ่งในท้ายที่สุดย่อมหลีกไม่พ้นที่จะทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมถูกทำลาย เพื่อป้อนการบริโภคที่ถูกกระตุ้นด้วยกระบวนการทางการตลาดเป็นการแลกเปลี่ยน

สรุปได้ว่า วิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรของผู้ผลิตที่ปรับตัวตามกรอบมาตรฐานของรัฐ พัฒนาไปอย่างไม่สมดุล โดยจะเน้นมิติด้านเศรษฐกิจให้ขยายตัวมากขึ้น แต่มิติด้านสังคมกลับสวนทางลดลงอย่างมาก ขณะที่มิติด้านสิ่งแวดล้อมถูกให้ความสำคัญ แต่ด้วยเมื่อเร่งการผลิตเพื่อผลทางเศรษฐกิจย่อมหลีกไม่พ้นต้องมีส่วนทำลายสิ่งแวดล้อมลงเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยน ดังนั้น จึงเป็นการพัฒนาอย่างไม่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืน

สรุปผล

1) จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าวิถีการผลิตและพัฒนาสมุนไพรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านสามารถพัฒนาไปได้อย่างสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืน ดังนั้น ระดับนโยบาย ควรเน้นการพัฒนาจากภายใน เปิดโอกาสและสนับสนุนให้หมอพื้นบ้านได้พัฒนาและแสดงศักยภาพของตนอย่างเต็มที่ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นในการใช้สมุนไพรบำบัดรักษาโรค โดยรัฐควรกำหนดเป็นยุทธศาสตร์หลักเพื่อเข้าไปให้การสนับสนุนอย่างจริงจัง ทั้งทางด้านเทคโนโลยี งบประมาณ วิทยาการ บุคลากร และสถาบันการศึกษาที่มีความรู้สมัยใหม่ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาและต่อยอดองค์ความรู้อย่างบูรณาการด้านแพทย์แผนไทย เพื่อพัฒนาให้ประเทศไทยสามารถพึ่งตนเองได้ในด้านสาธารณะสุขมูลฐานในระดับชุมชน ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านไทยให้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

2) จัดงบประมาณสนับสนุนให้มีการรวบรวมหมอพื้นบ้านที่มีความรู้และประสบการณ์ในการใช้สมุนไพรบำบัดรักษาโรคที่สำคัญเฉพาะทางในปัจจุบัน เช่น โรคมะเร็ง โรคเอดส์ เพื่อระดมความคิดกำหนดแนวทางและพัฒนาตำรับยาสมุนไพรในการบำบัดรักษาด้วยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน โดยมีนักวิชาการหรือสถาบันการศึกษาเข้าร่วมเป็นผู้สนับสนุนและพัฒนาให้เป็นผลงานในเชิงวิชาการเพื่อเป็นที่ยอมรับต่อไป โดยต้องให้เกียรติและยอมรับภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมอพื้นบ้านที่มีศักยภาพเหล่านั้นด้วย

3) ควรเผยแพร่ความรู้พื้นฐานเรื่องสรรพคุณของสมุนไพรพื้นบ้านที่มีประโยชน์เพื่อการบาบัดรักษาและบำรุงร่างกายให้กับประชาชนทั่วไปได้รับรู้และสามารถมีปลูกไว้ใช้เองในบ้าน เพื่อเป็นทางเลือกให้ประชาชนได้ใช้ดูแลสุขภาพของตนเองในเบื้องต้นอย่างเหมาะสม โดยสามารถพึ่งตนเองในระดับพื้นฐานและลดค่าใช้จ่ายในด้านยาสามัญประจาบ้านแผนปัจจุบันบางส่วนลงได้

เอกสารอ้างอิง

กรุงเทพธุรกิจออนไลน์.,2553, สธ.เล็งขึ้นทะเบียนหมอพื้นบ้าน 1 หมื่นคน,[สืบค้น], http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/politics/policy/20100902/350975.html. [10/January/11].

สมพจน์ กรรณนุช, 2551, เศรษฐกิจพอเพียงสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน การเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์การพัฒนา, ศูนย์ศึกษาการพัฒนาแบบยั่งยืน คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์,กรุงเทพมหานคร ,321 – 322.

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดมะละกอต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช

The Potential of Papaya Seed Extract on Seed Emergence

ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1] **ณกัญญา พลเสน**[1] **ธนภรณ์ ทองแพง**[2] **และ เกศินี สังข์คำ**[1]

Photchanachai, S.[1], Ponsen, N.[1], Tongpang, T.[2] and Sungcome, K.[1]

Abstract

Due to the increase number of synthetic herbicide-resistant weeds, there have been investigations for allelopathy potential of plant extracts as an alternative to synthetic herbicides. This research was to study the effect of ethanol extract of papaya (*Carica papaya* L.) seeds on germination of tomato, cucumber, sesame, mung bean and rice seeds. The seeds were dipped in the crude extract at concentrations of 1,000 and 5,000 ppm, 0.5% ethanol (control 1) and water (control 2). Results showed that radicle emergence percentage of treated seeds with papaya extract was significantly reduced compared to the control samples. Furthermore, the inhibition effect on radicle emergence increased as the concentration increased. The most effective extract to decrease radicle emergence was observed when used at concentration of 5,000 ppm in tomato followed by cucumber, sesame, mung bean and rice seeds, respectively (49.16, 48.13, 42.91, 28.00 and 16.91%). Therefore, crude extract from papaya seed has potential as a natural pre-emergence of broadleaf herbicide.

Keywords: papaya seed extract, radicle emergence, herbicide

บทคัดย่อ

เนื่องจากวัชพืชมีความต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืชสังเคราะห์เพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการศึกษาวิจัยศักยภาพการเป็น allelopathy ของสารสกัดจากพืชเพื่อใช้ทดแทนสารกำจัดวัชพืชสังเคราะห์ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากเมล็ดมะละกอ (*Carica papaya* L.) ด้วยเอทธานอล 95% ต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ แตงกวา งาดำ ถั่วเขียว และข้าว โดยคลุกเมล็ดทั้งหมดในสารสกัดเมล็ดมะละกอความเข้มข้น 1,000 และ 5,000 พีพีเอ็ม เอทธานอลความเข้มข้น 0.5% (ชุดควบคุม 1) และน้ำ (ชุดควบคุม 2) ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากเมล็ดมะละกอทำให้ร้อยละการแทงรากของเมล็ดพันธุ์พืชทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามความความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น และที่ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม การแทงรากของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ เมล็ดแตงกวา งาดำ ถั่วเขียว และข้าว (49.16 48.13 42.91 28.00 และ 16.91%) ตามลำดับ ดังนั้น สารสกัดจากเมล็ดมะละกอน่าจะมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นสารยับยั้งการงอกของเมล็ดวัชพืชใบกว้างได้

คำสำคัญ: สารสกัดจากเมล็ดมะละกอ การแทงราก สารกำจัดวัชพืช

บทนำ

ปัจจุบันมีรายงานว่า วัชพืชหลายชนิดต้านทานสารกำจัดวัชพืชสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งสารเคมีดังกล่าวยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้นักวิจัยศึกษาการนำสารสกัดจากพืชมาใช้ทดแทนสารเคมีมากขึ้น มีรายงานว่า เมล็ดมะละกอมีสารประกอบในกลุ่ม Benzyl isothiocyanate (BITC) (Adebiyi และคณะ, 2003) เป็นสารประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารในกลุ่มเดียวกับสารประกอบ allyl isothiocyanate (AITC; CH_2CHCH_2NCS) ที่เป็น organosulfur compound โดยสารทั้ง 2 ชนิดมีความเป็นพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ AITC มี LD_{50} เท่ากับ 151 มก./กก (www.wikipedia.org) Utrakoon และคณะ (2010) รายงานว่าสารสกัดจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการต้มกลั่นที่ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ขึ้นไป และที่สกัดด้วยเอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้น 10,000 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการ

---

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150

[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bang Khun Thian), Bangkok, 10150

[2] โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[2] Kanjanapisek Witthayalai Nakornphathom School, Phutthamonthon, Nakornphathom, 73170

ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยและการงอกสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* ได้อย่างสมบูรณ์ได้นาน 7 วัน และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสารสกัดจากเมล็ดมะละกอต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการนำไปทดสอบกับวัชพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดมะละกอแห้ง 700 กรัม มาบดพอละเอียดแล้วเติมเอทธานอล 95% ปริมาตร 1,500 มิลลิลิตร แช่ไว้เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษ What man No. 4 ก่อนนำสารละลายที่ได้ไประเหย แล้วนำสารสกัดที่ได้มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 1,000 และ 5,000 พีพีเอ็ม ด้วยเอทธานอล 0.5% แล้วนำมาคลุกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ แตงกวา งาดำ ถั่วเขียว และข้าว โดยมีเมล็ดพันธุ์ที่คลุกสารละลายเอทธานอลความเข้มข้น 0.5% และน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม ทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ตามวิธีการของ ISTA (2008) จำนวน 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า ร้อยละการแทงรากหรือความงอก (radical emergence) ของเมล็ดพันธุ์พืชทั้ง 5 ชนิดที่คลุกด้วยสารสกัดจากเมล็ดมะละกอด้วยเอทธานอล 95% ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมทั้ง 2 ชุด และประสิทธิภาพของสารสกัดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น โดยที่ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม เมล็ดมะเขือเทศมีร้อยละการแทงรากลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ เมล็ดแตงกวา งาดำ ถั่วเขียว และข้าว (49.16 48.13 42.91 28.00 และ 16.91%) ตามลำดับ (Table 2) แสดงว่าเมล็ดมะละกอมีสารประกอบที่มีความสามารถแสดงลักษณะการเป็น allelochemical ต่อพืชได้ ซึ่งสารสำคัญในเมล็ดมะละกอคือ BITC ซึ่งมีความเป็นพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์ (Utrakoon และคณะ, 2010) ดังนั้น สารนี้น่าจะเป็นสารสำคัญในการยับยั้งการแทงรากของเมล็ดพันธุ์พืชได้ ส่วนการที่ความสามารถในการแทงรากของเมล็ดลดลงต่างกัน น่าจะมีสาเหตุจากเมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดตอบสนองต่อสารสกัดจากเมล็ดมะละกอต่างกัน ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับที่เคยมีรายงานว่า สารสกัดจากเปลือกผลส้ม 11 ชนิดด้วย 80% เมทธานอล สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชทดสอบ 38 ชนิดได้แตกต่างกัน และพบว่าส้มชนิด *Citrus junos* ยับยั้งการงอกเมล็ดพืชทดสอบได้ดีที่สุด และเมล็ดพืชที่ความงอกถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์คือ เมล็ดมะเขือเทศ คื่นฉ่าย และ watercress ในขณะที่พืชทดสอบอื่นมีความงอกลดลงแตกต่างกัน สำหรับความเข้มข้นของสารสกัดส้มชนิด *C. junos* ที่ดีที่สุด คือ 27.8 มก. น้ำหนักแห้ง ต่อสารสกัด 1 ลิตร (Fujihara และ Shimizu, 2003) นอกจากนี้ Khanh และคณะ (2005) รายงานว่า สารที่สกัดจากพืชสมุนไพรและพืชในกลุ่ม legumes 6 ชนิด (*Alocasia cucullata Helianthus tuberosus Nerium oleander Passiflara incarnate Sophora japonica* และ *Stylosanthes guianesis*) ที่พบเจริญทั่วไปในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีประสิทธิภาพในการชะลอและยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชได้หลายชนิดแตกต่างกัน และความสามารถในการยับยั้งยังขึ้นอยู่กับส่วนของพืชที่นำมาสกัด โดยสารสกัดของพืชทั้ง 7 ชนิดยับยั้งการงอกของเมล็ด *Nerium oleander* (Radish) ได้ดีกว่าพืชทดสอบอีก 5 ชนิด ทั้งนี้น่าจะมาสาเหตุจากพืชแต่ละชนิดมีองค์ประกอบหลักของสารเคมีแตกต่างกันเช่น *A. cucullata* (Chinese taro) มีสาร oxalic acid และ asparagines และ *P. incarnate* (Passionflower) มีสาร apigenin luteolin kaempferol และ quercetin เป็นต้น จึงทำให้มีประสิทธิภาพแตกต่างกัน

จากผลการทดลอง (Table 2) พบว่า สารสกัดจากเมล็ดมะละกอยับยั้งการแทงรากของเมล็ดพันธุ์ข้าวได้น้อยที่สุด ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีความทนทานต่อสารสกัดของเมล็ดมะละกอได้กว่าพืชใบเลี้ยงคู่ ดังนั้น สารสกัดจากเมล็ดมะละกอน่าจะมีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นสารกำจัดวัชพืชได้โดยเฉพาะเมล็ดวัชพืชใบกว้าง ซึ่งขณะนี้กำลังอยู่ในระหว่างการทดสอบเพิ่มเติม

Table 1 Effect of crude extract from papaya seed on the germination of 5 crop species

crop species	Concentrations			
	0 ppm (water)	0 ppm (0.5% ethanol)	1,000 ppm	5,000 ppm
Tomato	75.67	80.00	52.00	40.67
Cucumber	70.67	62.33	38.50	32.33
Sesame	88.33	82.33	74.00	47.00
Mung bean	100	100	76.00	72.00
Rice	90.00	88.67	78.00	73.36

Table 2 Effect of crude extract from papaya seed at 5,000 ppm on the decreasing of radicle emergence of 5 crop species

crop species	Germination (%)		Decreasing of radicle emergence*
	0 ppm (0.5% ethanol) (A)	5,000 ppm (B)	(%)
Tomato	80.00	40.67	49.16
Cucumber	62.33	32.33	48.13
Sesame	82.33	47.00	42.91
Mung bean	100	72.00	28.00
Rice	88.67	73.67	16.91

* % decreasing of radicle emergence = [(A-B) / A] x 100

สรุปผล

สารสกัดจากเมล็ดมะละกอด้วยเอทธานอลตั้งแต่ 1,000 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการแทงรากของเมล็ดพืชใบเลี้ยงคู่ 4 ชนิด ได้ดีกว่าข้าว (ใบเลี้ยงเดี่ยว) และประสิทธิภาพของสารสกัดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น การนำสารสกัดเมล็ดมะละกอมาทดสอบเพิ่มเติมกับเมล็ดวัชพืชโดยตรงน่าจะได้ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อการพัฒนาเป็นสารกำจัดวัชพืชได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Adebiyi, A., Adaikan, P.G. and Prasad, R.N.V., 2003, Tocolytic and Toxic Activity of Papaya Seed Extract on Isolated Rat Uterus, Life Science, 74(5): 581-592.

Fujihara, S. and Shimizu, T., 2003, Growth Inhibitory Effect of Peel Extract from *Citrus junos*, Plant Growth Regulation, 39: 223-233.

Khanh, T.D., Hong, N.H., Xuan, T.D. and Chung, I.M., 2005, Paddy Weed Control by Medicinal and Leguminous Plants from Southeast Asia, 24: 421-431.

Utrakoon, S.,Photchanachai, S., Laohakunjit, N. and Vichitsoonthonku, T., 2010, Control of *Aspergillus flavus* with Essential Oil and Solvents Extract of *Carica papaya* L. Seeds, Asia Pacific Symposium 2010, August 2-4, 2010, Redisson Hotel, Bangkok, Thailand

www.wikipedia.org [Online], Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Allyl_isothiocyanate#cite_ref-Ullmann_0-0 [19/ June/11].

การพัฒนาชุดตรวจสอบไวรัสใบหงิกของข้าวด้วย Immunochromatographic Assay

Developing of Rice Ragged Stunt Virus Test Kit Using Immunochromatographic Assay

วิชชุดา รัตนากาญจน์[1] รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์[1] และ วันพร เข็มมุกด์[1]

Rattanakarn, W.[1], Dhitikiattipong, R.[1] and Khemmuk, W.[1]

Abstract

Gold labeled IgG flow test (GLIFT) was developed as test kit for rice ragged stunt virus (RRSV) detection based on immunochromatographic assay. Accuracy, convenience and rapid detection are the novel properties of this technique. The GLIFT kit will be very useful for varietal screening in breeding program, forecasting and early warning of rice ragged stunt virus epidemic. The RRSV IgG was purified and tested by dot immunobinding assay (DIBA) to obtain the proper concentration for using in GLIFT kit. IgG was conjugated with colloidal gold and amount of 100 - 120 µl (6.6 µl/cm) of IgG conjugated gold were used for lining on 15 - 18 cm conjugated release pad (CRP). Control line and test line were made on nitrocellulose membrane using 40 µl (2.2 µl/ cm) of goat anti-rabbit (GAR) and IgG respectively. The appearance of color on both test line and control line indicated positive result. While no color was shown on the test line in case of negative result. GLIFT kit were tested for their efficacy to detect RRSV from infected rice leaves and viruliferous brown planthoppers. Satisfactory result was obtained with color gradually appeared on control line and test line within 5 - 10 minutes.

Keywords: rice ragged stunt virus, detection, immunochromatographic assay, gold labeled IgG flow test (GLIFT), test kit

บทคัดย่อ

การนำเทคนิค Gold labeled IgG flow test (GLIFT) มาพัฒนาและปรับใช้เป็นชุดตรวจสอบไวรัสใบหงิกของข้าว (RRSV) ด้วยวิธี immunochromatographic assay ที่สามารถตรวจสอบได้แม่นยำ ใช้ง่าย สะดวกและอ่านผลได้รวดเร็ว ทำการเตรียมและทดสอบคุณภาพ IgG ของไวรัสใบหงิก ด้วยวิธี dot immunobinding assay (DIBA) เตรียม gold conjugated IgG โดยนำอนุภาคทองในสารละลายอนุภาคทองแขวนลอย (colloidal gold) มาเชื่อมต่อกับ IgG ของ RRSV และเตรียม conjugated release pad (CRP) โดยใช้ gold conjugated IgG ปริมาตร 100 - 120 ไมโครลิตรต่อ 15 - 18 เซนติเมตร (6.6 ไมโครลิตร ต่อเซนติเมตร) ทำเส้น control line ด้วย goat anti-rabbit (GAR) และ test line ด้วย IgG ของ RRSV ปริมาณ 40 ไมโครลิตรต่อ 2.5 X 18 เซนติเมตร (2.2 ไมโครลิตรต่อเซนติเมตร) บนแผ่น nitrocellulose membrane เมื่อประกอบเป็นชุดตรวจสอบแล้ว ทำการทดสอบกับน้ำคั้นใบข้าวจากต้นข้าวที่เป็นโรคและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีเชื้อไวรัสใบหงิก พบว่า ชุดตรวจสอบ GLIFT kit ที่ได้พัฒนาปรับใช้ครั้งนี้ สามารถตรวจสอบไวรัสใบหงิกจากใบข้าวและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีเชื้อไวรัสใบหงิกได้ ที่ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างมี 1 : 10 โดยสามารถทราบผลได้ภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว คือ เส้น control line และ test line จะปรากฏสีในเวลาประมาณ 5 - 10 นาที

คำสำคัญ: ไวรัสใบหงิกของข้าว การตรวจสอบ วิธี immunochromatographic assay เทคนิค gold labeled IgG flow test (GLIFT) ชุดตรวจสอบ

คำนำ

การวินิจฉัยโรคพืชที่มีสาเหตุจากเชื้อไวรัสในพืชบางชนิด ไม่สามารถวินิจฉัยได้ด้วยสายตาหรือวิธีการใดที่ไม่ยุ่งยาก ส่วนมากจำเป็นต้องตรวจสอบด้วยเครื่องมือและสารเคมีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการตรวจสอบนั้นมีหลายขั้นตอนและต้องใช้เวลาในแต่ละขั้นตอน ทั้งนี้อาจใช้เวลาหลายวันหรือหลายเดือน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาปรับใช้วิธี enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) และพัฒนาผลิตเป็น ELISA KIT สำหรับตรวจสอบไวรัสสาเหตุโรคของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญหลายชนิด แต่การตรวจด้วย ELISA KIT นั้นมีหลายขั้นตอน และใช้เวลาในการตรวจสอบอย่างน้อยประมาณ 3 - 5 ชั่วโมง ซึ่งผู้ที่ตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะต้องมีทักษะและประสบการณ์ในการตรวจสอบ จึงมีการศึกษาพัฒนาวิธีการตรวจสอบไวรัสของพืชให้สามารถตรวจสอบได้รวดเร็ว และใช้ได้ง่ายขึ้น โดยนำวิธี immunochromatographic assay ซึ่งอาศัยหลักการทางเซรุ่มวิทยา (serology) และการไหลของปฏิกิริยา (lateral flow technique) บนแผ่นไนโตรเซลลูโลส เมมเบรนร่วมกับวิธี Lateral flow Test (LFT) มาใช้ เพื่อการตรวจวินิจฉัยโรคอย่างถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว สามารถควบคุมโรคอย่างได้ผลและมีประสิทธิภาพ สามารถดำเนินการป้องกันกำจัดโรคได้อย่างรวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์ การตรวจวินิจฉัยโรคพืชนอกจากจะต้องเป็นวิธีการที่แม่นยำ และสะดวกแล้ว ควรที่จะสามารถใช้ตรวจสอบได้เองโดยผู้ใช้ในทุกระดับ ซึ่งได้แก่ นักวิชาการ และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง รวมทั้งต้องมีราคาที่ไม่แพงมาก ทั้งนี้ได้มีการพัฒนาวิธีการตรวจสอบไวรัสของกล้วยไม้และไวรัสของมันฝรั่ง ด้วยเทคนิค gold labeled IgG flow test (GLIFT) ที่พัฒนามาจากวิธี immunochromatographic assay ทำให้การตรวจสอบไวรัสมีความสะดวกขึ้นมากและอ่านผลได้ในเวลารวดเร็ว คือ ใช้เวลา

---

[1] **สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ลาดยาว จตุจักร กทม.** 10900 **โทรศัพท์** 0-2579-3693

[1] Bureau of Rice Research and Deveopment, Rice Department, Ladyao, Chatuchack, Bangkok 10900

ในการตรวจเพียง 5 นาที (สุรภี และคณะ, 2547; กิตติศักดิ์ และคณะ, 2549) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาและนำเทคนิค GLIFT ไปปรับใช้และผลิตเป็นชุดตรวจวินิจฉัยโรคไวรัสและแบคทีเรียของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดอื่นๆ อีกหลายโรคด้วยกัน (สุรภี และคณะ, 2551)

ในกรณีของโรคข้าวที่มีสาเหตุจากไวรัสนั้น โรคที่สำคัญและมีการระบาดเป็นระยะๆ ซึ่งมักระบาดหลังจากมีการระบาดของแมลงพาหะ คือ โรคใบหงิก หรือ โรคจู๋ (Rice ragged stunt) ที่มีสาเหตุเกิดจาก Rice ragged stunt virus (RRSV) ต้นข้าวจะแสดงอาการของโรคใบหงิกที่เป็นอาการเด่นของโรค (typical symptom) หลังจากที่ได้รับการถ่ายทอดเชื้อไวรัสจากแมลงพาหะ ประมาณ 30 วัน นอกจากโรคใบหงิกแล้ว โรคเขียวเตี้ย จัดว่าเป็นอีกโรคข้าวที่มีสาเหตุจากไวรัสที่สำคัญอีกโรคหนึ่ง โรคเขียวเตี้ยมีสาเหตุเกิดจาก Rice grassy stunt virus ต้นข้าวจะแสดงอาการของโรคเขียวเตี้ยที่เป็นอาการสำคัญของโรค ประมาณ 15 - 20 วัน ซึ่งไวรัสทั้ง 2 ชนิดนี้มีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงพาหะนำโรค (insect vector) ทั้งนี้มีรายงานการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทำความเสียหายตั้งแต่ปลายปี 2552 และในช่วงเดือน มีนาคม - เมษายน 2553 พบการระบาดในเขตภาคกลาง ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วน ครอบคลุม 18 จังหวัด เป็นพื้นที่มากกว่า 2.3 ล้านไร่ โดยพบโรคใบหงิกและโรคเขียวเตี้ยในแปลงนา 11 จังหวัด จากการที่ต้นข้าวจะแสดงอาการของโรคใบหงิก ประมาณ 30 วัน และแสดงอาการโรคเขียวเตี้ย ประมาณ 15 - 20 วัน หลังจากที่ได้รับการถ่ายทอดเชื้อจากแมลงพาหะเชื้อ และใช้เวลาต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ จึงเป็นการยุ่งยากในการวินิจฉัยสำหรับเจ้าหน้าที่ในพื้นที่ รวมทั้งเกษตรกรเอง โดยเฉพาะโรคใบหงิก ซึ่งเกษตรกรที่ไม่คุ้นเคยกับโรคนี้ เสียค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ยและพ่นสารป้องกันกำจัดโรคโดยที่ไม่คุ้มค่า ทำให้เพิ่มต้นทุนการปลูกข้าวของเกษตรกร

การพัฒนาการตรวจสอบไวรัสสาเหตุโรคข้าว ได้แก่ ไวรัสใบหงิกของข้าว และไวรัสสาเหตุโรคข้าวอื่นๆ นั้น ได้มีการพัฒนาและปรับใช้เทคนิคทางเซรุ่มวิทยาหลายวิธี ได้แก่ latex agglutination test (LAT), dot immunobinding assay (DIBA), tissue blot และ enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) โดยสามารถตรวจสอบได้ทั้งจากต้นข้าวและแมลงพาหะ (Hibino และคณะ, 1982; Omura และคณะ, 1983; อมรา และคณะ, 2535) ซึ่งมีการนำมาใช้เพื่อการควบคุมโรค การทดสอบปฏิกิริยาของพันธุ์และสายพันธุ์ข้าว การคัดเลือกพันธุ์ต้านทานโรค รวมทั้งการพยากรณ์และเตือนการระบาดของโรคและแมลงพาหะ เพื่อลดความสูญเสียผลผลิตข้าว ลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลง และเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมด้วย ดังนั้นจึงทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการตรวจสอบเชื้อไวรัสใบหงิกของข้าว ด้วยวิธี imunochromatographic assay โดยการเชื่อมต่อแอนติซีรัม (IgG) ของไวรัสใบหงิกกับอนุภาคทองในสารละลายอนุภาคทองแขวนลอย (colloidal gold) ซึ่งเป็นสารที่มีสีในตัวของอนุภาค สามารถแสดงผลของปฏิกิริยาให้เห็นได้ชัดเจน เพื่อพัฒนาและปรับใช้เป็นชุดตรวจสอบ gold labeled IgG flow test (GLIFT) ในการตรวจสอบไวรัสใบหงิกของข้าว ตามวิธีของ Hampton และคณะ (1990) และวิธีของกลุ่มไวรัสวิทยา กลุ่มงานวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2550) สำหรับให้นักวิชาการและผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้ตรวจสอบได้ด้วยตนเอง โดยสามารถเห็นผลได้ในเวลาที่รวดเร็ว จะช่วยให้การควบคุมโรคได้ทันต่อเหตุการณ์ รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าว เพื่อตรวจสอบปฏิกิริยาต่อโรคใบหงิกของพันธุ์/สายพันธุ์ข้าว ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาในการทดสอบ โดยที่ไม่ต้องรอจนต้นข้าวแสดงอาการของโรคอย่างเด่นชัด รวมทั้งช่วยในการตรวจวินิจฉัยโรคในกรณีที่สงสัย หรือต้นข้าวที่แสดงอาการของโรคไม่ชัดเจน เพื่อให้สามารถตรวจวินิจฉัยโรคได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัด Immuno gamma-globulin (IgG) ของ RRSV

เตรียมแกมมาโกลบูลินที่บริสุทธิ์ จากแอนติเซรัมของไวรัสใบหงิกที่ผลิตได้ (วิชชุดา และคณะ, 2549) ด้วยการ cross – absorption ระหว่างแอนติเซรัมและน้ำคั้นจากใบข้าวปกติ และสกัดแยก IgG โดยเตรียมน้ำคั้นจากใบข้าวปกติที่บดด้วยไนโตรเจนเหลวและเติมสารละลาย phosphate buffer อัตรา 1 กรัมต่อ 20 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที เก็บน้ำใสมาหมุนเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที นาน 45 นาที เก็บตะกอนมาผสมกับน้ำใส อัตรา 1: 10 ของ buffer ที่ใช้ นำมาผสมกับ แอนติเซรัม อัตรา 0.5 : 1.0 มิลลิลิตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37°C นาน 1 ชั่วโมง นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 6,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที นำส่วนน้ำใสมาผสมกับน้ำคั้นใบข้าวจากต้นข้าวปกติ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 1 ชั่วโมง และหมุนเหวี่ยงอีก 3 ครั้ง นำมาผสมกับสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตที่อิ่มตัว นำไปปั่นที่ 6,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที นำสารละลายใส่ใน cellulose tube และ dialyse ใน ½ PBS (half strength PBS) นานข้ามคืน (overnight) เปลี่ยน buffer ทุกๆ 6 ชั่วโมง ทั้งหมด 3 ครั้ง นำสารละลายที่ dialyse แล้ว มาผ่าน DEAE cellulose column ที่เตรียมโดยการผสม DEAE กับ ½ PBS ใส่ลงใน pipette ขนาด 10 มิลลิลิตร ที่ตัดปลายและจับด้วย stand ให้อยู่ในลักษณะตั้งฉากกับพื้น โดยมีความสูงของ DEAE cellulose column ประมาณระดับ 4 - 5 มิลลิลิตร ของ pipette เก็บสารละลาย IgG ที่ผ่าน column ลงมาในหลอดที่รองรับอยู่ ปริมาตรหลอดละ 1 มิลลิลิตร ทั้งนี้รักษาระดับปริมาตรของ ½ PBS ที่อยู่ส่วนบนของ column ให้มีปริมาตรเท่ากับความสูงของ column โดยการเติม ½ PBS เป็นระยะๆ วัดความเข้มข้นของ IgG แต่ละหลอด ด้วย spectophptometer ที่ 280 nm และปรับความเข้มข้นของ IgG ให้มีค่าเป็น 1.4 เพื่อให้มีความเข้มข้นของโปรตีนเท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เก็บ IgG ไว้ในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ –20 °C

2. การทดสอบคุณภาพและความเข้มข้นของ IgG ของ RRSV ด้วยวิธี DIBA : ทดสอบคุณภาพของ IgG ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการตรวจสอบไวรัสใบหงิก โดยวิธี dot Immunoinding assay (DIBA) ใช้ nitrocellulose membrane (NCM) รองรับปฏิกิริยา โดยการ

ทดสอบปฏิกิริยาระหว่างสารละลายของ IgG ที่เจือจางใน phosphate buffer กับน้ำคั้นจากใบและกาบใบข้าวที่เป็นโรค ความเข้มข้นของ IgG ที่ทำการทดสอบคือ 1:10, 1:100, 1:1,000, 1:5,000 และ 1:10,000 หยดน้ำคั้นจากใบข้าวที่เป็นโรคและใบข้าวปกติ (สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบ) ลงบนแผ่น NCM แล้วนำไปจุ่มในสารละลาย phosphate buffer saline (PBS), pH 7.2 จากนั้นนำแผ่น NCM ไปแช่ในสารละลาย IgG ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในสารละลาย PBS ที่มี Tween 20 เข้มข้น 0.5% (PBS-T) และมี Skimmed milk ผสมอยู่ด้วยเข้มข้น 5% บ่มที่อุณหภูมิ 4 °C นานข้ามคืน (overnight) เขย่าเบาๆ ตลอดเวลา ล้างส่วนเกินของ IgG ออก โดยแช่แผ่น NCM ในสารละลาย PBS-T ที่มี Skimmed milk เข้มข้น 5% เขย่าเบาๆ ตลอดเวลา ทั้งหมด 3 ครั้ง แต่ละครั้งนาน 10 นาที บ่มแผ่น NCM ในสารละลาย goat anti-rabbit serum conjugate ที่เจือจาง 1: 5,000 นาน 2 ชั่วโมง ล้างแผ่น NCM ในสารละลาย PBS-T เขย่าเบา ตลอดเวลา ทั้งหมด 3 ครั้ง แต่ละครั้งนาน 10 นาที นำแผ่น NCM แชในสารละลาย BCIP/NBT เขย่าเบาๆ จนกระทั่งสีของแถบโปรตีนที่เกิดขึ้นชัดเจน ล้างแผ่น NCM ในน้ำกลั่นและวางบนกระดาษซับจนแห้ง ตรวจปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น พบว่า IgG ที่ผลิตได้สามารถตรวจหาไวรัสโรคใบหงิกของข้าว และค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมในการตรวจสอบด้วยวิธี DIBA คือ 1:1,000

3. **การเตรียม** Gold conjugated IgG : ติดฉลาก IgG ของ RRSV ด้วยอนุภาคทอง โดยนำ IgG ของ RRSV 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายอนุภาคทองแขวนลอย (colloidal gold) (ของ Heron Diagnostic, บริษัทไบโอจีโนเมท จำกัด ผู้แทนจำหน่าย) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร นำมากวนด้วย magnetic stirrer นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เติมสารละลาย bovine serum albumin (BSA) ที่เข้มข้น 10% กวนเบาๆ อีก 30 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงเพื่อตกตะกอน IgG ที่ติดสลากด้วยอนุภาคทอง (gold particle labeled IgG) ที่ 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดน้ำใสทิ้งแล้วละลายตะกอนด้วย gold diluted buffer pH 7.4 ให้มีปริมาณ 5000 - 600 ไมโครลิตร จะมีความเข้มข้นของสารละลายเป็น 0.5 ที่ OD 540 เติมsucroseในอัตรา 20% เขย่าเบาๆ ให้ละลายจนหมด

4. **การเตรียมแผ่น** conjugated release pad (CRP) : ตัดแผ่น CRP (วัสดุเป็น cotton linters paper) ให้มีขนาดกว้างประมาณ 0.8 – 1.0 เซนติเมตร ยาวประมาณ 15 - 18 เซนติเมตร วางลงบนกระดาษขาวที่สะอาด ใช้พู่กันเบอร์ 0 จุ่ม gold conjugated IgG ป้ายลงบน CRP ตรงกึ่งกลางแผ่น โดยใช้ gold conjugated IgG ปริมาณ 100 - 120 ไมโครลิตรต่อ 15 - 18 เซนติเมตร นำไปอบแห้งที่ 37°C นาน 2 ชั่วโมง ห่อด้วยอลูมินั่มฟอล์ย เก็บไว้ในที่แห้ง

5. **การทำเส้น** test line **และ** control line : นำแผ่น NCM (วัสดุเป็น S&S – AE 99, size 8 ไมโครเมตร) ขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ตัดให้มีความยาว 18 เซนติเมตร (ขึ้นกับขนาดของ backing) ทำเครื่องหมายด้วยดินสอที่ด้านบนของแผ่น เป็นตำแหน่ง control line ที่อยู่ห่างจากริมด้านบนของแผ่น NCM 1 เซนติเมตร และเส้น test line อยู่ถัดลงมาจาก control line 0.5 เซนติเมตร ใช้ปากกาหมึกซึม (ขนาดของปาก 0.5 - 0.7 มิลลิเมตร) จุ่ม goat anti-rabbit (GAR) ที่เข้มข้นอัตรา 1: 3 ปริมาณ 40 ไมโครลิตรต่อแผ่น ลากเส้น control line โดยใช้ไม้บรรทัดวางเป็นแนวเส้นตรง โดยลากเส้นจากซ้ายไปทางขวาช้าๆ จนสุดปลาย NCM หากปากกาแห้งให้จุ่ม GAR ใหม่ แล้วลากเส้นต่อให้ขนาดเส้นที่เปียกบนแผ่น NCM มีขนาดเท่าๆ กันทั้งเส้น ใช้ปากกาด้ามใหม่ (ขนาดเดียวกัน) จุ่มซับ IgG ของ RRSV ที่เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 40 ไมโครลิตรต่อแผ่น ลากเส้น test line ปฏิบัติเช่นเดียวกันกับ control line นำไปอบแห้งที่ 37°C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง

6. **การประกอบชุดตรวจสอบ** GLIFT kit (Figure 1): นำแผ่น backing หรือ พลาสติก ขนาด 11X18 เซนติเมตร ที่เคลือบกาวไว้ 1 ด้าน

- ลอกกระดาษปิดกาวตรงกลางที่ตำแหน่งของ NCM ออก และวางแผ่น NCM แนบลงไปให้เรียบ
- ลอกกระดาษปิดกาวออกตรงตำแหน่งของ CRP วางแผ่น CRP ให้เกยทับ NCM ประมาณ 1 - 2 มิลลิเมตร แนบลงไปให้เรียบ
- ลอกกระดาษปิดกาวตรงตำแหน่งของ Sample application pad (SAP) ออก และวางแผ่น SAP เกยแผ่น CRP 1 - 2 มิลลิเมตร แนบลงไปให้เรียบ
- ลอกกระดาษปิดกาวตรงตำแหน่งของ absorbing pad (Wick) ออก และวางแผ่น Wick เกยทับแผ่น NCM 1 - 2 มิลลิเมตร แนบลงไปให้เรียบ
- ตัดด้วยที่ตัดกระดาษให้มีความกว้างเป็น 0.42 – 0.45 เซนติเมตร บรรจุชุดตรวจสอบลงตลับ ทดสอบคุณภาพกับตัวอย่างน้ำคั้นพืชที่เจือจาง 1: 10 เท่า
- เก็บ GLIFT kit ไว้ในถุงอลูมินั่มฟอล์ย และเก็บที่อุณหภูมิห้องที่แห้ง

หมายเหตุ ในกรณีตัวอย่างที่ตรวจสอบมีไวรัสใบหงิก control line และ test line จะปรากฏสี หากไม่มีไวรัสใบหงิกจะปรากฏสีเฉพาะ control line เท่านั้น (Figure 2)

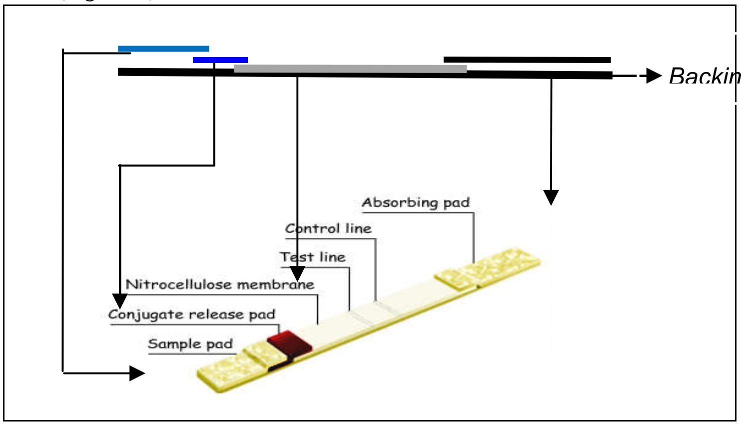


Figure 1 Diagram of GLIFT kit composition

7. การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบคุณภาพชุดตรวจสอบ GLIFT kit : บดตัวอย่างใบข้าวจากต้นข้าวที่เป็นโรคใบหงิกและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีเชื้อไวรัสใบหงิกในสารละลาย extraction buffer ได้แก่ phosphate buffer saline pH 7.4 และ phosphate buffer saline pH 6.5 ที่เติม 2% PVP ตามลำดับ อัตรา 1 : 10 (ตัวอย่างใบข้าวหรือแมลง : buffer) โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างใบข้าวจากต้นข้าวที่ไม่เป็นโรค (healthy plant) และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ไม่มีไวรัสใบหงิก (healthy insect) ในการทดสอบคุณภาพของชุดตรวจสอบไวรัสใบหงิกที่พัฒนาได้ในครั้งนี้ โดยหยดตัวอย่างน้ำคั้นใบข้าวและสารละลายแมลงลงในชุดตรวจสอบ GLIFT ตัวอย่างละ 3 - 4 หยด ตรวจผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัด Immuno gamma-globulin (IgG) ของ RRSV นำ IgG ที่ได้มาปรับให้มีความเข้มข้นของโปรตีนเท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วทำการทดสอบคุณภาพของ IgG ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการตรวจสอบไวรัสใบหงิก โดยวิธี DIBA พบว่า IgG ที่ผลิตได้สามารถตรวจหาไวรัสโรคใบหงิกของข้าวและมีค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมในการตรวจสอบด้วยวิธี DIBA คือ 1:1,000

นำ IgG ที่เตรียมได้ไป conjugate กับสารละลายอนุภาคทองแขวนลอย (colloidal gold) ได้เป็น IgG ที่ติดสลากด้วยอนุภาคทอง (gold conjugated IgG or gold particle labeled IgG) ทำการเตรียมแผ่น CRP โดยใช้ภู่กันจุ่มและป้ายลงบนแผ่น CRP ปริมาณ 100 - 120 ไมโครลิตร/แผ่น (15 - 18 เซนติเมตร) แล้วนำไปอบแห้ง ที่ 37ºC นาน 2 ชั่วโมง ห่อด้วยอลูมินั่มฟอล์ย เก็บไว้ในที่แห้ง จากนั้นได้นำแผ่น NCM มาทำเส้น test line และ control line โดยใช้ปากกาหมึกซึมจุ่ม GAR ลากเส้น control line เป็นแนวเส้นตรง จากซ้ายไปทางขวาสุดปลาย NCM แล้วใช้ปากกาด้ามใหม่จุ่ม IgG ของ RRSV ลากเส้น test line ปริมาณ 40 ไมโครลิตร/แผ่น จากนั้นนำไปอบแห้งที่ 37ºC เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง นำแผ่น CRP ที่ป้ายด้วย IgG ที่ติดสลากด้วยอนุภาคทอง และแผ่น NCM ที่ได้ลากเส้น test line และ control line มาประกอบเป็นชุดตรวจสอบ บนแผ่น backing โดยประกอบร่วมกับแผ่น SAP และแผ่น wick เป็นชุดตรวจสอบ GLIFT kit

เมื่อนำชุดตรวจสอบ GLIFT kit มาทำการตรวจสอบไวรัสใบหงิกในน้ำคั้นจากใบข้าวของต้นข้าวที่เป็นโรคใบหงิก ต้นข้าวปกติ และสารละลายไวรัสที่บริสุทธิ์ที่เจือจางในสารละลาย phosphate buffer pH 7.4 อัตรา 1 : 100 พบว่า ชุดตรวจสอบ GLIFT kit ที่พัฒนาในครั้งนี้สามารถตรวจสอบไวรัสใบหงิกจากตัวอย่างน้ำคั้นใบข้าวที่เป็นโรคใบหงิกที่ความเข้มข้น 1 : 10 และสารละลายไวรัสที่บริสุทธิ์ที่ความเข้มข้น 1 : 100 โดย test line ปรากฏสีขึ้นมา เช่นเดียวกับ control line ภายในระยะเวลาประมาณ 5 นาที โดยที่ตัวอย่างน้ำคั้นใบข้าวจากต้นข้าวปกติ ปรากฏเฉพาะ control line (Figure 3) ทั้งนี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นยังไม่ชัดเจนเท่าที่ควร อาจเนื่องจากในขั้นตอนการสกัด IgG ของ RRSV ที่ใช้สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตที่อิ่มตัวในการตกตะกอน IgG แล้วทำการ dialyse ใน ½ PBS นั้น แอมโมเนียมซัลเฟตละลายออกไปไม่หมด จึงมีผลกับการ conjugate ของ IgG กับอนุภาคทอง เนื่องจาก colloidal gold ตกตะกอน ทำให้การ conjugate ของ IgG และอนุภาคทองไม่ดีเท่าที่ควร สังเกตได้จากสีของสารละลายที่เปลี่ยนไป ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจึงไม่ชัดเจนเท่าที่ควร ทั้งนี้ควรนำ IgG ไป dialyse ใน ½ PBS ใหม่ เพื่อทำให้ IgG สะอาดและมีคุณภาพขึ้น นอกจากนี้ในขั้นตอนการเตรียม Gold conjugated IgG ควรเพิ่มเวลามากขึ้นในการเชื่อมต่อ(conjugate) โดยกวนสารละลายของ IgG และสารละลายอนุภาคทองแขวนลอย ทั้งก่อนและหลังเติม BSA เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการสัมผัสของ IgG และอนุภาคทองดีขึ้น ทำให้การติดฉลากดีขึ้นด้วย แต่ชุดตรวจสอบนี้สามารถตรวจพบไวรัสใบหงิกในตัวอย่างน้ำคั้นแมลง ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลา 8 วัน ที่แมลงดูดกินต้นเป็นโรคนั้น เชื้อไวรัสได้เพิ่มปริมาณมากเพียงพอที่แมลงจะถ่ายทอดโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Figure 3)

สรุปผล

การพัฒนาชุดตรวจสอบ GLIFT kit เพื่อตรวจสอบไวรัสใบหงิกของข้าวในครั้งนี้ สามารถตรวจสอบไวรัสใบหงิกจากตัวอย่างน้ำคั้นใบข้าวที่เป็นโรคใบหงิกที่ความเข้มข้น 1 : 10 โดย test line และ control line ปรากฏสีภายในระยะเวลาประมาณ 5 นาที ดังนั้นเทคนิค Gold labeled IgG flow test (GLIFT) นี้ สามารถนำมาปรับใช้ในการผลิตชุดตรวจสอบ GLIFT kit เพื่อตรวจหาไวรัสใบหงิกของข้าว เพื่อให้นักวิชาการ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคใบหงิกของข้าวได้ด้วยตนเอง รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวต้านทานโรคใบหงิก และมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาให้สามารถตรวจสอบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่นำไวรัสใบหงิก สำหรับเตือนการระบาดของโรคใบหงิก รวมทั้งพัฒนาชุดตรวจสอบโรคไวรัสข้าวอื่นๆ ด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ นางสาวเยาวภา ตันติวานิช และนางณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการดำเนินงานทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2550, การผลิตชุดตรวจสอบไวรัสพืช (GLIFT kit) เพื่อใช้เอง, เอกสารประกอบการฝึกอบรม, 13 - 14 ธันวาคม 2550, กลุ่มงานไวรัสวิทยา กลุ่มงานวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 50 หน้า.

กิตติศักดิ์ กีรติยะอังกูร สุรภี กีรติยะอังกูร และเยาวภา ตันติวานิช, 2549, GLIFT Kit เพื่อการตรวจสอบเชื้อ Potato Virus Y ในมันฝรั่ง, วารสารวิชาการเกษตร, 24 (2): 168-177.

วิชชุดา รัตนากาญจน์ ดารา เจตนะจิตร และเยาวภา ตันติวานิช, 2549, การผลิตแอนติเซรัมสำหรับตรวจสอบไวรัสโรคใบหงิกของข้าว, หน้า 95-99, *ใน* : เรื่องย่อ การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว, สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร.

สุรภี กีรติยะอังกูร วันเพ็ญ ศรีทองชัย ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล และเยาวภา ตันติวานิช, 2551, โครงการผลิต GLIFT kit เพื่อตรวจวินิจฉัยโรคไวรัสและแบคทีเรียของพืชเศรษฐกิจเชิงพานิชย์, รายงานผลวิจัยเรื่องเต็ม กรมวิชาการกษตร, 67 หน้า.

สุรภี กีรติยะอังกูร ขนิษฐา วงศ์วัฒนารัตน์ และกิตติศักดิ์ กีรติยะอังกูร, 2547, ชุดตรวจสอบโรคไวรัสกล้วยไม้ในกล้วยไม้, วารสารโรคพืช, 18(12): 1-14.

อมรา สนิมทอง เมธี ปุตตะ ดารา เจตนะจิตร วิชชุดา รัตนากาญจน์ จรรยา อารยาพันธ์ และสมคิด ดิสถาพร, 2535, การตรวจสอบปริมาณแมลงพาหะนำเชื้อไวรัสของข้าวด้วยวิธีทางเซรุ่มวิทยา, หน้า 64-71, *ใน:* รายงานผลงานวิจัย พ.ศ. 2535, กลุ่มงานวิจัยโรคข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

Hampton, H., Ball E. and Boer S.D., 1990, Serological Methods for Detection and Identification of Viral and Bacterial Plant Pathogens, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, U.S.A. 389 p.

Hibino, H. and Kimura, I., 1982. Detection of Rice Ragged Stunt Virus in Insect Vector by Enzyme-linked Immunosorbent Assay, Phytopathology 72: 656-659.

Omura, T., Minobe, Y., Kimura I., Hibino, H., Tsuchizaki, T. and Saito, Y., 1983, Improved Purification Procedure and RNA Segments of Rice Ragged Stunt Virus. Annals of the Phytopathological Society of Japan, 49(5): 670-675.

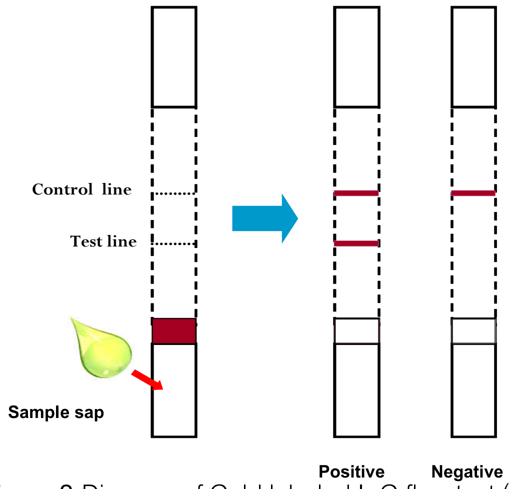


Figure 2 Diagram of Gold labeled IgG flow test (GLIFT)

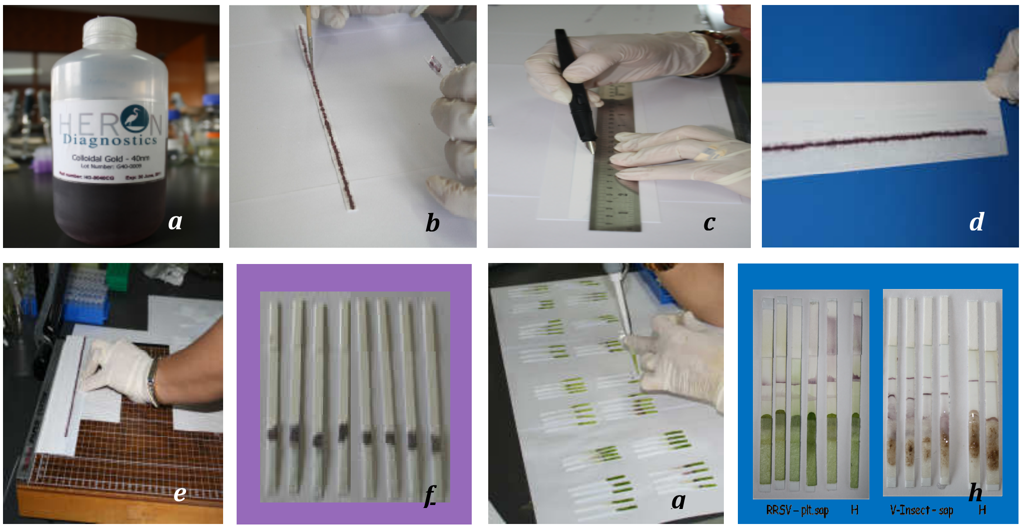


Figure 3 GLIFT kit for RRSV detection

a : colloidal gold b : preparing of gold conjugated IgG pad

c : GAR and RRSV-IgG lining d,e,f : assemble for GLIFT stripe

g : RRSV detection from sap of diseased plant and viruliferous insect

h : RRSV-rice leaves and viruliferous insect saps are positive result

สาร β-glucan ในเห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนู

A β-glucan from short and long-stalked *Pleurotus abalonus* Han, *Pleurotus eous* and *Auricularia auricula* (Hook.) Underw.

ธนภักษ์ อินยอด[1] สุพัตรา เปี่ยมวารี สรวิศ แจ่มจำรูญ วันทนา สะสมทรัพย์ สาวิตรี วีระเสถียร และ สุริวิภา สังขาร

Inyod, T.[1], Piamvaree, S., Jamjumroon, S., Sasomsaup, V., Verasathiean, S. and Sungkarn, S.

Abstract

Fruit bodies of 4 mushrooms: short and long-stalked *Pleurotus abalonus*, *Pleurotus eous* and *Auricularia auricula* cultivated in Bangkok, Ang Thong, Pathum Thani, Chai Nat, Samut Prakan, Nakhon Pathom, Rajcha Buri, Saraburi, Nakhon Ratchasima, Si Saket, Nong Bua Lamphu, Mukdahan, Maha Sarakham, Chon Buri, Phetcha Buri, Kanchanaburi, Chanthaburi, Prachuap Khiri Khan, Nakhon Sri Thamaraj and Chiang Mai were chemically evaluated in laboratory. The results revealed that the 4 mushrooms have different β-glucan contents, i.e. 39.78, 39.15, 47.11 and 56.44 g/100 g of dried samples, respectively.

Keywords: β-glucan, *Pleurotus abalonus*, *Pleurotus eous*, *Auricularia auricula*

บทคัดย่อ

การนำเห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนู ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในกรุงเทพฯ และจังหวัดอื่นๆ ได้แก่ อ่างทอง ปทุมธานี ชัยนาท สมุทรปราการ นครปฐม ราชบุรี สระบุรี นครราชสีมา ศรีสะเกษ หนองบัวลำภู มุกดาหาร มหาสารคาม ชลบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี จันทบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครศรีธรรมราช และเชียงใหม่ มาวิเคราะห์หาปริมาณสาร β-glucan ในห้องปฏิบัติการ ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าเห็ดทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณสาร β-glucan ในปริมาณสูงที่แตกต่างกัน โดยเห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนู มีปริมาณสาร β-glucan เท่ากับ 39.78, 39.15, 47.11 และ 56.44 กรัมต่อ 100 กรัมของเห็ดแห้ง ตามลำดับ

คำสำคัญ: เบต้ากลูแคน เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดนางฟ้าภูฏาน เห็ดหูหนู

คำนำ

เห็ดเป๋าฮื้อ (*Pleurotus abalonus* Han) ชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน (*Pleurotus eous*) และเห็ดหูหนู (*Auricularia auricula* (Hook.) Underw) เป็นเห็ดกินได้ สามารถเพาะได้ในถุงพลาสติก ซึ่งให้ผลดี ผลผลิตสูง (ปัญญา, 2537) นอกจากนี้เห็ดหูหนู ยังมีคุณสมบัติช่วยลดระดับไขมันในเลือด ทำให้หัวใจแข็งแรง ไม่เกิดอาการหลอดเลือดตีบตัน บำรุงสายตา เป็นยาอายุวัฒนะอีกด้วย สารสกัดจากเห็ดมีสารอยู่หลายกลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นยา เช่น สารกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide), โพลีแซคคาไรด์เปปไทคอมเพล็ค (Wang และคณะ,1996; Wasser และ Weis,1999) โพลีแซคคาไรด์ที่พบจะมีองค์ประกอบหลักเป็นสารกลุ่มกลูแคน (Glucans) และมีองค์ประกอบของสารกลุ่มอื่นๆอีกมากมาย เช่น สารกลุ่ม β- and α-glucans, mannans และ galactans โดยโพลีแซคคาไรด์ที่พบส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างเป็นแบบเส้นตรงและแบบกิ่ง บางชนิดมีสารกลุ่มน้ำตาลซึ่งเป็นสารพวก xylose, galactose, mannose หรือ ribose (Wasser, 2002) สารสกัดจากเห็ดจำนวนมาก ถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติในทางคลินิก (Liu และคณะ, 1996) ซึ่งเป็นผลมาจากสารโพลีแซคคาไรด์ในกลุ่มของ 1, 3-β-glucan หรือ β-glucan-protein complex (Yoshioka และคณะ, 1985) โพลีแซคคาไรด์บางชนิดจะมีคุณสมบัติช่วยส่งเสริมกระบวนการย่อยอาหาร (Johansson และคณะ, 2006) ทำให้สารโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดมาจากเห็ดเป็นที่ดึงดูดความสนใจของนักวิจัยในสาขาอาหารเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะสารกลุ่มโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharides), กลุ่ม β-glucans ปัจจุบันข้อมูลทางวิชาการในเรื่องคุณสมบัติของสารโพลีแซคคาไรด์จากเห็ดกินได้มีการศึกษากันน้อยมาก โดยเฉพาะเห็ดที่เพาะในประเทศไทยทำให้มีข้อมูลไม่เพียงพอ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ริเริ่มทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารโพลีแซคคาไรด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง β-glucan ของเห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนู เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปสู่การวิจัยในเชิงลึกในอุตสาหกรรมอาหาร และยาต่อไป

[1] **สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120**

[1] Thailand Institute of Scientific and Technological Research 35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang, Changwat Pathum Thani 12120 Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

เห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนู ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจากจังหวัดกรุงเทพฯ อ่างทอง ปทุมธานี ชัยนาท สมุทรปราการ นครปฐม ราชบุรี สระบุรี นครราชสีมา ศรีสะเกษ หนองบัวลำภู มุกดาหาร มหาสารคาม ชลบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี จันทบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครศรีธรรมราช และเชียงใหม่ มาล้างด้วยน้ำสะอาด นำไปเข้าตู้อบลมร้อน (TISTR) โดยใช้อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วปรับอุณหภูมิลงที่ 60°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

การวิเคราะห์หาปริมาณ β-glucan โดยใช้ Assay procedure K-YBGL 09/2009 ของ Megazyme

<u>**การวิเคราะห์หาปริมาณ** Total glucan</u>

บดตัวอย่างจำนวน 0.1 กรัม ในหลอดทดลอง หลังจากนั้นนำเข้าโถดูดความชื้น และวัดความชื้น หลังจากนั้นนำมาเติมกรด HCl (37% v/v) 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี นำไปต้มในอ่างน้ำร้อน เป็นเวลา 45 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่อยู่ในหลอดทดลองไปต้มต่อในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 100°C ประมาณ 5 นาที ต้มต่อ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นเอาออกจากอ่างน้ำร้อน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติม 2 N KOH 10 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนที่เป็นของเหลวมา 0.1 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์ที่ผสมกันระหว่าง exo 1,3-β-glucanase + β-glucosidase ใน 200 mM Sodium acetate buffer (pH 5) 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันดี บ่มที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นเติม glucose oxidase/peroxidase mixture (GOPOD) 3 มิลลิลิตร บ่มต่อ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 40 °C วัดค่า Absorbance ในสารละลายตัวอย่าง โดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 nm เทียบกับ Reagent Blank นำค่า Absorbance ที่ได้ไปคำนวณในโปรแกรมช่วยคำนวณของ Megazyme

<u>**การวิเคราะห์หาปริมาณ** α- glucan</u>

บดตัวอย่าง 0.1 กรัม ในหลอดทดลอง หลังจากนั้นนำเข้าโถดูดความชื้น และวัดความชื้น หลังจากนั้นนำมาเติม 2 M KOH 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีอย่างต่อเนื่อง ประมาณ 20 นาที เติม 1.2 M Sodium acetate buffer pH 3.8 ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ในแต่ละหลอดทดลอง เติมเอนไซม์ของ Megazyme 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 40ºC นาน 30 นาที กรองผ่านสำลี นำตัวอย่างมา 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม Sodium acetate buffer ความเข้มข้น 200 mM 100 ไมโครลิตรและตามด้วย GOPOD 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างดี บ่มที่ อุณหภูมิ 40ºC นาน 20 นาที วัดค่า Absorbance ในสารละลายตัวอย่าง โดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 nm เทียบกับ Reagent Blank นำค่า Absorbance ที่ได้ไปคำนวณในโปรแกรมช่วยคำนวณของ Megazyme

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตัวอย่างเห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนูที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในกรุงเทพฯ และจังหวัดอื่นๆ ได้แก่ อ่างทอง ปทุมธานี ชัยนาท สมุทรปราการ นครปฐม ราชบุรี สระบุรี นครราชสีมา ศรีสะเกษ หนองบัวลำภู มุกดาหาร มหาสารคาม ชลบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี จันทบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครศรีธรรมราช และเชียงใหม่ เมื่อนำเห็ดทั้ง 4 ชนิดมาหาปริมาณของ β-glucan โดยใช้ Assay procedure K-YBGL 09/2009 ของ Megazyme พบว่า เห็ดแต่ละชนิดมีปริมาณสาร β-glucan แตกต่างกัน โดยเห็ดสกุลนางรมทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณของสาร β-glucan ใกล้คียงกัน (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Synytsya และคณะ (2009) ที่ได้ศึกษาหาปริมาณ β-glucan จากดอกเห็ดสกุลนางรม 2 ชนิด คือ *P. ostreatus* และ *P. eryngii* โดยการสกัดโดยใช้น้ำร้อน และด่าง พบว่ามีปริมาณ non-starch glucan อยู่ในช่วงระหว่าง 33.6-66.4% อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ซึ่งพบว่าเห็ดหูหนูมีปริมาณสาร β-glucan สูงที่สุดถึง 56.44 กรัมต่อ 100 กรัมของเห็ดแห้งในกลุ่มเห็ดที่ใช้ทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากในเห็ดหูหนูมีสารอาหารส่วนใหญ่เป็นกลุ่มคาร์โบไฮเดรค (สุนันท์, 2526) ซึ่งคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้ประกอบไปด้วยโพลีแซคคาไรด์และไกลโคโปรตีน เป็นองค์ประกอบหลัก จึงทำให้พบสาร β-glucan สูงในเห็ดหูหนู

สรุปผล

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร β-glucan ของเห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนูที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในกรุงเทพฯ และจังหวัดอื่นๆ ได้แก่ อ่างทอง ปทุมธานี ชัยนาท สมุทรปราการ นครปฐม ราชบุรี สระบุรี นครราชสีมา ศรีสะเกษ หนองบัวลำภู มุกดาหาร มหาสารคาม ชลบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี จันทบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครศรีธรรมราช และเชียงใหม่ พบว่าเห็ดทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณสาร β-glucan ในปริมาณสูงที่แตกต่างกัน เห็ดหูหนูมีปริมาณ

สาร β-glucan สูงที่สุดถึง 56.44 กรัมต่อ 100 กรัมของเห็ดแห้ง จากผลการศึกษานี้จะเห็นว่าเห็ดเป๋าฮื้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดหูหนู ซึ่งเป็นเห็ดที่เพาะเลี้ยงได้ทั่วไป มีสารโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นประโยชน์ และมีปริมาณสูง ดังนั้นสารโพลีแซคคาไรด์ที่พบจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินคุณสมบัติในทางยาของเห็ดเหล่านี้ต่อไป เนื่องจากสารโพลีแซคคาไรด์ โดยเฉพาะสาร β-glucan เป็นสารที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน แอนติออกซิแดนซ์ ระงับการปวด (Bobek และ Galbavy, 2001; Smiderle และคณะ, 2008) นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษายังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางได้อีกด้วย ดังนั้นหากรับประทานเห็ดเหล่านี้ร่วมกับอาหารที่มีประโยชน์ชนิดอื่นๆ ร่างกายจะได้รับสารอาหารที่มีประโยชน์และมีสุขภาพที่แข็งแรงมากยิ่งขึ้น

Table 1 Polysaccharide contents in edible mushroom. Data are as g/100 g on a dry basis

Mushroom samples	Polysaccharides		
	Total-glucan	α-glucan	β-glucan
short-stalked *Pleurotus abalones*	45.71±1.69	5.94±0.02	39.78±1.67
long-stalked *Pleurotus abalones*	44.13±1.64	4.97±0.16	39.15±1.63
Pleurotus eous	47.11±1.64	1.91±0.03	47.11±1.64
Auricularia auricula	61.98±1.53	5.54±0.13	56.44±1.18

เอกสารอ้างอิง

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ และกิตติพงษ์ ศิริวานิชกุล, 2537, เทคโนโลยีการเพาะเห็ด, สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ, 421 น.

สุนันท์ พงษ์สามารถ, 2526, การสำรวจคุณค่าอาหารของเห็ด, รายงานการวิจัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, หน้า 8-14.

Bobek, P. and Galbavy, S., 2001, Effect of Pleuran (β-glucan from *Pleurotus ostreatus*) on the Antioxidant Status of the Organism and on Dimethylhydrazine-induced Precancerous Lesions in Rat Colon, British Journal of Biomedical Sciences, 58: 164–168.

Johansson, L., Virkki, L., Anttila, H., Esselstrom, H., Tuomainen, P. and Sontag-Strohm, T., 2006, Hydrolysis of β-glucan, Food Chemistry, 97:71–79.

Liu, F., Ooi, V.E.C., Liu, W.K. and Chang, S.T., 1996, Immunomodulation and Antitumor Activity of Polysaccharide-protein Complex from the Culture Filtrates of a Local Edible Mushroom, *Tricoloma lobayense*, Genetic Pharmacy, 27: 621-624.

Smiderle, F.R., Olsen, L.M., Carbonero, E.R., Baggio, C.H., Freitas, C.S. and Marcon, R., 2008, Anti-inflammatory and Analgesic Properties in a Rodent Model of a (1-3),(1-6)-linked β-glucan Isolated from *Pleurotus pulmonarius*, European Journal of Pharmacology, 597: 86–91.

Synytsya, A., Mickova, K., Synytsya, Al., Jablonsky, I., Spevacek, J., Erban, V., Kovarikova, E. and Copikova, J., 2009, Glucans from Fruit Bodies of Cultivated Mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* : Structure and Potential Prebiotic Activity, Carbohydrate Polymers, 76: 548-556.

Wang, J., Kane, S.A., liu, J., Sinyth, M.R. and Rogers, K., 1996, Mushroom Tissue Based Biosensor for Inhibitor Momitoring, Food Technology Biotechnology, 34(1): 51-55.

Wasser, S.P. and Weis, A.L., 1999, Medicinal Properties of Substances Occurring in Higher Basidiomycetes Mushrooms: Currcntperspective, Intenational Journal of Medicinal Mushrooms, 1: 31-62.

Wasser, S.P., 2002, Medicinal Mushrooms as a Source of Antitumor and Immunomodulating Polysaccharides, Application of Microbiological Biotechnology, 60: 258–274.

Yoshioka, Y., Tabeta, R., Saito, H., Uehara, N. and Fukcoka, F., 1985, Antitumor Polysaccharides from *P. ostreatus* (Fr.) Quel.: Isolation and Structure of a β-glucan, Carbohydrate Research, 140: 93-100.

การศึกษาผลของเอนไซม์เซลลูเลสต่อคุณสมบัติทางกายภาพของฝ้าย
The Effects of Cellulases to Physical Properties of Cotton Fiber

สุพรรณี อะโอกิ[1] และ จาตุรงค์ จงจีน[1]
Aoki, S.[1] and Jongjeen, J.[1]

Abstract

The objectives of this research for study of *Acremonium* sp. cellulases effects to physical property improvement and characterization of cotton fiber. The improvement and characterization of cotton fiber was take photos using light microscope and scanning electron microscope (SEM). The *Acremonium* sp. was cultured on Potato Dextrose Agar (PDA) medium. The amount of total protein was measured using Folin-Lowry method (1951). The average of protein amount of supernatant was calculated as 0.013 μg/ml. For comparative study on physical characterization properties of cotton fiber, soaked 10 pieces of cotton (5 cm each long) in DW and crude cellulases solution concentrated as 100 500 1,000 5,000 and 10,000 ppm at 30, 40, 50^{O}C for 15 and 30 min. The cotton fiber was washed with D.W. and leave at room temperature still dry. The cotton color was changed from cream to white, smooth and soft touch feeling. The tested results show that the piece of cotton soaked in 10,000 ppm cellulases solution incubated as 45^{O}C for 30 min is the best condition for cotton improvement.

Keywords: cellulases, cotton fiber

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์เซลลูเลสจาก *Acremonium* sp. ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย โดยนำตัวอย่างเส้นใยฝ้ายมาถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เลี้ยงเชื้อ *Acremonium* sp. บนอาหารสังเคราะห์สูตร Potato Dextrose Agar (PDA) นำมาวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Folin-Lowry (1951) พบว่าวัดได้เฉลี่ย 0.013 μg/ml ทำการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย โดยตัดเส้นใยฝ้ายยาว 5 เซนติเมตร จำนวน 10 เส้น แช่ในน้ำกลั่นและสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส ระดับความเข้มข้น 100 500 1000 5000 และ 10,000 ppm ที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 30 นาที ทิ้งไว้ให้แห้ง พบว่า เส้นใยฝ้ายที่แช่ในสารละลายเซลลูเลส ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ให้ผลการปรับสภาพเส้นใยฝ้ายดีที่สุด เส้นใยเปลี่ยนจากสีครีมเป็นสีขาวสดใส เส้นใยเรียงตัวสม่ำเสมอ มีลักษณะอ่อนนุ่ม แสดงว่า เอนไซม์เซลลูเลสมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและย่อยสลายเซลลูโลสบนเส้นใยฝ้ายได้

คำสำคัญ: เซลลูเลส เส้นใยฝ้าย

คำนำ

การทอผ้าถือเป็นศิลปะและหัตถกรรมหรืองานฝีมืออย่างหนึ่งที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณเป็นกรรมวิธีการผลิตผืนผ้า โดยใช้เส้นด้ายพุ่งและเส้นด้ายยืนมาขัดประสานกันจนได้เป็นผืนผ้า แต่ก่อนผู้คนในภาคอีสานจะมีการเลี้ยงไหมปลูกฝ้ายแทบทุกบ้านเป็นการผลิตใช้ในครัวเรือนและนำไปแลกเปลี่ยนกับสิ่งของที่จำเป็นในครัวเรือนที่ในหมู่บ้านตนเองขาดแคลน เสื้อผ้าที่ทำจากเส้นใยจะเป็นที่นิยมใช้กันมากกว่าเพราะสวมใส่สบาย ให้ความอบอุ่นซึมซับเหงื่อและถ่ายเทอากาศได้ดีกว่าเสื้อผ้าที่ทำจากเส้นใยประดิษฐ์ นอกจากนี้ยังมีการนำฝ้ายมาใช้เป็นวัสดุทางอุตสาหกรรม เช่น นำไปทำยางรถยนต์ เบาะที่นั่ง เชือก โดยฝ้ายจัดเป็นเส้นใยเซลลูโลสได้จากดอกของฝ้าย ผ้าที่ผลิตจากฝ้ายพันธุ์ดีเส้นใยยาว ผิวของผ้าจะเรียบเนียนและทนทาน คุณภาพของผ้าฝ้ายขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความยาวและความเรียบของเส้นใย และไม่ค่อยแข็งแรงนัก แต่เมื่อนำมาทอเป็นผ้าจะได้ผ้าที่แข็งแรง ยิ่งทอเนื้อหนาและแน่นจะยิ่งแข็งแรง ทนทาน ดูดความชื้นได้ดี เหมาะสำหรับทำผ้าเช็ดตัว

[1] สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[1] Division of Biology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

ผ้าเช็ดหน้า ผ้าฝ้ายเนื้อบางถึงเนื้อหนาปานกลาง ใช้เป็นชุดสวมในฤดูร้อนจะรู้สึกเย็นสบาย และมีคุณสมบัติเมื่อเปียกจะตากแห้งได้เร็วผ้าฝ้ายตัดเย็บง่าย ราคาไม่แพงควรเลือกผ้าฝ้ายธรรมชาติ แต่ในการทอผ้าด้วยเส้นใยจากฝ้ายยังประสบกับปัญหา ผืนผ้าที่ได้เกิดความเรียบไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร เนื่องจากเส้นใยที่ได้ยังเกิดขน เม็ดขนหรือปุ่มปมบนและมีฝุ่นละอองบนเส้นใยฝ้ายจำนวนมากเมื่อนำมาทอเข้าเป็นผืนจึงส่งผลให้ผืนผ้าที่ได้ไม่ตรงตามความพึงพอใจ และขาดความสนใจความต้องการจากลูกค้าลดน้อยลงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยฝ้ายโดยใช้สารละลายเอนไซม์เซลลูเลส เพื่อป้องกันการเกิดขน เม็ดขนหรือปุ่มปมบนเส้นใยฝ้ายที่ทำมาจากเซลลูโลสให้ลดน้อยลง เพื่อให้ผืนผ้ามีความเรียบและเป็นเงางาม สีสันสดใสและยังช่วยเพิ่มการสัมผัสและการทิ้งตัวของผ้าให้ดีขึ้นและเป็นการเพิ่มคุณภาพเส้นใยฝ้ายในการทอผ้า

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

เส้นใยฝ้ายได้รับความอนุเคราะห์จากแม่บ้านกลุ่มทอผ้า บ้านจานเขื่อง ตำบลเขื่องใน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี

ขั้นที่ 2 การสกัดเอนไซม์เซลลูเลสจากเชื้อรา *Acremonium* sp.

ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Acremonium* sp. บนอาหารสูตร Potato Dextose Agar (PDA) pH 5.5 บ่มที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 3-5 วัน หรือจนเชื้อราเจริญเต็มเพลท เมื่อเจริญโดยวัดความยาวโคโลนีประมาณ 4.5-5.5 เซนติเมตร ใช้ตัวเจาะวุ้น (cork borer) ขนาด $\emptyset$ 0.5 เซนติเมตร เจาะวุ้นบริเวณขอบนอกโคโลนีเชื้อราเจริญอยู่ ใส่ลงในอาหารเหลว Potato Dextrose Broth (PDB) จำนวน 5 ชิ้นต่อ flask นำไปเขย่าความด้วยเร็วรอบ 200 รอบ ต่อนาที ที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นดูดเชื้อที่อยู่ในอาหารเหลวปริมาตร 1,000 μl ใส่ใน Appendrop tube นำไปปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบ 13,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 10 นาที

ขั้นที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์เซลลูเลสต่อคุณสมบัติภายนอกของเส้นใยฝ้าย

เตรียมเอนไซม์เซลลูเลสที่ความเข้มข้น 100 500 1000 5000 และ 1,000ppm แล้วนำเส้นใยฝ้ายแช่ลงในเอนไซม์เซลลูเลสที่เตรียมไว้ ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 40 และ 50°C pH 6.5-7.0 ในเวลา 15 และ 30 นาที จากกนั้นทำการล้างใยผ้าด้วยน้ำสะอาดเพื่อชะล้างเอนไซม์ออกให้หมดหรืออาจใช้วิธีการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 70°C 15 นาที เพื่อให้เอนไซม์ถูกทำลายจากนั้นการตรวจสอบเส้นใยฝ้ายด้วยการสัมผัสและส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการทดลอง

ลักษณะของเส้นใยฝ้ายที่ผ่านกระบวนการทดสอบด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm อุณหภูมิ 30 40 และ50°C ที่เวลา 15 และ 30 นาที ปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระดับอุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน โดยในระดับอุณหภูมิต่ำ การทำงานของสารละลายเอนไซม์เซลลูเลสจะมีปฏิกิริยาในการย่อยสลายเส้นใยขนให้ลดลงได้น้อย แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาสูงขึ้น เอนไซม์จะมีการเข้าปฏิกิริยากับเส้นใยได้ดี จึงส่งผลให้เส้นใยเปลี่ยนจากสีครีมเป็นสีขาวสดใส เส้นใยเรียงตัวสม่ำเสมอ มีลักษณะอ่อนนุ่ม ขนลดน้อยลงมากที่สุด แสดงว่าเอนไซม์เซลลูเลสมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและย่อยสลายเซลลูโลสบนเส้นใยฝ้าย จึงสรุปว่าสารละลายเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที สารละลายเอนไซม์ทำงานได้ดีที่สุด

วิจารณ์ผล

จากการเลี้ยงเชื้อรา *Acremonium* sp. บนอาหารสังเคราะห์ PDA เชื้อรามีการเจริญภายใน 5 วัน โดยเชื้อรา *Acremonium* sp. เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 45°C โคโลนีแรกเริ่มมีสีขาว กระจายตัวรอบเพลทเส้นใยจะชูขึ้นเหนืออาหาร และเมื่อมีอายุมากขึ้นเส้นใยจะมีสีน้ำตาล เส้นใยฟู conidia head เรียงตัวกันเป็นทรงกลม มีขนาดกว้าง 15 ยาว 20 ไมโครเมตร เวสิเคิลเป็นรูปกระบองขนาดเล็ก มีขนาด 2 ไมโครเมตร ก้านชูสปอร์มีผนังกั้น ผิวเรียบ มีขนาดกว้าง 2.5 ยาว 35 ไมโครเมตร สปอร์รูปร่างกลม มีขนาด 2.5 ไมโครเมตรซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ จาตุรงค์ จงจีนและสุพรรณี แก่นสาร

อะโอกิ (2550) คัดแยกเชื้อราจากดินที่มีสมบัติในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส 10 ชนิด และ *Acremonium* sp. เป็น Cellulolytic fungi ชนิดหนึ่งที่ทนร้อนเนื่องจากผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ดีที่ 45°C pH 3.0 7.0 และ 10.0

เมื่อนำเอนไซม์เซลลูเลสมาทดสอบประสิทธิภาพกับเส้นใยฝ้าย ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที มีผลต่อเส้นใยฝ้ายมากที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาของ บุษกร ยศยิ่งยง (2540) ศึกษาผลของเอนไซม์เซลลูเลส KSM-635 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้าย ในสารละลายเอนไซม์ที่มีความเข้มข้น 0.00 (ไม่มีเอนไซม์) 0.05 0.08 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 15 30 และ 45 นาที พบว่าผลของเอนไซม์เซลลูเลส KSM - 635 มีผลต่อแรงดึงขาด แรงฉีกขาด น้ำหนักผ้า ขนาด เส้นด้าย ความกระด้างและการยืดตัวของผ้าฝ้ายขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการสัมผัสและการทิ้งตัวของผ้าให้ดีขึ้น ส่วนการศึกษาผลของเอนไซม์เซลลูเลสต่อคุณสมบัติทางกายภาพของฝ้าย ที่ระดับความเข้มข้น 0 100 500 1000 5000 และ 10,000 ppm อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C ที่เวลา 15 และ 30 นาที ผลปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยได้ดีที่สุด เส้นใยเปลี่ยนจากสีครีมเป็นสีขาวสดใส เส้นใย เรียงตัวสม่ำเสมอ มีลักษณะอ่อนนุ่ม ขนลดน้อยลงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นน้อยกว่า แสดงว่า เอนไซม์เซลลูเลสมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและย่อยสลายเซลลูโลสบนเส้นใยฝ้าย

สรุปผล

ความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์เอนไซม์เซลลูเลสจาก *Acremonium* sp. ที่ระดับ 10,000 ppm เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของเส้นใยฝ้าย

อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด ต่อการปรับลักษณะภายนอกเส้นใยฝ้าย คือ 50°C เป็นเวลา 30 นาที

เอกสารอ้างอิง

กำจร แซ่เจียง, 2541, การใช้เอนไซม์ Cellulase ที่เหมาะสมในการตกแต่งผ้าใยเซลลูโลส, อุตสาหกรรมเกษตร, (กย.-ธค. 2541): 54-64.

จาตุรงค์ จงจีน และสุพรรนี แก่นสาร อะโอกิ, 2550, การคัดแยกและจำแนกเชื้อราทนร้อนที่ผลิตเอนไซม์จากดิน. วิทยาศาสตร์การเกษตร, 38 (พย.-ธค.2550): 291-294.

วิเชียร กิจปรีชาวานิช, 2538, เอนไซม์จากจุลินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร, อุตสาหกรรมอาหาร, 6(2) พฤษภาคม-สิงหาคม: 32-42.

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, 2542, วิทยาศาสตร์เส้นใย, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Gilman, J.G., 1971, A Manual of Soil Fungi, 4^{th}, U.S.A.

ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์พืชสกุลห้อมช้าง (*Phlogacanthus* Nees)ในประเทศไทย

Diversity and Utilization of *Phlogacanthus* Nees in Thailand.

วินัย สมประสงค์[1] ปราโมทย์ ไตรบุญ[1] ยุพดี เผ่าพันธุ์[2] นพรัตน์ ทูลมาลย์[1] และ ภัทธรวีร์ พรหมนัส[3]

Somprasong, W.[1], Triboun, P.[1], Paopun, Y.[2], Toonmal, N.[3] and Phromanat, P.[4]

Abstract

An enumeration of the genus *Phlogacanthu*s Nees (Acanthaceae) in Thailand was firstly reported in the Flora Malesiana Bulletin (1985) that recorded a number of them with ca. 15 species. This study aim to collect, revise, do a check list to serve as an information to the Flora of Thailand and agricultural purposes. It was conducted in natural habitat and the Herbaria. The study reported that 12 species were determined and the one was found to be new species to Thailand. The local use of two species are reported that young leaves of *Phlogacanthus curviflorus* (Wall.) Nees and *P. pulcherrimus* T. Anders. used as fresh vegetable by stirring with other foods. Morever, both of them are used as local medicinal purposes by some minority groups in North Thailand.

Keywords: diversity, utilization, *Phlogacanthus* Nees

บทคัดย่อ

การศึกษาพืชสกุลห้อมช้าง *Phlogacanthus* Nees วงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) ในประเทศไทย มีรายงานในวารสาร Flora Malesiana Bulletin (1985) จำนวน 15 ชนิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวม ทบทวน และจัดทำบัญชีพืชสกุลนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลสนับสนุนการศึกษาพรรณพฤกษชาติประเทศไทย และการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร การศึกษาทางอนุกรมวิธานของพืชสกุลนี้ สามารถจำแนกและระบุหน่วยอนุกรมวิธานได้ จำนวน 12 ชนิด และ ชนิดที่พบรายงานเป็นชนิดใหม่ของโลก 1 ชนิด พืชที่มีประโยชน์ในสกุลนี้ 2 ชนิด คือ และ *P. curviflorus* และ *P. pulcherrimus* ใช้รับประทานดอกต้มรับประทานเป็นผัก และยอดสดเป็นผักเคียง ตามลำดับ การศึกษาข้อมูลในครั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาทบทวนด้านอนุกรมวิธานของพืชสกุลห้อมช้างของประเทศไทยพร้อมกับการใช้ประโยชน์เชิงอนุรักษ์ด้านพืชอาหารและพืชสมุนไพรต่อไป

คำสำคัญ: ความหลากหลาย การใช้ประโยชน์ พืชสกุลห้อมช้าง (*Phlogacanthus* Nees)

คำนำ

พืชวงศ์ Acanthaceae ทั่วโลกมีประมาณ 250 สกุล 2,500 ชนิด (Cramer, 1998) ในประเทศไทยตรวจสอบข้อมูลจาก Hansen (1985) มีประมาณ 40 สกุล 230 ชนิด ในปัจจุบัน Scotland และ Vollesen (2000) ได้จำแนกพืชวงศ์นี้เป็น 3 วงศ์ย่อย ได้แก่ Nelsonoideae, Thunbergioideae และ Acanthoideae และจำแนกวงศ์ย่อย Acanthoideae เป็น 2 เผ่า คือ Acantheae และ Ruellieae โดยเผ่า Ruellieae จำแนกเป็น 4 เผ่าย่อย คือ เผ่าย่อยต้อยติ่ง (Ruelliinae) เผ่าย่อยขาไก่ (Justiciinae) เผ่าย่อยอังกาบ (Barleriinae) และเผ่าย่อยฟ้าทะลาย (Andrographinae) เผ่าย่อยฟ้าทะลายประกอบด้วยพืช 4 สกุล ซึ่ง พืชสกุลห้อมช้าง (*Phlogacanthus* Nees) จัดอยู่ในเผ่าย่อยนี้

อุปกรณ์และวิธีการ

สำรวจรวบรวมข้อมูลและเก็บตัวอย่างพืชสกุลห้อมช้างจากแหล่งธรรมชาติทั่วประเทศในฤดูแล้ง ในเดือนตุลาคม 2553 – เมษายน 2554 และ ตรวจสอบตัวอย่างพรรณไม้แห้งในพิพิธภัณฑ์พืชและหอพรรณไม้ เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล

[1] กลุ่มวิจัยพฤกษศาสตร์และพิพิธภัณฑ์พืช กองคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Botanical and Herbarium Research, Plant Variety Protection Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND

[2] ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Scientific Equipment and Research Centre, Kasetsart University Research and Development Institute, Kasetsart University, Bangkok 10900, THAILAND

[3] สวนรุกขชาติไม้เมืองหนาวฮอด สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

[3] Hot, Cool Season Aboretum, Office of Conserved Area 16 (Chiang Mai), Department of National Park, Wildlife and Plants, Bangkok 10900, THAILAND

ด้านอนุกรมวิธาน นำตัวอย่างใบในธรรมชาติมาศึกษา ซิสโทลิท (cystolith) ขน ต่อม ไปเตรียมตัวอย่างทางเคมี และคงสภาพชิ้นตัวอย่างพืชด้วยกลูตอรัลดีไฮด์ และ ออสเมียมเตตร๊อกไซด์ ฝังตัวอย่างในพลาสติกบล็อก ตามสูตร Spurr's Resin ตัดตัวอย่างที่เตรียมไว้ด้วยอัลตร้า ไมโครโตม ตัดเนื้อเยื่อหนา 1 ไมครอน แล้ว นำไปดู วัดขนาด และถ่ายภาพที่กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (Ziess) ส่วนผิวใบที่ตรวจวิเคราะห์โดยนำมาศึกษาในสภาพใบยังสด ด้วยการตัดตัวอย่างผิวใบขนาดพอเหมาะสมบนสตับที่มีผิวเป็นไข ศึกษาด้วยระบบสุญญากาศต่ำ โดยใช้กล้องอิเลกตรอนแบบส่องกราด (SEM : JEOL รุ่น JSM5600L) และการศึกษาเรณู เตรียมตัวอย่างทางเคมีและคงสภาพตัวอย่างเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างผิวใบ แล้วจึงนำชิ้นตัวอย่างไปทำให้แห้งด้วย critical point dyer นำตัวอย่างไปเคลือบทอง แล้วศึกษาด้วย กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด แบบเดียวกับการศึกษาผิวใบ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พืชสกุลห้อมช้าง (*Phlogacanthus* Nees)

ลักษณะทั่วไป : พืชสกุลห้อมช้าง เป็นไม้ล้มลุก หรือ ไม้พุ่ม ตั้งตรง ลำต้นเป็นข้อที่ยอด

ใบ ขอบใบเรียบ หรือ หยักมน พบซิสโทลิท (cystolith) ได้ที่เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่าง (epidermis) และชั้นแพลิเสด (palisade) ปากใบเป็นแบบไดอะไซติก (diacytic) และ พบรยางค์ทั้งต่อม (sessile glandular trichome) และ ขนที่ผิวใบ (non glandular trichome)

ช่อดอกแบบช่อกระจะ เกิดที่ปลายยอด ซอกใบ ใบประดับขนาดเล็ก ใบประดับย่อยมีลักษณะคล้ายใบ มีรูปร่างเป็นรูปหอกหรือรูปแถบ วงกลีบเลี้ยง ปลายแยก 5 แฉก ไม่เท่ากัน กลีบดอกเรียงแบบแอสเซนดิง โคเคลียร์ (ascending - cochlear aestivation) วงกลีบดอก ที่โคนมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกส่วนปลายโป่งข้างเดียว ส่วนปลายหลอดวงกลีบ มีลักษณะโค้งหรือเหยียดตรง ปลายแยก 5 ส่วน แต่ละส่วนไม่เท่ากัน เกสรเพศผู้ จำนวน 2 อัน ออวุล 6 จนถึงจำนวนมาก

ผลแบบผลแห้งแตก เมล็ดเกิดที่ช่วงปลายของผล มีก้านตะขอดีดเมล็ด (jaculator)

ตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวแทนสำหรับศึกษาของสกุลนี้ คือ ดีปลากั้ง (*Phlogacanthus pulcherrimus* T. Anders.) (ตัวอย่างอ้างอิง BK64167 Win211230209-1) พืชที่มีประโยชน์ใช้รับประทานใบสดเป็นผักเคียงจากจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าเรณูของดีปลากั้งเป็นแบบ Dauben ของพืชชนิดนี้ มีรูปทรงเป็นรูปโพรเลท (prolate) มีช่องเปิดแบบผสมแบบไทรคอลพอเรท (tricolporate) พบหนามปลายแหลม (echinate) บริเวณใกล้ช่องเปิดเรียงเป็นแถวที่ขอบข้างละแถว ลวดลายที่ผนังเรณูเป็นแบบร่างแห (reticulate) Scotland and Vollesen (2000) ได้รายงานว่าเรณูของพืชสกุลห้อมช้าง *Phlogacanthus* Nees เป็นแบบไทรคอลพอเรท

Hansen (1985) รายงานว่า มีพืชสกุลนี้มีเพียงจำนวนตัวเลขประมาณ 15 ชนิด ไม่มีข้อมูลรายละเอียดใด การสำรวจพืชและรวบรวมข้อมูลตัวอย่างพรรณไม้แห้งพืชในพืชสกุลห้อมช้าง (*Phlogacanthus* Nees) ในประเทศไทย จากพิพิธภัณฑ์พืช/หอพรรณไม้ จำนวน 5 แห่ง จำแนกชนิดของพืชสกุลห้อมช้าง จำนวน 12 ชนิด (Table 1) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการจัดทำพรรณพฤกษชาติประเทศไทยในวงศ์เหงือกปลาหมอ เผ่าต้อยติ่ง เผ่าย่อยฟ้าทะลาย ให้ครบสมบูรณ์ต่อไป

สรุปผล

1. การรวบรวมและศึกษาพรรณไม้ในสกุลห้อมช้างในเบื้องต้น โดยการตรวจสอบข้อมูลพรรณไม้จากพิพิธภัณฑ์พืชกรุงเทพ กรมวิชาการเกษตร หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พิพิธภัณฑ์พืช ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พิพิธภัณฑ์พืชสวนพฤกษศาสตร์คิว ประเทศสหราชอาณาจักร และ สำรวจพรรณไม้ในแหล่งธรรมชาติของไทย พบพืชสกุลดังกล่าว จำนวน 12 ชนิด

2. ลักษณะสำคัญของพืชสกุลห้อมช้าง คือ ช่อดอกแบบช่อกระจะ ดอกย่อยประกอบด้วยวงกลีบเลี้ยง ปลายแยก 5 แฉก ไม่เท่ากัน กลีบดอกเรียงแบบแอสเซนดิง โคเคลียร์ (ascending - cochlear aestivation) วงกลีบดอก ที่โคนมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกส่วนปลายโป่งข้างเดียว ส่วนปลายหลอดวงกลีบ มีลักษณะโค้งหรือเหยียดตรง ปลายแยก 5 ส่วน แต่ละส่วนไม่เท่ากัน เกสรเพศผู้ จำนวน 2 อัน ออวุล 6 จนถึงจำนวนมาก

3. ตัวอย่างที่ศึกษา คือ ดีปลากั้ง (*Phlogacanthus pulcherrimus* T. Anders.) พืชที่มีประโยชน์ใช้รับประทานใบสดเป็นผักเคียง พบว่าเรณูของดีปลากั้งเป็นแบบ Dauben ของพืชชนิดนี้ มีรูปทรงเป็นรูปโพรเลท (prolate) มีช่องเปิดแบบ

ผสมแบบไทรคอลพอเรท (tricolporate) พบหนามปลายแหลม (echinate) บริเวณใกล้ช่องเปิดเรียงเป็นแถวที่ขอบข้างละแถว ลวดลายที่ผนังเรณูเป็นแบบร่างแห (reticulate)

Table 1 จำนวนชนิดพรรณไม้ในสกุลห้อมช้างที่พบและมีรายงานในประเทศไทย แยกตามสกุล

ชื่อวิทยาศาสตร์	พิพิธภัณฑ์พืช/หอพรรณไม้					เอกสารทางอนุกรมวิธาน					
	BK	BKF	CMU	PSU	K	1	2	3	4	5	6
1) *Pholgacanthus asperulus* Nees ห้อมขาวน้อย	x	x			x	x					
2) *P. brevis* C.B.Clarke ห้อมศรีวิชัย		x	x	x	x						
3) *P. curviflorus* (Wall.) Nees ห้อมช้าง	x	x	x	x	x	x	x			x	
4) *P. murtonii* Craib ห้อมบูรพา	x	x			x						
5) *P. paniculatus* (T. Anders.) Imlay ห้อมขาว	x	x			x						
6) *P. pauciflorus* Imlay ห้อมเหนือ	x	x			x						
7) *P. pedunculatus* Imlay ห้อมคราม	x	x			x						
8) *P. pulcherimus* T. Anders. ดีปลากั้ง	x	x			x						
9) *P. racemosus* Burm. ห้อมล้านนา		X			x			x			x
10) *P. rectiflorus* Imlay ห้อมใต้ลายจุด	X								x		
11) *P. thrysiflorus* Nees ห้อมใต้		x									x
12) *P. vitellinus* T. Anders. ห้อมแดง	x	x			x						

หมายเหตุ: BK = พิพิธภัณฑ์พืชกรุงเทพ กองคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร BKF = หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช CMU = พิพิธภัณฑ์พืช ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ PSU = พิพิธภัณฑ์พืช ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ (1) = Clarke (1885); (2) = Benoist (1935); (3) = Imlay (1939); (4) = Cramer (1998); (5) = The Forest Herbarium (2001); (6) = Bangkok Herbarium (2007)

เอกสารอ้างอิง

Cramer, L.H., 1998, Acanthaceae, pp. 1-140. *In* pp. 1-139, Dassanayake, M.D. (ed.), A Revised Handbook to the Flora of Ceylon Vol. XII. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Hansen, B., 1985, Studies on the Acanthaceae of Thailand, Fl. Malesiana Bull, 38: 173-178.

Imlay, J.B., 1939, Contribution to the Flora of Siam, Kew Bull, 132-138.

Scotland, R.W. and Vollesen, K., 2000, Classification of Acanthaceae, Kew Bull, 55: 513-589.

การผลิตและพัฒนาตำรับแชมพูที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย

Production and Development of Thai Herbal Plant Extracts Mixed Shampoo

สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก[1]

Kongtun Janphuk, S.[1]

Abstract

The production and development of Thai herbal extracts mixed shampoo were studied. This research was studied the effect of Thai herbal plant extracts mixed shampoo to nurture hair and hair skin. This experiment was performed by selecting the medicinal plant that were Thai copper Pod (*Cassia siamea* Britt.), Kaffir Lime (*Citrus hystrix* DC.), Soap Nut Tree (*Sapindus emarginatus* Wall.), Bitter cucumber (*Momordica charantin* Linn.), Aloe (*Aloe indica* Royle) and Blue pea (*Clitoria ternatea* L.). One of the best characteristic shampoo was chosen from 20 basic shampoos to develop into the formulated herbal plant extracts shampoo. The chosen shampoo was selected from the result of 30 volunteers' sensory evaluation under the temperature storages at 4, 25 and 40 ^{O}C for a month. color, aroma, homogenousity, foaming and cleanliness characteristics were tested. Data on acceptance tests were analyzed by the Least Significant Difference Test (LSD). Differences with p = 0.05 were considered to be statistically significant.

Keywords: herbal extracts, formula development, herbal plant extracts shampoo

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตและพัฒนาแชมพูที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากสมุนไพร ที่มีฤทธิ์ในการบำรุงเส้นผมและหนังศีรษะ โดยการคัดเลือกสมุนไพรเพื่อใช้ในการศึกษาและทำการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร ได้แก่ ขี้เหล็ก มะกรูด มะคำดีควาย มะระขี้นก ว่านหางจระเข้ และอัญชัน โดยได้ทำการคัดเลือกแชมพูดีที่สุด 1 สูตร จากแชมพูจำนวนทั้งสิ้น 20 สูตร เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดผสมกับสารสกัดจากพืชสมุนไพร แล้วทำการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่างๆ กันคือที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 40 ^{O}C เป็นระยะเวลา 1 เดือน และให้อาสาสมัครจำนวน 30 คนทำการทดลองใช้และประเมินผลทางด้าน สี กลิ่น ความเป็นเนื้อเดียวกัน การเกิดฟอง และความสะอาดของเส้นผมและหนังศีรษะ และนำไปประเมินความพึงพอใจในการใช้ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการใช้ Least Significant Difference Test (LSD) โดยมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแชมพูที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ

คำสำคัญ: สารสกัดสมุนไพร การพัฒนาสูตร แชมพูสมุนไพร

คำนำ

ผลิตภัณฑ์แชมพูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมีความจำเป็นต้องใช้เกือบทุกคน ซึ่งผลิตภัณฑ์แชมพูที่พบในปัจจุบันเป็นผลิตภัณฑ์แชมพูที่มักจะมีส่วนผสมทำมาจากสารเคมีเป็นส่วนมาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขจัดความสกปรก เพิ่มกลิ่น สี หรือคุณสมบัติอื่นๆ ให้แก่ผลิตภัณฑ์แชมพู โดยที่สารเคมีต่างๆที่เป็นส่วนผสมนั้น บางชนิดอาจก่อให้เกิดภาวะการระคายเคืองต่อหนังศีรษะ ผิวหนัง ทำลายเส้นผม เกิดอาการแพ้ ไปจนถึงขั้นเพิ่มโอกาสเสี่ยงที่จะทำให้เป็นโรคมะเร็งที่หนังศีรษะได้ในระยะยาว ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคทั่วโลกได้หันมาใส่ใจในสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยส่วนใหญ่มักจะใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ พบว่ามีการนำสารสกัดสมุนไพรมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แชมพู ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำความสะอาดและบำรุงเส้นผม (Mainkar และ Jolly, 2001) และยังช่วยเพิ่มกลิ่นหอมตามชนิดของสมุนไพรที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อีกด้วย โดยมีการศึกษากันอย่างกว้างขวางทั้งในระดับชุมชนจนถึงในระดับอุตสาหกรรม การนำสมุนไพรหรือสารสกัดจากสมุนไพรมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์นั้น จะมีความเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคน้อยกว่าการใช้สารเคมีล้วนๆ อีกทั้งยังได้รับความนิยมและการยอมรับในการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติกันมากขึ้น ตลอดจนในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัย

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800

[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Pipoonsongkram rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

ถึงองค์ประกอบสำคัญของสารออกฤทธิ์ในสมุนไพรโดยนักวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ปัญหาในเรื่องความปลอดภัยต่อผู้บริโภคลดน้อยลง นับว่าเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติให้เกิดคุณค่า ทำให้ได้รับการยอมรับและเชื่อถือจากผู้บริโภคและทำให้ผู้บริโภคมีสุขภาพดีมากขึ้น งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำพืชสมุนไพรมาทำการสกัดเพื่อให้ได้สารสกัดจากพืชสมุนไพร 6 ชนิด ได้แก่ สารสกัดจากขี้เหล็ก มะกรูด มะคำดีควาย มะระขี้นก ว่านหางจระเข้ และอัญชัน ที่มีสรรพคุณในด้านการบำรุงหนังศีรษะและเส้นผมมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ลดปริมาณการใช้สารเคมีที่เป็นส่วนผสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แชมพูที่ผลิตได้มีคุณสมบัติที่ดี ในการบำรุงหนังศีรษะและทำความสะอาดเส้นผม และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

สมุนไพรที่นำมาใช้ในการผลิตและพัฒนาตำรับแชมพูมี 6 ชนิด ได้แก่ ขี้เหล็ก มะกรูด มะคำดีควาย มะระขี้นก ว่านหางจระเข้ และอัญชัน จากแหล่งปลูก จ.ปราจีนบุรี นำพืชสมุนไพรทั้ง 6 ชนิดมาสกัด ได้ดังนี้

สารสกัดขี้เหล็ก นำใบขี้เหล็กสดมาล้างให้สะอาด ต้มกับน้ำจนน้ำเดือด ประมาณ 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วกรองเอากากออก นำสารสกัดที่ได้ไปเติม sodium EDTA 0.05%

สารสกัดมะกรูด นำผลมะกรูดสดผ่าซีกแกะเมล็ดออก แล้วคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้น น้ำที่ได้กรองด้วยผ้าขาวบาง

สารสกัดมะคำดีควาย นำมะคำดีควายมาล้างน้ำสะอาด ทุบพอแตก นำไปต้มกับน้ำอัตราส่วน 1:20 นาน 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วกรองเอากากออก นำสารสกัดที่ได้ไปเติม sodium EDTA 0.05%

สารสกัดมะระขี้นก นำมะระขี้นกสดมาล้างน้ำให้สะอาด ทำการแคะเมล็ดออกและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับน้ำอัตราส่วนสมุนไพรต่อน้ำ 1: 3 ก่อนนำไปปั่นใน blender ให้พอละเอียด กรองน้ำด้วยผ้าขาวบาง นำสารสกัดที่ได้ไปเติม sodium EDTA 0.05%

สารสกัดว่านหางจระเข้ นำว่านหางจระเข้ ปอกเปลือกแล้วล้างเอายางเหลืองออก นำเอาวุ้นว่านหางจระเข้ที่ได้มาปั่นใน blender เป็นเวลา 15 นาที กรองน้ำด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำเอาสารสกัดที่ได้ไปเติม sodium EDTA 0.05%

สารสกัดอัญชัน นำดอกสดมาล้างให้สะอาด อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C นำอัญชันแห้งใส่ลงไปในน้ำ อัตราส่วน 1:20 ต้มให้เดือดประมาณ 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองน้ำด้วยผ้าขาวบาง นำสารสกัดที่ได้ไปเติม sodium EDTA 0.05%

การพัฒนาแชมพูสมุนไพร คัดเลือกสูตรแชมพูที่เหมาะสมจากสูตรแชมพูพื้น (Table 1) นำมาเติมสารสกัดสมุนไพรแต่ละชนิด ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1-20% และนำแชมพูสมุนไพรทั้งหมดไปทำการทดสอบความคงตัวโดยทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 4 $^{\circ}$C, 25 $^{\circ}$C และ 40 $^{\circ}$C เป็นระยะเวลา 1 เดือน จากนั้นนำแชมพูที่มีส่วนผสมของสารสกัดสมุนไพรทั้ง 6 ชนิดดังที่กล่าวข้างต้น ไปทดสอบความพึงพอใจโดยทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้วิธี Seven-Point-Hedonic Scale โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบคือ สี กลิ่น และความพึงพอใจรวมในผลิตภัณฑ์กับอาสาสมัครจำนวน 30 คน และทำการประเมินผลการทดสอบที่ได้ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการใช้ Least Significant Difference Test (LSD) โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาตำรับแชมพูพื้นจำนวน 20 สูตร โดยทำการทดสอบสภาพความคงตัว และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ ที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C, 40 $^{\circ}$C และ 25 $^{\circ}$C เป็นระยะเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นนำไปประเมินความพึงพอใจโดยการทดสอบกับอาสาสมัครจำนวนทั้งสิ้น 30 คน ผู้ชาย 15 คน และผู้หญิง 15 คน ในช่วงอายุระหว่าง 20 – 40 ปี เพื่อหาสูตรตำรับที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาตำรับแชมพูสมุนไพร ที่มีส่วนผสมของสารเคมีที่ใช้ในเครื่องสำอาง โดยเติมสารสกัดสมุนไพรจำนวนทั้งสิ้น 6 ชนิด ที่มีฤทธิ์ในการบำรุงหนังศีรษะและทำความสะอาดเส้นผม คือ ขี้เหล็ก มะกรูด มะคำดีควาย มะระขี้นก ว่านหางจระเข้ และอัญชัน ซึ่งสารสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดจะถูกนำมาเติมลงในแชมพูพื้น โดยสารสกัดของสมุนไพรแต่ละชนิดมีความเข้มข้นตั้งแต่ 1 – 20 % ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (consistency) โดยทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 4 $^{\circ}$C, 25 $^{\circ}$C และ 40 $^{\circ}$C เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดี เนื้อแชมพูสามารถเข้ากันได้ดีไม่มีการแยกชั้นกันระหว่างส่วนผสม ผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่ดีนั้นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจะต้องมีความคงตัวที่ดี ซึ่งแชมพูที่มีส่วนผสมสมุนไพรทั้ง 6 ชนิดมีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำและน้ำมันอาจเกิดการแยกของอิมัลชัน การหดตัวของเนื้อแชมพูเนื่องจากการระเหยของน้ำและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ อาจจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้ (นัยนา, 2008) หลังจากนั้นนำแชมพูที่มีส่วนผสมของสารสกัดสมุนไพรทั้ง 6 ชนิดดังที่กล่าว

ข้างต้น ไปประเมินความพึงพอใจโดยรวมจากอาสาสมัคร ผลปรากฏว่า อาสาสมัครส่วนใหญ่มีความพึงพอใจจากมากไปหาน้อยกับตำรับแชมพูสมุนไพรที่มีความเข้มข้นของสารสกัดสมุนไพร 1%, 3% และ 5% ในน้ำของขี้เหล็ก มะกรูด มะคำดีควาย และอัญชัน ตามลำดับและตำรับแชมพูสมุนไพรที่มีความเข้มข้นของสารสกัดสมุนไพร 2%, 6% และ 10% ในน้ำของมะระขี้นกและว่านหางจระเข้ ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าอาสาสมัครมีความพึงพอใจโดยรวมในแชมพูผสมสมุนไพรเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ อัญชัน > มะคำดีควาย > ขี้เหล็ก > มะกรูด > มะระขี้นก > ว่านหางจระเข้

สรุปผล

จากการนำสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการบำรุงหนังศีรษะและเส้นผมดังกล่าวทั้ง 6 ชนิดมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แชมพูจากการทดสอบข้อมูลทางสถิติสรุปได้ว่า มีความพึงพอใจโดยรวมในการใช้แชมพูสมุนไพรทั้ง 6 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสาคัญที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 ซึ่งจากการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรมาใช้ในผลิตภัณฑ์แชมพูจะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแชมพูในด้านการทำความสะอาด ปลอดภัยและป้องกันผมเสียได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นการนำสมุนไพรพื้นบ้านของไทยที่มีอยู่ในปริมาณมากมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย และถ้านำผลิตภัณฑ์แชมพูสมุนไพรดังกล่าวไปผลิตในระดับที่ใหญ่ขึ้น ก็จะส่งผลให้เกษตรกรที่ปลูกพืชสมุนไพรดังกล่าวมีรายได้เพิ่มมากขึ้น เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับประเทศชาติได้อีกทางหนึ่งด้วย

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายวรพงษ์ ทองชันลุก นางสาวปาริชาติ คอยเอื้อชาติ นายวิทย์สรัช ก้องสุวรรณคีรี และนางสาวจุฑามาศก์ แสงไสยที่ช่วยทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

นัยนา สันติยานนท์, 2008, ความคงตัวของเภสัชภัณฑ์และการเก็บรักษา, Thai Pharmaceutical and Health Science Journal, 3(1): 180-187.

Mainkar, A.R. and Jolly, C.I., 2001, Formulation of Natural Shampoos, International Journal of Cosmetic Science, 23: 59-62.

Pooja, A., Arun, N. and Maninder, K., 2011, Shampoo Based on Synthetic Ingredients VIS-A-VIS Shampoo Based on Herbal Ingredients : A review, International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 7(1), March – April 2011; Article-007 pp.41-46.

Table 1 ส่วนผสมในแชมพูพื้นที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนผสม	ร้อยละ
Sodium laureth salfate (28%,g)	42.80
Cocamide DEA	1.38
Cocamidopropyl betaine	5
Lamesoft PO65	3.08
Polyqualt H81	2.64
Nutrilan	3
Triethanolamine	4 drop
Bronidox L	6.2
HPMC	0.2
Water	ปรับให้เป็น 100

คุณสมบัติและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหยโหระพา กระวาน และขมิ้นชัน

Properties and Antimicrobial Activity of Cassava Starch Film Incorporated with Sweet basil, Cardamom and Turmeric oil

ดวงฤดี หวั้นหนู[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Wannu, D.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Properties and antimicrobial activity against *Bacillus cereus, Leuconostoc mesenteroides, Lactobacillus plantarum, Stapphylococcus aureus* and *Aspergillus flavus,* of cassava starch edible film incorporated with essential oil were conducted. The result showed that solubility, water vapor transmission rate and elongation of cassava starch edible film incorporated with essential were increased compared with cassava edible film without essential oil (control) but tensile strength was reduced. Antimicrobial activity of cassava starch edible film incorporated with sweet basil, cardamom and turmeric oils at 5,000 ppm was tested by disc diffusion method. The result showed that antimicrobial activity of cassava starch edible film incorporated with sweet basil, cardamom and turmeric oils was greater than control film and the film with sweet basil oil provided the greatest antimicrobial activity. The zone of inhibition of cassava starch edible film incorporated with sweet basil oil against *B. cereus, L. mesenteroides, L. plantarum, S. aureus* and *A. flavus* were 19.40, 11.93, 10.43, 15.37 and 20.33 mm. respectively.

Keywords: essential oils, edible film, antimicrobial

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Bacillus cereus, Leuconostoc mesenteroides, Lactobacillus plantarum, Stapphylococcus aureus* และ *Aspergillus flavus* ของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำมันหอมระเหยโหระพา กระวานและขมิ้นชัน ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม ผลการศึกษาพบว่าการเติมน้ำมันหอมระเหยโหระพา กระวาน และขมิ้นชันลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ค่าการละลาย การซึมผ่านของไอน้ำ และการยืดตัวของฟิล์มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการเติมน้ำมันหอมระเหย (control) แต่ค่าการต้านทานแรงดึงขาดกลับลดลง สำหรับประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำมันหอมระเหยโหระพา กระวาน และขมิ้นชัน ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดได้มากกว่าฟิล์ม control และการเติมน้ำมันหอมระเหยโหระพาส่งผลให้ฟิล์มมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด จากการทดสอบด้วยวิธี disc diffusion method สูง โดยมีค่าเฉลี่ยของ zone of inhibition เท่ากับ19.40, 11.93, 10.43, 15.37 และ 20.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย ฟิล์มบริโภคได้ การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

คำนำ

บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารในปัจจุบันที่พบเห็นโยทั่วไปทำมาจาก กระดาษ แก้ว โลหะ และพลาสติก ซึ่งมักก่อให้เกิดปัญหาขยะตามมา โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกก่อให้เกิดปัญหาขยะตามมา (Dendy และ Dobraszcyk, 2001) เมื่อเทคโนโลยีมีการพัฒนาขึ้นการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้จึงเข้ามาแทนที่บรรจุภัณฑ์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ (Robertson, 2006) ตัวอย่างเช่นการพัฒนาฟิล์มบริโภคได้ที่ผลิตจาก

[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 Teintalay 25, Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

แป้งมันสำปะหลัง โดยฟิล์มบริโภคได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่รับประทานได้และนำมาประยุกต์ใช้กับอาหารด้วยวิธีการ ห่อ ทา จุ่ม และพ่น ซึ่งฟิล์มบริโภคได้สามารถช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร (Rojas-Grau และคณะ, 2007) แต่ถึงอย่างไรก็ตามฟิล์มบริโภคได้ไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารได้โดยตรงจึงต้องมีการเติมวัตถุกันเสียลงในฟิล์มบริโภคได้ เช่น การเติมน้ำมันระเหยเพื่อให้ฟิล์มบริโภคได้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ พัฒนาฟิล์มบริโภคได้ผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหย: เตรียมแป้งมันสำปะหลังให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนจนแป้งสุกจนแป้งเกิดกระบวนการ gelatinization ปล่อยทิ้งไว้ให้อุ่นเติมสารพลาสติไซเซอร์ความเข้มข้นร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้ง ตามวิธีของ Laohakunji และ Kerdchoechuen (2007) จากนั้นเติมสารละลายไคโตแซนในอัตราส่วน 1:1 และเติมน้ำมันหอมระเหยโหระพา กระวาน และขมิ้นชัน ความเข้มข้นเท่ากับ 5,000 พีพีเอ็ม จากนั้นเติม Tween 20 จำนวน 2-3 หยด จากนั้นนำไป homogenization จะได้สารละลายแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำมันหอมระเหย แล้วนำไปเท ลงบนแท่นพิมพ์พลาสติกชนิด polyethylene วางบน water bath อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงจากนั้นนำแผ่นฟิล์มเก็บไว้ในเดสซิเคเตอร์

การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหย: ศึกษาคุณสมบัติดังนี้ การละลาย (solubility) (AACC method 56-20) การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate ,WVTR) ใช้วิธี dish method E96 (ASTM, 1993) การต้านทานแรงดึงขาด และการยืดตัว (tensile strength and elongation) ใช้วิธี standard ASTM D 882-97 method (ASTM, 1991) และคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (*B.cereus, L.mesenteroid*, *L.plantarum*, *S.aureus* และ *A. flavus*) ด้วยวิธี disc diffusion method

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหยโหระพา กระวาน และขมิ้นชัน ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม เมื่อผ่านการขึ้นรูปและนำไปศึกษาคุณสมบัติ พบว่าการเติมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด ลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังค่าการละลาย การซึมผ่านของไอน้ำ และค่าการยืดตัวของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการเติมน้ำมันหอมระเหย การเติมน้ำมันหอมระเหยลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและส่งผลให้ค่าการละลาย การซึมผ่านของไอน้ำ และค่าการยืดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น (Figure 1) เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยไปลดจำนวนพันธะไฮโดรเจน และเพิ่มระยะห่างระหว่าโมเลกุล ทำให้คุณสมบัติในการขวางกั้นน้ำลดลง (Rojas-Grau และคณะ, 2007) และฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเป็นฟิล์มชนิด hydrocolloid-based film เมื่อเติมน้ำมันหอมระเหยที่มีองค์ประกอบเป็นสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ เช่น eugenol, linalool และ menthol ลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังอาจส่งผลให้การซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้น การละลาย และการยืดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น (Chana-Thaworn และคณะ, 2011) แต่ค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผสมน้ำมันหอมระเหยลดลง สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B.cereus, L.mesenteroides*, *L.plantarum*, *S.aureus* และ *A. flavus* พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำมันหอมระเหยโหระพามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด สูงที่สุด โดยให้ค่า zone of inhibition เท่ากับ 20.57^{c}, 12.67^{c}, 11.30^{b}, 16.07^{b}, และ 20.33^{a} มิลลิเมตรตามลำดับ (Table 1) การที่ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด เนื่องจากสารหอมระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เติมลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Runyoro และคณะ, 2010)

สรุปผล

ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหยโหระพา กระวาน และขมิ้นชัน ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม มีค่าการละลาย การซึมผ่านของไอน้ำ และค่าการยืดตัวของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการเติมน้ำมันหอมระเหย แต่ค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผสมน้ำมันหอมระเหยลดลง และฟิล์มแป้งที่เติมน้ำมันหอมระเหยโหระพามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด สูงที่สุด

Table 1 Antimicrobial activity of cassava starch film incorporated with 3 essential oils

ชนิดฟิล์ม	Inhibition zone (mm)				
	B.cereus	*L.mesenteroides*	*L.plantarum*	*S.aureus*	*A.flavus*
แป้งมันสำปะหลัง (control)	7.03^{i}±0.21	9.13^{i}±0.47	7.37^{g}± 0.15	8.73^{f}±0.67	7.63^{h}±0.35
แป้งมันสำปะหลัง+โหระพา	20.57^{c}±1.24	12.67^{c}±0.15	11.30^{b}± 0.89	16.07^{b}±1.64	20.33^{a}±0.95
แป้งมันสำปะหลัง+กระวาน	17.70^{de}± 1.57	11.20^{de}± 0.20	9.70^{de}± 0.10	14.93^{b}±0.35	13.50^{c}±1.51
แป้งมันสำปะหลัง+ขมิ้นชัน	14.63^{f}± 1.81	9.80^{ghi}± 1.06	9.47^{e}±0.06	12.00^{d}±0.53	12.30^{cde}±2.14

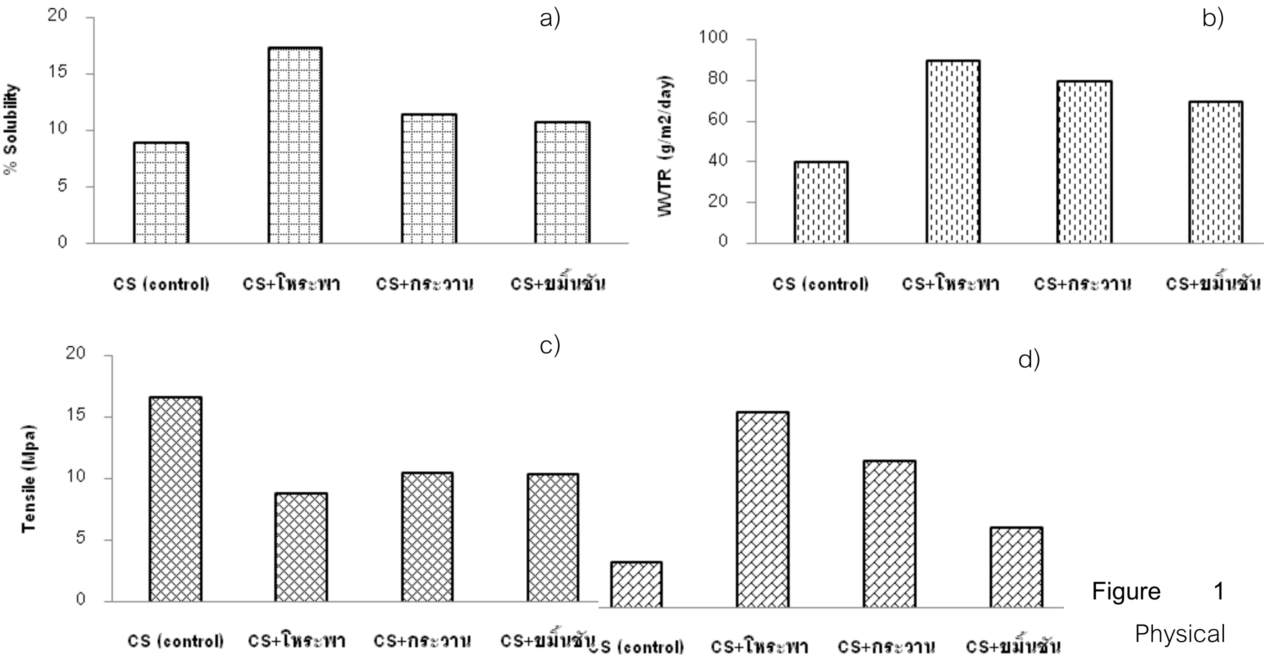


Figure 1 Physical properties of cassava starch film incorporated with 3 essential oils a) solubility b) WVTR c) tensile strength d) elongation

เอกสารอ้างอิง

Chana-Thaworn, J., Chanthachum, S. and Wittaya, T., 2011, Properties and Antimicrobial Activity of Edible Films in Corporate with Kiam Wood (*Cotyleobium lanceotatum*) Extract, Food Science and Technology, 44: 284-292.

Dandy, D.A.V. and Dobraszczyk, B.J., 2001, Cereal and Cereal Products, Technology and Chemistry, Aspen Publisher Inc., Gaitsburg, Maryland, USA, pp. 80-82.

Krochta, J.M. and Johnston, D.M., 1997, Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities, Food Technology, 51(2): 60-74.

Rojas-Grau, M.A., Avena-Bustillos, R.J., Olsen, C., Friedman, M., Henika, P.R., Martin-Belloso, O., Pan, Z. and McHugh, T.H., 2007, Effects of Plant Essential Oils and Oil Compounds on Mechanical Barrier and Antimicrobial Properties of Alginate–apple Puree Edible Films, Journal of Food Engineering, 81: 634-641.

การควบคุมการแสดงออกของยีนขนส่งน้ำตาลเฮกโซสในยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*
Regulatory Control of Hexose Transporter Gene Expression in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae*

สิริลักษณ์ บารมี[1] **และ นิษก์นิภา สุนทรกุล**[1]
Baramee, S.[1] and Soontorngun, N.[1]

Abstract

Pathogenic fungi severely affect plant health and cause critical losses in crop quality and yield. In spite of their impact, little is known about the carbon source utilization in these plant fungal pathogens. Previous study indicates the importance of metabolic genes such as those involved in melibiose transporter in *Colletotrichumgraminicola*, thatcauses anthracnose stalk rot and leaf blight of maize. Regarding carbon source utilization, when thecarbon source was shifted from glucose to alternative carbon sources, promoter targetingis dramatically altered. In this study, we examined expression of hexose transporter genes from in this model yeastduring growth in the absence or presence of glucose. Our results showed thatthe expression of hexose transporter genes is altered. Furthercharacterization of the roles of carbon source utilization regulatorin plant fungal pathogens may be useful for improvement of crop quality and yield.

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, transcriptional regulator, carbon source utilization, plant fungal pathogen

บทคัดย่อ

เชื้อราก่อโรคส่งผลอย่างมากต่อความแข็งแรงของต้นพืช และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ แต่กระนั้นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้แหล่งคาร์บอนของเชื้อราภายในพืชก็ยังมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลงานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของเมแทบอลิกยีน เช่น ยีนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งน้ำตาลเมลิไบโอสใน *Colletotrichumgraminicola* ซึ่งเป็นเชื้อราที่ก่อโรคแอนแทรกโนส ทำให้ข้าวโพดลำต้นเน่าและใบเหี่ยว เมื่อเปลี่ยนแหล่งแหล่งคาร์บอนจากกลูโคสไปเป็นแหล่งคาร์บอนอื่น เช่น เอทานอล พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีนหลายๆตัว ในการศึกษานี้ได้ตรวจสอบการแสดงออกของยีนขนส่งน้ำตาลเฮกโซส ในยีสต์ *S.cerevisiae*ระหว่างการเจริญในแหล่งคาร์บอนอื่น ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี RT-PCR แสดงให้เห็นว่าการแสดงออกของยีนขนส่งน้ำตาลเฮกโซสมีการเปลี่ยนแปลง งานวิจัยนี้ทำให้ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการใช้แหล่งคาร์บอนทางเลือกของเชื้อยีสต์หรือรามากขึ้น ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณภาพและปริมาณผลผลิตของพืชต่อไป

คำสำคัญ: *Saccharomyces cerevisiae* ตัวควบคุมการ transcription การใช้แหล่งคาร์บอน เชื้อราก่อโรคพืช

Introduction

Plant pathogens are mostly certain microorganism that can attack plants and cause diseases. They enter plants through wounds and natural openings or are carried and inserted by vectors. Plant diseases cause financial losses, hungers and famines, food poisonings, and changes in the ecology and extinction of susceptible plant species(Agrios, 2009).Nowadays, study of the plant fungal pathogen has risen sharply but little is known about the carbon source utilization in plant fungal pathogens.*Colletotrichumgraminicola*is a plant fungal pathogen that causes anthracnose stalk rot and leaf blight of many cereal species including maize and wheat.Previous study reported that *Colletotrichumgraminicola*Δ*mbt1*mutant, lacking of melibiose transporter,is unable to grow on melibiose; however this strain is avirulent in maize (Lingner *et al.*, 2011).

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 49 ซอยเทียนทะเล 25, ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล, แขวงท่าข้าม, เขตบางขุนเทียน, กรุงเทพ, ประเทศไทย,10150
[1] King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 SoiTienthalay 25, Bangkhuntien-Chaythalay Road, Thakham, Bangkhuntien, Bangkok, Thailand 10150

The yeast *Saccharomyces cerevisiae* has been used widely as a genetic model to study the genes expression in fungi. Zinc cluster proteins are transcription factors that found exclusively in fungi. These proteins possess $Zn(II)_2Cys_6$-motif located in the cysteine-rich DNA binding domain. Complete genome sequencing of S. cerevisiae has allowed for identification of putative zinc cluster proteins for over 50 members. The first- and best-studied zinc cluster protein is regulator Gal4, a transcriptional activator of genes involved in the catabolism of galactose. Regulator of drug sensitivity 2 Rds2 is a member of zinc cluster protein family in *Saccharomyces cerevisiae*. Deletion of the ORF of *YPL133C* or *RDS2* gene results in increased sensitivity to calcofluor white and the antifungal drug ketoconazole (Akache *et al*., 2001). ChIP-chip, a technique that relies on chromatin immunoprecipitation (ChIP) and microarray (chip), was used to determine the genome-wide localization of Rds2.The result showed thatRds2 is a transcriptional regulator, directly bindsand plays a central role in the regulation of gluconeogenic genes as it regulates many genes of this pathway such as *PCK1* and *FBP1*. (MacPherson *et al*., 2006) Furthermore, Rds2 also directly binds to the putative hexose transporter genes, *HXT9* and *HXT11*, which are nearly identical (97% both within their coding and promoter regions) to each other (Soontorngun *et.al.*, 2007). These transportersmay play a central role in pleiotropic drug resistance, a phenomenon caused by overexpression of ATP-binding cassette (ABC) transporters such as Pdr5, Snq2, and Yor1, which is similar to the multidrug-resistance (MDR) phenotype of mammalian cells.Attractively, deletion of *HXT9* and/or *HXT11* causes resistance to several drugs such as cyclohexamide and sulfometuron methyl, and overexpression of *HXT11* increases sensitivity to these drugs. These results suggest that *HXT11* is required to transport drugs into the cell, a function opposite to that of the ABC transporters.Alternatively, *HXT11* and *HXT9* might be directly involved in uptake of drugs (Özcan and Johnston, 1999).Nevertheless, it is unknown regarding the involvement of Rds2 in the regulation of *HXT9* and *HXT11* during growth on non-fermentable carbon.

Materials and Methods

Strains and media. The yeast strains used in this study were *BY4741* (*MATa his3Δ1 leu2Δ0 met15Δ0 ura3Δ0*) (Brachmann, 1998). The culture medium for yeast cell growth (YP medium) was composed of yeast extract 10 g. and peptone 20 g.per litre distilled water. Then, carbon sources were added at 2% concentration including glucose, or ethanol.

Gene induction.*Saccharomyces cerevisiaeBY4741* cells were grown overnight in YP-glucose medium. Cells were then added to fresh YP-glucose and grown for additional of 5 hours. Then, the culture were divided in half to collect yeast cells, washed twice with autoclaved water and transferred to YP- medium without glucose. Cells were grown for another 3 hours, then collected by centrifugation and quickly frozen and kept at -80°C. RNA was extracted using hot acid-phenol method (Ausubel *et al*., 2000). Then, RNA was cleaned by RNA pure kit (Invitrogen).

RT-PCR analysis. RNA was treated by DNase (Invitrogen). cDNA was synthesized using reverse transcriptase kit (Invitrogen).The transcripts of *HXT9*, *HXT11* or *ACT1*genes were PCR amplified from 10-fold dilution of cDNA. Then, we used MxPro QPCR machine for amplify DNA and used MxPro QPCR software for analysis. The fluorescent reporter molecules (SYBR) were incooperatedto monitor the production of amplification products. After that, the PCR products were run onto 1% agarose gel via electrophoresis method for confirmation.

Results and Discussion

We wished to measure the expression of hexose transporter genesin the presence or absence of glucose. In glucose, the results of RT-PCR analysis indicatedminimal change for expression of*HXT9* and *HXT11.* However,both *HXT9* and *HXT11* have increased expression in the absence of glucose.Since*HXT*genes encode for hexose transporter,the expression of*HXT9* and *HXT11*genes may be required to transport glucose into cells which is needed the most when glucose is scarce (in low glucose medium for example).

Summary

In this work, we have examined the expression of *HXT* genes during growth in the presence and absence of glucose.We showed thatthe expression hexose transporters is low in both glucose and no glucose conditions. Further studies on the hexose transporst and their link to virulence in *Colletotrichumgraminicola*is highly interestingand may be useful for improvement of maize quality and yield.

Acknowledgements

We thank to Dr. Bernard Turcottefor generous gift of strains and to Thailand Research Fund for funding.

Literature cited

Agrios, G.N., 2009, Plant Pathogens and Disease: General Introduction.,Encyclopedia of Microbiology 3ed, pp.613-646.

Akache, B., Wu, K.Q. and Turcotte, B., 2001, Phenotypic Analysis of Genes Encoding Yeast Zinc Cluster Proteins, Nucleic Acids Res, 29: 2181–2190.

Ausubel, F.M., Brent, B., Kingston, R.E., Moore, D.D., Seidman, J.G., Smith, J.A. and Struhl, K., 2000, Current Protocols in Molecular Biology., JohnWiley & Sons, Edison, NJ.

Brachmann, C.B., Davies, A., Cost, G., Caputo, J.E., Li, J., Hieter, P. and Boeke, J.D., 1998, Designer Deletion Strains Derived from *Saccharomyces cerevisiae* S288C: a Useful Set of Strains and Plasmids for PCR-mediated Gene Disruption and other Applications., Yeast, 14: 115–132.

Lingner, U., Münch, S., Sode, B., Deising, H.B. and Sauer, N., 2011, Functional Characterization of a Eukaryotic Melibiosetransporter., DOI:10.1104/pp.111.178624

MacPherson, S., Larochelle, M. and Turcotte, B., 2006, A Fungal Family of Transcriptional Regulators: the Zinc Cluster Proteins, Microbiol. Mol. Biol. Rev., 70: 583–604.

Özcan, S. and Johnston, M., 1999, Function and Regulation of Yeast Hexose Transporters, Microbiol. Mol. Biol. Rev. 63: 554–569.

Soontorngun, N., Larochelle, M., Drouin, S., Robert, F. and Turcotte, B., 2007, Regulation of Gluconeogenesis in *Saccharomyces cerevisiae* is Mediated by Activator and Repressor Functions of Rds2., Mol Cell Biol., 27: 7895–7905.

ดัชนีชื่อผู้แต่ง

ก

กนก รัตนะกนกชัย 77, 81, 85, 89, 97, 101, 573, 589, 633
กนกพร บุญศิริชัย 69
กนกวรรณ มั่นศีล 461
กนกวรรณ เสรีภาพ 13, 17, 29, 33, 37, 129
กรณ์วดี ตุ้มทรัพย์ 193
กฤษฎา สัมพันธารักษ์ 189
กฤษณา หงส์คู 241, 449
กวิศร์ วานิชกุล 225, 601
กษิดิศ อิ่มประไพ 125, 613
กัญจนัสม์ พาพล 49
กัญญา เชื้อพันธุ์ 153
กันทรี ฤทธิ์เรืองเดช 117, 425
กาญจนา กล้าแข็ง 69
กานต์สินี หังสพฤกษ์ 129
กิตติ การะพิมพ์ 173
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ 473, 477, 497
เกศินี สังข์คำ 642
เกษม หฤทัยธนาสันติ์ 305

ข

ขจรรัฐ ทองโย 57
ขนิดา ญาณถวิล 537

ค

คงกฤษ น้อยเผ่า 517
คชรัตน์ ทองฟัก 257
คมจันทร์ สรงจันทร์ 565
คิ่น เลย์ คู 77, 81, 97, 101, 589, 633

จ

จริยา สุขสวัสดิ์ 409
จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ 77, 81, 97, 589
จักรพล มหากลั่น 65
จักรี เส้นทอง 41
จักรี เหล็กกล้า 45
จันทกานต์ อรณนันท์ 185
จันทร์เพ็ญ แสงประกาย 253
จาตุรงค์ จงจีน 597, 653
จารุณี เชิดชัยสถาพร 53
จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ 381
จินตนา ไชยวงค์ 73
จิรวัฒน์ สนิทชน 137
จิระนิล แจ่มเกิด 229, 233, 237
จิราภา มาอินทร์ 433
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล 569
จุฑามาศ ส่องแสง 625
จุติมา คล้ายจันทร์ 409
จุรีพร เสือเดช 393

ฉ

ฉัตรภา หัตถโกศล 517
เฉลิมชัย วงษ์อารี 561
เฉลิมพล ภูมิไชย์ 193

ช

ชณิตรา โพธิคเวษฐ์ 525
ชลกร อมรพิมล 245
ชลทิศ โชคปิตินันท์ 457
ชลธิชา ยวงใย 41
ชลิดา ชลไมตรี 529
ชลิดา เนียมนุ้ย 209, 381
ชวนพิศ อรุณรังสิกุล 145, 149, 285
ชวินโรจน์ พจน์ประบุญ 273
ช่อลัดดา เที่ยงพุก 253
ชัยนาท ชุ่มเงิน 629
ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร 561
ชาลินี ตั้งสมบัติวิจิตร 85
ชุลีกร ผ่องแผ้ว 153

ฎ

ฎายิน ทัศนเสถียร 453

ฐ

ฐิติพัฒน์ ตั้งใหม่วงศธร 561
ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ 609

ณ

ณกัญญา พลเสน 642

ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ 105, 109, 113, 117, 121, 125, 241, 245, 249, 313, 321, 333, 309, 317, 325, 333, 337, 345, 353, 365, 349, 413, 417, 421, 425, 429, 433, 485, 505, 537, 581, 605, 613, 621, 633, 662
ณัฏฐ์สิริ ลักษณะอารีย์ 305
ณัฐกฤช อัสนี 637
ณัฐกานต์ ปรารถนา 201
ณัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา 509
ณัติฐพล ไข่แสงศรี 605, 621
ณาฐวรา จิรันดร 213

ด
ดวงพร ตันติโช 217, 221
ดวงฤดี หวั้นหนู 353, 662
ดุษยา เบญจพงษ์วิมล 393

ท
ทนิดา ตะเภาลอย 153
ทรงพล จิตวิริยะ 261
ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย 525, 545, 577, 642
ทวีศักดิ์ ภู่หลำ 193
ทศพล แทนรินทร์ 609
ทิพวรรณ ผาสกุล 385
เทพกัญญา หาญศีลวัต 5
เทพา ผุดผ่อง 305
เทอดธวัช โสภณดิลก 525

ธ
ธงชัย พุฒทองศิริ 445
ธนภรณ์ ทองแพง 642
ธนภักษ์ อินยอด 9, 650
ธนวรรณ วันทอง 5
ธเนศ จิระพรประเสริฐ 29
ธัญญลักษณ์ ทอนราช 377
ธานี ศรีวงศ์ชัย 193
ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี 13, 17, 21
ธีรวุฒิ หวังอำนวยพร 329
ธีระพงษ์ ขันทเจริญ 121, 337
ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล 449, 453

น
นงลักษณ์ เพียเทพ 521
นนท์พิพัฒน์ วุฒิกานนท์ 489
นพรัตน์ ทูลมาลย์ 656
นภัสภรณ์ หินทอง 501
นภัสสร เพียสุระ 325
นภาภรณ์ แซ่ลี้ 249, 365
นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ 497
นฤมล พงษ์รามัญ 477
นลินี พูลพิพัฒน์ 313
นันทยา เก่งเขตร์กิจ 257
นันทรัตน์ ณ นครพนม 181
นันทิดา บรรณสาร 369, 373
นามชัย กิตตินาคบัญชา 637
นิตยา เทพปฐม 377
นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์ 549
นิพนธ์ ใจปลื้ม 49
นิพร เดชสุข 513
นิษก์นิภา สุนทรกุล 85, 89, 665
นิสานารถ กระแสร์ชล 557
เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์ 145, 285
เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ 133, 141, 289

บ
บัญญัติ เศรษฐฐิติ 25
บุญเรือนรัตน์ เรืองวิเศษ 585
บุศรา อินทวิรัช 593
เบญจมาส รัตนชินกร 205, 565
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ 261, 393, 501, 509

ป
ปกขวัญ หุตางกูร 261
ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย 1, 385, 489
ปฐมาภรณ์ พิทักษ์ภากร 377
ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ 185
ประภา ศรีพิจิตต์ 53
ประศาสตร์ เกื้อมณี 201
ปรางค์ทอง กวานห้อง 205, 565
ปราณี ถาวรลักษณ์ 361
ปราโมทย์ ไตรบุตร 656
ปริปก พิศสุวรรณ 633
ปริยวรรณ ทรัพยสาร 577
ปริยานุช จุลกะ 521, 549
ปรีดา บุญ-หลง 29, 33, 37, 129
ปัณณพร ตันธีระพงศ์ 517
ป่าน ปานขาว 629
ปาริฉัตร แพ่งผล 225

ปาริชาติ พรมโชติ 521
ปิยสุดา เทพนอก 89
ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม 157
เปมิกา จรเด็จ 489

ผ
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ 529, 541, 545, 577
ผาณิต ไทยยันโต 509
ผาณิต รุจิรพิสิฐ 405

พ
พจมาลย์ สุรนิลพงศ์ 301
พนิดา ทับทิมเพียร 153
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย 533, 569
พยุงศักดิ์ รวยอารี 585
พรจันทร์ จงศรี 13
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ 93
พรทิพย์ ยศยิ่ง 513
พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ 401
พรนภา ดำรงแท้ 401
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ 513
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล 517
พัชณี ธีระสำราญ 457
พัชราภรณ์ ประดับมุข 273
พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์ 581
พายัพ มาศนิยม 493
พิจิตรา แก้วสอน 521, 549
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล 5, 269, 341, 397
พิชัย ทองดีเลิศ 617
พิณริยา มุขกระโทก 449
ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ 37
ไพรินทร์ กปิลานนท์ 261

ภ
ภณิดา เอี่ยมรัชนี 513
ภรณี สว่างศรี 585
ภราดร ณ พิจิตร 469
ภัชรี สิทธิกิจโยธิน 93
ภัทธรวีร์ พรหมนัส 656
ภัทร ไตรปัญญาศาสตร์ 513
ภัทรวดี วงศ์ชนะภัย 441
ภัทรา ผาสอน 77, 81, 97, 589
ภัสจนันท์ หิรัญ 321, 505
ภาธินี สุวรรณมณี 181

ม
มณฑิรา นพรัตน์ 513
มนู จิตรสิงห์ 213
มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์ 305
มัลลิกา นวลแก้ว 629
มัลลิกา บุญฤทธิ์ 17

ย
ยรรยง เฉลิมแสน 257
ยาตรา ยมสูงเนิน 277
ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา 389, 625
ยุทธนา บรรจง 305
ยุพดี เผ่าพันธุ์ 656
ยุวรินทร์ สุทธิพงศ์พาณิช 409
ยูทากะ โมริ 77, 81, 97
เยาวภา ไหวพริบ 277
เยาวลักษณ์ จันทร์บาง 469

ร
รัชฎาภรณ์ คะประสบ 417, 421
รัชนี ไสยประจง 93, 101, 329, 573, 593
รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ 401, 429
รัฐ พิชญางกูร 29, 33, 37, 129
รัฐพล ฉัตรบรรยงค์ 229, 233, 237
รัตติยา แววนุกูล 81, 97
รัตนาภรณ์ บุญเรือง 185
รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ 157, 645
ราตรี มงคลไทย 385
รุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล 585
เริงนภรณ์ ไม้พวง 257

ฤ
ฤาชา บุญยกิจโณทัย 25

ล
ลดาวัลย์ ช่างชุบ 397
ลักขณา เบ็ญจวรรณ์ 285

ว
วณิช ลิ่มโอภาสมณี 609
วรรณธิรา รณะบุตร 21
วรวีร์ หอมหวาน 461
วรัมพร วงศ์สุดิน 317, 113
วริศรา ชื่นอารมณ์ 345, 349

วริสรา ปลื้มฤดี 133, 141, 165, 177, 289
วันชัย จันทร์ประเสริฐ 153, 201
วันทนา ศรีรัตนศักดิ์ 73
วันทนา สะสมทรัพย์ 9, 650
วันพร เข็มมุกด์ 157, 645
วันวิสาข์ ชัยหาญ 301
วาริช ศรีละออง 525, 545, 553, 561, 577
วิชชุดา รัตนากาญจน์ 157, 645
วิชชุดา สังข์แก้ว 405
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล 369, 373, 461, 465, 473, 557
วินัย สมประสงค์ 629, 656
วิภาดา กันทยศ 389
วิมลพรรณ รุ่งพรหม 357, 361
วิษณุ ทรัพย์กร 197
วีรยุทธ สีหานู 137

ศ
ศรีรัตน์ รอดณรงค์ 33
ศานิต สวัสดิกาญจน์ 141, 161, 165, 169, 173, 177, 197, 357
ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ 205
ศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์ 561
ศิริชัย กัลยาณรัตน์ 533
ศิริพร จิรเจริญผล 101
ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล 293, 297, 357, 361
ศิริวรรณ ทิพรักษ์ 149
ศุภกิตต์ สายสุนทร 25, 57, 61
ศุภจิตรา ชัชวาลย์ 29, 33, 37, 129
ศุภลักษณ์ พิริยะพันธุ์สกุล 533

ส
สมชาติ หาญวงษา 257
สมพิศ สอนโยธา 77, 97, 589
สมหมาย ศรีวิสุทธิ์ 69
สรวิศ แจ่มจำรูญ 9, 650
สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ 53
สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา 445, 381
สันติชัย สิริวัชโรดม 209
สันทัด วิเชียรโชติ 465
สายัณห์ ทัดศรี 53
สาวิตร มีจุ้ย 41
สาวิตรี บัวขาว 77
สาวิตรี วีระเสถียร 650
สิงหราช โค้วเจริญ 161, 165
สิทธินันต์ จองโพธิ์ 189
สิรินันท์ พ้นภัย 477
สิรินันท์ สุขทวี 553
สิรินันทน์ สุขทวี 525
สิริมา ชินสาร 273, 369, 373, 437, 441, 557
สิริลักษณ์ บารมี 665
สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์ 169, 357
สิริวัฒน์ บุญชัยศรี 217, 221, 265
สุกัญญา อรัญมิตร 73
สุชาดา เวียรศิลป์ 469
สุชาดา เสกสรรวิริยะ 609
สุดธิดา จิรัฐิติพันธ์ 593
สุดสายสิน แก้วเรือง 61
สุดารัตน์ สุพานิช 377
สุทธินี สุปิยพันธ์ 181
สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ 509
สุธาทิพย์ ศรีศักด 261
สุนิยม ตาปราบ 69
สุปราณี แก้ววิหาร 525
สุปราณี งามประสิทธิ์ 201
สุพรรนี อะโอกิ 597, 653
สุพัตรา เปี่ยมวารี 9, 650
สุภัทร์ ไชยกุล 117, 425
สุภัทรา ลิลิตชาญ 377
สุภาพร ไตรลักษณ์ 293
สุภาภรณ์ เลิศศิริ 617
สุภาวดี ง้อเหรียญ 585
สุภาวดี ฉิมทอง 589
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก 659
สุรพงษ์ พินิจกลาง 93, 101, 457, 573, 593
สุรศักดิ์ นิลนนท์ 229, 233, 237
สุรศักดิ์ สัจจบุตร 609
สุริยา อินอร 265
สุริวิภา สังขาร 9, 650
สุวรรณี ศรีสุวรรณ 517
สุวิทย์ เฑียรทอง 141
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ 457
โสรยา เกิดพิบูลย์ 281
โสรยา เกิดพิบูลย์ 445

ห
หทัยรัตน์ อุไรรงค์ 585
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ 269

อ

อดิศักดิ์ จิตรภูษา 213
อนันต์ ทองทา 277
อนุชิตา มุ่งงาม 1
อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม 185
อโนชา สุขสมบูรณ์ 497
อภิชาติ ลาวัณย์ประเสริฐ 69
อภิญญา จุฑางกูร 253
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ 529, 541, 545, 577
อมมี เบญจมะ 493
อรพรรณ เสลามาศสกุล 413, 485
อรพิน เกิดชูชื่น 105, 109, 113, 117, 121, 125, 241, 245, 249, 309, 313, 317, 321, 325, 333, 337, 345, 349, 353, 365, 413, 417, 421, 425, 429, 433, 485, 505, 537, 581, 605, 613, 621, 633, 662
อรรจนา ด้วงแพง 65
อรวรรณ ทองเรือง 409
อรสา สุริยาพันธ์ 481
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ 109
อะคิฮิโกะ โคสุกิ 77, 81, 97
อัครเดช นครเสด็จ 309
อัจฉราพรรณ ใจเจริญ 585
อัจฉราพรรณ เนลสัน 465
อัญชลี คะสุรินทร์ 481
อัญชลี ใจดี 45
อัญชลี เป้าสิงห์ 601
อาภัสรา แสงนาค 409
อาภาพรรณ ชัฏไพศาล 313
อุทร ชิขุนทด 261
อุมาพร ทาไธสง 369, 373
อุษารัตน์ แววตระการ 209

S

Sasongko, P. 105, 333

ดัชนีคำสำคัญ

ก

กรดไขมัน, 369, 373
กรดจิบเบอเรลลิก, 521
กรดซาลิไซลิก, 533
กรดฟีนอลิก, 377
กรดออกซาลิก, 213
กรดอะมิโน, 493
กรดแอสคอร์บิกและอนุพันธ์, 529
กระถินยักษ์, 53
กระบวนการงอก, 113, 317
กระบวนการผลิต, 601
กระบวนการหมัก, 317, 433
กระเพรา, 353
กระวาน, 353
กล้วยไม้หวายมาดามปอมปาดัวร์, 301
กล่องแบบฝาหอย, 545
กวางตุ้งฮ่องเต้, 293
กะหล่ำปลีม่วง, 509
กัมอะราบิค, 5
กาก, 61
กากงา, 417, 421
กาบ้า, 117, 425
การกระตุ้นความงอก, 549
การกะเทาะข้าวเปลือก, 153
การกำจัดน้ำด้วยวิธีออสโมซิส, 273
การเก็บเกี่ยว, 57
การเก็บรักษา, 109, 205, 557
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ, 553
การเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว, 13
การเกิดสีน้ำตาล, 213, 529
การขยายพันธุ์พืช, 261
การขาดน้ำ, 161, 173, 177
การขุด, 25
การแข่งขันผสมพันธุ์, 609
การคงสภาพ, 1
การควบคุมโดยชีววิธี, 157
การควบคุมทางชีวภาพ, 169
การคุ้มครองพันธุ์พืช, 629
การเคลือบผิว, 205
การงอก, 181
การจุ่มน้ำร้อน, 17
การเจริญ, 225
การเจริญเติบโต, 141, 305
การฉายรังสี, 577
การฉายรังสีแกมมา, 525
การแช่น้ำ, 381
การแช่เมล็ดพันธุ์, 149
การใช้ความร้อน, 469
การใช้ประโยชน์, 656
การใช้แหล่งคาร์บอน, 665
การซึมผ่านน้ำมัน, 125
การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส, 461
การดูดซับน้ำมัน, 453, 513
การดูดซึมธาตุอาหาร, 285
การตรวจสอบ วิธี immunochromatographic assay, 645
การตัดต่อพันธุกรรม, 633
การตัดสินใจซื้อ, 617
การต้านการกลายพันธุ์, 253
การต้านจุลินทรีย์, 329
การต้านทานน้ำ, 621
การต้านสารอนุมูลอิสระ, 329
การเตรียมขั้นต้นด้วยสุญญากาศ, 273
การเติบโต, 33, 217
การถ่ายเทมวลสาร, 461
การทดสอบทางประสาทสัมผัส, 457, 613
การทอดแบบน้ำมันท่วม, 441, 453
การทำแห้ง, 473
การทำแห้งก่อนการทอด, 441
การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, 277
การแทงราก, 642
การบ่มเมล็ดพันธุ์, 549
การบีบอัด, 581
การประเมินลักษณะประจำพันธุ์, 629
การปรับปรุงประชากร, 193
การปรับปรุงประชากรแบบ Flexible, 193
การปรับปรุงพันธุ์ข้าว, 69
การปลูก, 25
การเปรียบเทียบ, 601
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ, 557
การผสมพันธุ์กันได้, 609

การพัฒนาที่ยั่งยืน, 637
การพัฒนาสูตร, 659
การเพาะเลี้ยงสปอร์, 261
การเพิ่มผลผลิต, 37
การแพทย์แผนไทย, 637
การย่อยในสภาวะเลียนแบบร่างกาย, 181
การย่อยแป้ง, 449
การย่อยสลายด้วยเอนไซม์, 421
การยับยั้งการเจริญเติบโต, 161, 165, 173, 197
การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์, 662
การรวบรวมเชื้อพันธุกรรม, 137
การละลาย, 381
การวางแผนวิธี Plackett and Burman, 465
การสกัด, 369, 377
การสกัดกลิ่นรส, 241
การสกัดด้วยตัวทำละลาย, 333, 341, 581
การสกัดน้ำมัน, 61
การสะสมน้ำหนักแห้ง, 41
การสี, 153
การเสื่อมสลาย, 381
การแสดงออก, 585
การหั่นชิ้น, 565
การให้ความร้อนแบบโอห์มมิค, 1
การให้น้ำท่วมขัง, 165, 197
การอบแห้ง, 269, 513
กำลังการพองตัว, 309
เกษตรอินทรีย์, 21
แกนสับปะรด, 589
แก้วมังกรแดง, 209

ข

ขนมปังแท่ง, 405
ขนมหวาน, 401
ขมิ้นชัน, 269, 353
ข่า, 277
ข้าว, 45, 113
ข้าวกล้องงอก, 117, 425
ข้าวกล้องเหนียว, 433
ข้าวเกรียบกุ้ง, 481
ข้าวเจ้ากล้อง, 433
ข้าวไทย, 341
ข้าวปลูก, 141
ข้าวป่า, 69
ข้าวโพด, 113, 317
ข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์, 529
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, 53
ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง, 137
ข้าววัชพืช, 141
ข้าวสุพรรณบุรี 1, 145
ข้าวหอมมะลิ, 341
ข้าวเหนียว, 401
ข้าวอินทรีย์, 65
ขิง, 525

ค

คลื่นความถี่วิทยุ, 469
ความงอก, 521, 549
ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์, 177
ความทนเค็ม, 85
ความไวต่ออุณหภูมิสูง, 85
ความเสถียรทางความร้อน, 397
ความหนืด, 309
ความหลากชนิด, 73
ความหลากหลาย, 656
ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, 49
คอลลาเจน, 501
คะน้า, 561
ค่าการดูดซับน้ำมัน, 481
คาร์นูบา, 205
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, 501
คาราจีแนน, 509
คุณค่าทางโภชนาการ, 437, 477, 581
คุณค่าทางสารอาหาร, 321
คุณค่าอาหาร, 9
คุณภาพ, 525, 569
คุณภาพการสี, 153
คุณภาพของเจล, 509
คุณภาพของบะหมี่, 497
คุณภาพทางเคมี-กายภาพ, 109, 181
คุณภาพใบชา, 365
คุณภาพเมล็ดพันธุ์, 201
คุณภาพหลังการต้ม, 477
คุณสมบัติทางกายภาพ, 581
เค้กเนย, 449
เครื่องขุดย้ายต้นไม้, 25
เครื่องวัดเนื้อสัมผัส, 457
เคอร์คูมินอยด์รวม, 389
แครอท, 509

แคลเซียมคลอไรด์, 513
โควาเลนท์ โครมาโตกราฟี, 593
ไคโตซาน, 13, 29, 33, 129, 365, 569

ง
งาขี้ม้อน, 405
งาดำ, 113
งามน, 405

จ
จลนพลศาสตร์, 269
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์, 169
จุลินทรีย์ไม่ใช้ออกซิเจนทนร้อนสูง, 77
โจ๊ก, 445
โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป, 489
โจ๊กผสมฟักทอง, 445
ช้องนางคลี่, 261

ช
ชาอัสสัม, 365
ชุดตรวจสอบ, 645
เชื้อราก่อโรคพืช, 665
แชมพูสมุนไพร, 659

ซ
ซับสเตรตอนุพันธ์ พารา-ไนโตรอะนิไลด์, 101
ซิลิกอน, 45
ซุปเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์, 313
ซูโครสเอสเทอร์, 409
เซลล์แขวนลอย, 249
เซลลูเลส, 589, 653
เซลลูโลโซม, 81
เซินจู, 225
ไซลาเนส, 97

ด
ด้วงถั่วเขียว, 469
ดัชนีการดูดซึมน้ำ, 621
ดัชนีการละลายน้ำ, 621
ไดยูรอน, 257

ต
ต้นข้าว, 153
ต้นตอ, 229, 233, 237
ต้นทุน, 601
ตัวควบคุมการ transcription, 665
ตัวควบคุมการถอดรหัสพันธุกรรม, 85
ตัวควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม, 89
ตัวทำละลายอินทรีย์, 241
ตำรับชีวภัณฑ์, 293

ถ
ถั่วเขียว, 181, 469
ถั่วคาวาลเคด, 185
ถั่วดำ, 401
ถั่วแดง, 321, 505
ถั่วเหลือง, 113, 201, 317
ถุงตาข่าย, 545

ท
ทำมัง, 313
ทุเรียน *(Durio zibethinus* L.), 241
เทคนิค gold labeled IgG flow test (GLIFT), 645
แทนนิน, 245, 393

น
น้ำ, 265
น้ำขี้หมู, 149
น้ำมันพืช, 453
น้ำมันมะพร้าว, 369
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์, 557
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน, 581
น้ำมันหอมระเหย, 105, 277, 313, 345, 353, 662
น้ำมันหอมระเหยอบเชย, 349
น้ำส้ม, 501
น้ำโอโซน, 541
นิเวศวิทยา, 133, 289
เนื้อในเมล็ดมะม่วง, 397
เนื้อปลาบด, 485
ไนโตรเจน , 53

บ
บรรจุภัณฑ์, 545, 577
บรรจุภัณฑ์กระดาษป้องกันเชื้อรา, 349
บรรจุภัณฑ์บริโภคได้, 613
บะหมี่แห้ง, 477
เบต้ากลูแคน, 650
เบต้ากลูโคซิเดส, 81

เบต้าไซยานิน, 209
แบคทีเรียก่อโรคทางอาหาร, 373
แบคทีเรียปฏิปักษ์, 157
โบรมาซิล, 257
โบรมิเลน, 589
ใบผักโขมผง, 477
ใบมะรุมผง, 497
ไบโอพอลิเมอร์, 309
ไบโอออโทกราฟี, 361

ป

ปฏิกิริยาสีน้ำตาล, 537
ประเทศไทย, 625
ประสิทธิภาพการต้านเชื้อแบคทีเรีย, 105
ประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์, 41
ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ, 113
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, 429
ปลาเกล็ดขาวอบกรอบ, 613
ปัจจัย, 617
ปาเปน, 101, 593
ป่าไผ่, 133, 289
ปุ๋ย, 217, 221
ปุ๋ยพืชสด , 53
เปปซิน, 393
เปลือกผลไม้, 385
เปลือกเมล็ดทานตะวัน, 481
แป้งกล้วย, 489
แป้งเนื้อในเมล็ดมะขาม, 5
แป้งพรีเจล, 117, 425
แปลงผัก, 289
โปรติเอส, 597
โปรตีน, 125
โปรตีนถั่วเหลือง, 593
โปรตีนไฮโดรไลเซท, 417, 421
โปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน, 485
โปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme®, 413

ผ

ผงมะม่วงหิมพานต์, 245
ผลตกค้าง, 257
ผลเน่า, 545
ผลผลิต, 41, 145, 221, 305
ผลไม้, 57, 225
ผลลองกอง, 253
ผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหาร, 517
ผัก, 281
ผักโขมเมล็ด, 41
ผักสลัด, 21, 29, 33
ผักสลัดสายพันธุ์ ‘เรดโอ๊ค’, 37
เผือก, 441

ฝ

ฝรั่ง, 225
แฝก, 345

พ

พริก, 285
พริกหวาน, 305
พอลิแซคคาไรด์, 325
พอลิสไตรีน, 605
พัฒนาผลิตภัณฑ์, 281
พืช, 633
พืชป่าชายเลน, 437
พืชวงศ์ผักชี, 361
พืชสกุลขิง, 389
พืชสกุลห้อมช้าง (*Phlogacanthus* Nees), 656
พืชสมุนไพรจีน, 357
พืชสมุนไพรไทย, 329
พุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ล, 533
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล, 69, 73
โพแทสเซียมไนเตรต, 521
โพลีเอทิลีน, 545

ฟ

ฟักทอง, 273, 509
ฟางข้าว, 81, 133, 377
ฟิล์มบริโภคได้, 125, 537, 662
ฟิล์มพีวีซี, 545
ฟีนอลิก, 341, 397
ฟีโนไทป์, 85
โฟมแป้งมันสำปะหลัง, 605, 621

ภ

ภาวะเค็ม, 45
โภชนาการ, 505

ม

มอลโตเดกซ์ตริน, 5
มอลโตเด็กซ์ตริน, 209, 501
มะกรูด, 345
มะเขือเทศ, 265, 297, 305, 509
มะนาว, 13, 17
มะพร้าวน้ำหอม, 213, 553
มะม่วง, 565, 601
มันสำปะหลัง, 173
มัลติโดแมน, 97
เมตาบอลิซึมของกรดไขมัน, 89
เมทิลเซลลูโลส, 513
เมล็ด, 185
เมล็ดบัว, 461
เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง, 177
เมล็ดพันธุ์พริก, 549
เมล็ดหญ้าสนาม, 521
แมงกะพรุนถ้วย, 393
แมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก, 609
ไมโครเวฟสุญญากาศ, 269
ไม้ดอกไม้ประดับ, 617
ไม้เต็งรัง, 133

ย

ยอดจำนวนมาก, 185
ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์, 353
ยางพารา, 197
ยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว, 17
ยูคาลิปตัส, 345
เยื่อหุ้มเมล็ด, 201
แยม, 437
ใยอาหาร, 517

ร

รงควัตถุ, 45
ระดับการย่อยสลาย, 413
ระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน, 265
ระบบปลูกพืช, 137
รังสีแกมมา, 577, 545
รายได้, 601
ราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา, 21
รีซิสแทนต์สตาร์ช, 409
เรดโอ๊ก, 33
แรงต้านทานการกด, 605
แรงต้านทานการโค้งงอ, 605
แร่ธาตุ, 493
โรคถอดฝักดาบของข้าว, 157
โรคเมล็ดด่างของข้าว, 169, 357
ไร่นา, 289

ฤ

ฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์, 253
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, 1, 245, 385
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, 389, 625
ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น, 377
ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา, 361
ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย, 373

ล

ลักษณะการไหล, 445
ลักษณะทางกายภาพ, 201
ลำแพน, 437
ลำไยผง, 473
ลูกผสม, 189

ว

วัสดุกึ่งชีวภาพ, 37
วัสดุชีวภาพ, 37
วิตามินซี, 245
วิตามินบี 1, 117, 425
วิธีการคัดเลือก S_1~Half-sib selection, 189
วิธีการคัดเลือกเพื่อพัฒนาเชื้อพันธุกรรม, 193
ไวรัสใบหงิกของข้าว, 645

ศ

ศัตรูธรรมชาติ, 73

ส

สกรูอัด, 61
สกุลขมิ้น, 625
สเปกตรัม, 397
สมบัติเชิงกายภาพ, 445
สมบัติทางกายภาพของดิน, 265
ส้มโอม, 109
สมุนไพรไทย, 637
สรีรวิทยา, 569
สลัด, 281
สลัดผักปรุงรส, 281

สวนไม้ผล, 289
สะระแหน่, 353
สับปะรด, 629
สาคู, 49
สายพันธุ์ผสมรวม, 189
สารกำจัดวัชพืช, 257, 642
สารควบคุมการเจริญเติบโต, 301
สารเคอร์คิวมินอยด์, 625
สารฆ่าแมลง, 73
สารต้านโภชนาการ, 505
สารต้านอนุมูลอิสระ, 317, 321, 337, 417, 429, 505
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, 417
สารประกอบฟีนอลิกรวม, 385
สารประกอบฟีนอลิค, 121, 245, 337
สารปรุงแต่งกลิ่นรส, 485
สารมูลค่าสูง, 589
สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล, 213
สารละลายปักแจกัน, 541
สารละลายอาหารเสริมพืช, 149
สารสกัดจากเมล็ดมะละกอ, 642
สารสกัดสมุนไพร, 659
สารสกัดหยาบ, 357
สารหอมระเหย, 109, 241, 345, 413, 421
สารอาหาร, 113
สาหร่าย, 493
สาหร่ายผมนาง, 309
สาหร่ายสกุลกราซิลาเรีย, 485
สาหร่ายไส้ไก่, 325
สำรอง, 517
สี, 277
สีผสมอาหารจากธรรมชาติ, 209
สูตรสำเร็จรูปผง, 157
เส้นใยฝ้าย, 653
เส้นใยไหม, 597
เสาวรส, 217, 221

ห

หน่อไม้ฝรั่ง, 569
หมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง15, 617
หินปูน, 229, 233, 237
หุงสุกเร็ว, 401
เห็ดนางฟ้า, 513
เห็ดนางฟ้าภูฏาน, 9, 650
เห็ดเป๋าฮื้อ, 650
เห็ดหูหนู, 650
โหระพา, 353

อ

องค์ประกอบทางเคมี, 493
องค์ประกอบผลผลิต, 145
องุ่น, 249
องุ่นทำไวน์, 229, 233, 237
อบเชย, 345
อ้อย, 161, 165
อะไมเลส, 585
อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน, 125
อัตราการดูดน้ำกลับ, 489
อัตราการหายใจ, 561, 565
อาการสะท้านหนาว, 533
อายุการเก็บรักษา, 553
อินทรีย์สาร, 301
อิมัลชันเชิงซ้อน, 5
อุณหภูมิ, 565
อุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้, 57
เอกซ์ทรูชั่น, 117, 425
เอทานอล 81, 633
เอนไซม์เชิงซ้อน, 97
เอนไซม์เซลลูเลส, 633
เอนไซม์ทนร้อน, 77
เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส, 497
เอนไซม์ย่อยผนังเซลล์พืช, 77
เอนโดไฟติกแบคทีเรีย, 65
แอปเปิลตัดแต่งสด, 537
แอลฟา อะไมเลส, 93
แอลฟา, 585
โอลิโกแซคคาไรด์, 465
ไอโซฟลาโวน, 381
ไอโซมอลทูโลส, 449
ไอศกรีม, 465

ฮ

ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส, 409
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, 481
ไฮโดรพอนิก, 29
ไฮโดรพอนิกส์, 129

A

agar plate diffusion, 93, 573
α-amylase, 93, 585
alternate S_1~Half-sib selection, 189
amaranth leaves powder, 477
amino acid, 493
Ananas spp., 629
antagonistic bacteria, 157
antagonistic microorganisms, 169
antibacterial activity 373, 105
antibacterial, 353
antifungal activity, 361
antifungal paper packaging, 349
antimicrobial activity, 329
antimicrobial, 662
anti-mutagenic activity, 253
anti-nutrition, 505
antioxidant activity, 1, 113, 245, 317, 329, 337, 377, 385, 389, 417, 429, 489, 625
antioxidant, 321
anti-oxidant, 505
Arbuscular mycorrhiza, 21
aromatic coconut, 213, 553
ascorbic acid and its derivatives, 529
asparagus, 569
Assam tea, 365
Auricularia auricula, 650
AZCL-amylose, 93
AZCL-casein, 573

B

Bacillus subtilis, 293, 297, 585
Bactroceradorsalis (Hendel), 609
bamboo, 133, 289
banana flour, 489
betacyanins, 209
β-glucan, 650
β-glucosidase, 81
Bhutan Oyster Mushroom, 9
Bifidobacterium longum, 433
bioautography, 361
bioethanol, 633
bioformulation, 293
biological control, 157, 169
biomaterial, 37
biopolymer, 309
black bean, 401
black sesame, 113
Botrytis cineria, 297
breadstick, 405
Bromacil, 257
bromelain, 589
brown planthopper resistance, 69
brown planthoppers, 73
brown rice, 433
browning agent, 213
browning reaction, 537
browning, 213, 529
butter cake, 449
Butterhead, 129

C

C. saccharolyticus, 77
calcium chloride, 513
carbon source utilization, 665
carboxymethylcellulose (CMC), 501
cardamom, 353
carnauba, 205
carrageenan, 509
carrot, 509
cashew apple powder, 245
cassava starch foam, 605, 621
cassava, 173
catechin, 121
catechins and derivatives, 365
cavalcade, 185
cellulase, 589, 633
cellulases, 653
cellulosome, 81
characterization, 629
chemical composition, 493
chili, 285
chilling injury symptoms, 533
chinese herbs, 357
chitosan, 13, 29, 33, 129, 365, 569
cinnamon oil, 349
cinnamon, 345
clamshell box, 545

coating, 205
coconut oil, 369
cold press, 581
collagen, 501
color, 277
comparison, 601
compatibility, 609
competitiveness, 609
composite sibbed line, 189
compressive strength, 605
cooking quality, 477
core pineapple, 589
cost, 601
cotton fiber, 653
covalent chromatography, 593
cowpea weevil, 469
crop, 633
cropping system, 137
crude extracts, 357
cultivated rice, 141
cup jellyfish, 393
Curcuma spp., 625
curcuminiods, 389, 625
cutting, 565

D
decision making, 617
deep fat frying, 441, 453
degradation, 381
degree of hydrolysis, 413
de-hulling, 153
Dendrobium orchid, 541
Dendrobium pompadour, 301
desserts, 401
detection, 645
development, 225
dietary fiber supplement, 517
dietary fiber, 517
digging machine, 25
digging, 25
dipterocarp, 133
dirty panicle disease in rice, 169, 357
disc diffusion method, 349
dissolve, 381
Diuron, 257
diversity, 656
DPPH, 429
dried alkaline noodle, 477
drying, 269, 473, 513
durian (Durio zibethinus L.*)*, 241

E
EC_{50}, 329
ecologies, 133, 289
edible film, 125, 537, 662
edible film, edible packaging, 613
element, macroalgae, 493
endophytic bacteria, 65
enzymatic hydrolysis, 421
enzymatic-bromelain seaweed protein hydrolysate (eb-SWPH), 485
enzymatic-Flavourzyme® seaweed protein hydrolysate, 413
epicatechin, 121
Escherichia coli, 585
essential oil, 105, 313, 345, 353, 662
ethanol, 81
eucalyptus, 345
expression, 585
extraction, 369
extraction, 377
extrusion, 117, 425

F
factor, 617
fatty acid metabolism, 89
fatty acid, 369, 373
fermentation, 317, 433
fertilizer, 217, 221
field crop, 289
flavor extraction, 241
flavored vegetable salad, 281
flexible population improvement, 193
flexural strength, 605
flow characteristic, 445
food-borne bacterial pathogens, 373
formula development, 659
fresh cut apple, 537

fruit harvesting equipment, 57
fruit orchard, 289
fruit peel, 385
fruit production, 221
fruit rot, 545
fruit, 57, 225
fruit bromelain, 457
Fusarium sp., 357

G
GABA, 117, 425
galangal, 277
gamma irradiation, 525
gamma ray, 545
gamma, 577
gas chromatography-mass spectrometry, 105, 333
gel quality, 509
gene manipulation, 633
germinated brown rice, 117, 425
germination, 113, 181, 317, 521, 549
germplasm collection, 137
gibberellic acid, 521
ginger, 525
glutinous brown rice, 433
gold labeled IgG flow test (GLIFT), 645
Gracilaria spp., 309, 485
Grain amaranth, 41
green manure, 53
growth regulators, 301
growth, 33, 141, 305
guava, 225
gum arabic, 5

H
harvesting, 57
head rice, 153
heat sensitivity, 85
heat treatment, 469
herbal extracts, 659
herbal plant extracts shampoo, 659
herbicide, 642
herbicides, 257
High value-added products, 589
holy basil, 353
Hongtae Pak Choi, 293
hot water treatment, 17
hybrid, 189
hydrogen peroxide, 481
hydrolysed vegetable protein, 417, 421
hydroponic, 29
hydroponics, 129
hydroxypropylmethylcellulose, 409

I
IAA-like substance, 65
ice cream, 465
immunochromatographic assay, 645
In vitro gastrointestinal digestion, 181
income, 601
indigenous upland rice, 137
inhibition of growth, 161, 165, 173, 197
inhibition zone, 349
insecticides, 73
instant porridge, 489
in-vitro starch hydrolysis, 449
irradiated, 577
Isoflavones, 381
Isolated soy proteins, 593
isomaltulose, 449

J
jam, 437
jasmine rice, 341
jujube fruits (cv. bomp apple), 533

K
kaffir lime, 345
kale, 561
kidney bean, 321, 505
kinetics, 269

L
lettuce, 21, 29, 33
Leucaena, 53
lime, 13, 17
limestone, 229, 233, 237
Listea petiolata, 313
longan powder, 473

Longkong fruit, 253
lotus seed, 461
low temperature, 553
Lycopodium phlegmaria, 261

M
maize breeding programs, 193
maize, 113, 313
maltodextrin, 5, 209, 501
maltodextrin, 517
malva nut, 517
mango seed kernel, 397
mango, 601, 565
mangrove plant, 437
mass transfer, 461
methylcellulose, 513
MichaelisMenten, 561
microwave-vacuum, 269
milling quality, 153
milling, 153
moringa leaves powder, 497
multi-domain, 97
multienzyme complex, 97
multiple emulsion, 5
multiple shoots, 185
mung bean, 181, 469
Muscat Hamburg, 337
mutagenic activity, 253

N
natural enemies, 73
natural food colorant, 209
net bag, 545
nitrogen, 53
noodle quality, 497
nutrient, 9
nutrients assimilation, 285
nutrition, 321, 505, 581
nutritional values, 113, 477
nutritive value, 9, 437

O
ohmic heating, 1
oil absorption, 513
oil extraction, 61
oil migration, 125
oil uptake, 453, 481
oligosaccharide, 465
orange juice, 501
organic additives, 301
organic baby corn, 529
organic farming, 21
organic rice, 65
organic solvents, 241
oriental fruit fly, 609
ornamental plant village khlong 15, 617
ornamental plant, 617
Oryza sativa L., 45
osmotic dehydration, 273, 461
oxalic acid, 213
oxidative stress, 89
oxygen transmission rate, 125
ozonated water, 541

P
packaging, 545, 577
papain, 101, 593
papaya seed extract, 642
para rubber, 197
partitioning coefficient, 41
passion fruit, 217, 221
Peltophorum dasyrachis, 393
pepper seed, 549
peppermint, 353
pepsin, 393
perilla seed, 405
Perilla frutescens, 405
Persicaria odorata, 105, 333
phenolic acid, 377
phenolic compound, 121, 337
phenolics, 245, 249, 341, 397
phenotypes, 85
Phlogacanthus Nees, 656
photosynthetic pigment, 45
physical characteristics, 201
physical properties, 581
physical property, 445
physico-chemical properties, 181

physicochemical qualities, 109
physiological, 569
pig manure tea, 149
Plackett and Burman design, 465
plant cell wall degrading enzymes, 77
plant fungal pathogen, 665
plant growth, 217
plant supplement, 149
plant variety protection, 629
Pleurotus abalonus, 650
Pleurotus eous, 9, 650
p-nitroanilide derivative substrate, 101
polyethylene, 545
polysaccharide, 325
polystyrene, 605
pomelo, 109
population improvement, 193
porridge mixed with pumpkin, 445
porridge, 445
postharvest quality, 17
postharvest storage, 13
potassium nitrate, 521
powder formulation, 157
pre-drying treatment, 441
pregelatinized flour, 117, 425
pressed cake 61
processed flavor, 485
product development, 281
production process, 601
productivity, 305
propagation, 261
protease, 597
protein, 125
proteinase, 573
pumpkin, 273, 509
PVC film, 545

Q
quality change, 557
quality of tea leaves, 365
quality, 525, 569
Queensland tassel fern, 261
quick cooking, 401

R
radicle emergence, 642
Radio Frequency, 469
red cabbage, 509
red dragon fruit, 209
red oak, 33
'Red Oak' lettuce, 37
refractive index, 333
residual, 257
resistant starch, 409
respiration rate, 561, 565
resveratrol, 121, 249
rice bakanae disease, 157
rice breeding, 69
rice ragged stunt virus, 645
rice straw 81, 133, 377
rice, 113
roasted scale fish, 613
rootstock, 229, 233, 237

S
S_1 subsite, 101
Saccharomyces cerevisiae, 85, 89, 665
sago, 49
salad, 281
salicylic acid, 533
salt stress, 45, 85
Sarjor-caju mushroom, 513
Scaphium affine (Mast.) Pierre, 517
screw press, 61
seed coat, 201
seed germination and vigor, 177
seed incubation, 549
seed priming, 549
seed quality, 201
seed soaking, 149
seeds, 185
semi-biomaterial, 37
sensory evaluation, 457, 613
sesame meal, 417, 421
shrimp cracker, 481
silicon, 45
silk fiber, 597
soil fertility, 49

soil physics, 265
solvent extraction, 333, 341, 581
Sonneratiaovata, 437
soybean seed, 177
soybean, 113, 201, 317
species diversity, 73
spectrum, 397
spore culture, 261
stabilization, 1
sticky rice, 401
storage life, 553
storage, 109, 205, 557
subsurface irrigation system, 265
sucrose ester, 409
sugarcane, 161, 165
sunflower seed hull, 481
sunflower seed oil, 581
supercritical carbon dioxide extraction, 313
superheated steam drying, 277
Suphanburi 1 rice, 145
surimi, 485
suspension culture, 249
sustainable development, 637
sweet basil, 353
sweet pepper, 305
swelling power, 309

T
tamarind seed kernel flour, 5
tannin, 393
tannins, 245
taro, 441
temperature, 565
test kit, 645
texturometer, 457
Thai herbs, 637
Thai medicinal plant, 329
Thai rice, 341
Thai Traditional medical, 637
Thailand, 625
thermal stability, 397
thermophilic anaerobic bacterium, 77
thermostable enzyme, 77
thummang, 313
tomato, 265, 297, 305, 509
total day matter accumulation, 41
total phenolic compounds, 417
total phenolic content, 385, 429
transcription factor, 85
transcriptional regulator, 665
transglutaminase, 497
transplanting, 25
tumeric, 269
turfgrass seed, 521
turmeric, 353

U
Ulva intestinalis, 325, 429
Umbelliferae, 361
utilization, 656

V
vacuum pretreatment, 273
vasesolution, 541
vegetable oils, 453
vegetable plot, 289
vegetable, 281
vetiver, 345
virgin coconut oil, 557
viscosity, 309
vitamin B1, 117, 425
vitamin C, 245
Vitis vinifera, 249
volatile compound, 345, 413
volatile compounds, 109, 241, 421
volatile oil, 277

W
water absorption index, 621
water logging, 165, 197
water resistance, 621
water soaking, 381
water solubility index, 621
water stress, 161, 173, 177
water, 265
weedy rice, 141
wild rice, 69
wine grape, 229, 233, 237

X

xylanase, 97

Y

yield component, 145

yield improvement, 37

yield, 41, 145

Z

Zea mays, 53

Zhean Ju, 225

zinc cluster regulator, 89

Zingiber species, 389

ผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมและเสนอผลงานวิชาการพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 5

รศ. ดร. รวี เสรฐภักดี
รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์
ศ. ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
รศ. ดร. สรัญญา วัชโรทัย
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ
ดร. ทรงพล สมศรี
ดร. อมรา ชินภูติ
ดร. วันทนา ตั้งเปรมศรี
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ดร. ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์
ผศ. รัชนี ไสยประจง
ดร. ทรรศนะ บุญขวัญ
ดร. เอกชัย อภิศักดิ์กุล
ดร. พีรพงษ์ ฟูศิริ
ดร. ประเสริฐ ศิริเสรีวรรณ
ผศ. ดร. วรรณรพี บานชื่นวิจิตร
รศ. ดร. ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี
ศ. ดร. อรรถพล นุ่มหอม
คุณวิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์

คณะกรรมการจัดการประชุมฯ

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. รัชนี ไสยประจง
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล

คณะทำงานจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ฉบับพิเศษ ปีที่ 42 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
นางสาววรัมพร วงศ์สุดิน
นายธีระพงษ์ ขันทเจริญ
นายณัฐิฐพล ไข่แสงศรี
นายอัครเดช นครเสด็จ
นางนภัสสร เพียสุระ
นางสาวพัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์
นางสาวภัทราวรรณ มหาสิงห์