ISSN 0125-0369

วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร
Agricultural Science Journal

ปีที่ 47 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2559 Vol. 47 No.2 (Suppl.) May-August 2016

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 10
วันที่ 28-29 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรม ดิ เอมเมอรัลด์ กรุงเทพมหานคร

"Agricultural Innovation & Sustainable in Thailand"

จัดโดย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ร่วมกับ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน
คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายกสมาคม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุตเขตต์ นาคะเสถียร

อุปนายก
ดร. ปกรณ์ สุจเร

เลขาธิการ
ผศ.ดร. พัชรียา บุญกอแก้ว

นายทะเบียน
ดร. ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี

เหรัญญิก
ผศ.ดร. กนกวรรณ ถนอมจิตร

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร
Agricultural Science Journal

บรรณาธิการ
ผศ.ดร. ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ

กองบรรณาธิการจัดการ

ดร.ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี
นางสาวชญานิษฐ์ นิยม

กองบรรณาธิการ

ศ.ญาณวิทย์ ดร. เมธา วรรณพัฒน์
ศ.ดร. เจริญศักดิ์ โรจน์ฤทธิ์พิเชษฐ์
ศ.ดร. ชาญวิทย์ วัชรพุกก์
ศ.ดร. เอิบ เขียวรื่นรมย์
ศ.ดร. อังสุมาลย์ จันทราปัตย์
ศ.ดร. อัญชลี สุทธิประการ
ศ.ดร. อุทัยรัตน์ ณ นคร
ศ.ดร. สายชล เกตุษา
ศ.ดร. สัญชัย จตุรสิทธา
ศ.ดร. ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ
ศ.ดร. นิพนธ์ ทวีชัย
ศ.ดร. สมหวัง ขันตยานุวงศ์

เจ้าของ
สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
ตู้ ปณ. 1070 ปทฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10903

สำนักงานกองบรรณาธิการ
ห้อง 717 ชั้น 7 อาคารวชิรานุสรณ์ คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 02 579 0588 โทรศัพท์สายใน 1291-3 ต่อ 1702, 1706 (โทรสาร)

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษนี้ สมาคมวิทยาศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานวิชาการเกษตรสู่สาธารณะ ประกอบด้วยเรื่องเต็มจากการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 10 ในวันที่ ระหว่างวันที่ 28-29 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรมดิเอมเมอรัลด์ กรุงเทพมหานคร ซึ่งดำเนินการโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการเรียนรู้ เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ด้านงานวิจัยด้านพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน และเปิดโอกาสในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ สร้างความร่วมมือ ในการพัฒนางานพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน และการผลิตอาหารปลอดภัยร่วมกัน รวมทั้งเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาบัณฑิตให้เป็นเลิศด้านเทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ใคร่ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุม และผู้มีส่วนร่วมในการประชุมทุกท่าน โดยเฉพาะคณะกรรมการการจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 10 โดยเฉพาะศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และแหล่งทุนที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษนี้ และใคร่ขอเชิญชวน นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาผู้สนใจด้านการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน สมัครเป็นสมาชิกสมาคมฯ และเสนอบทความฉบับเต็ม เพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรของสมาคมฯ ในโอกาสต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ

บรรณาธิการ

คำนำ

ปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน เช่น ข้าว พืชไร่ ไม้ผล ผัก พืชสมุนไพร เครื่องเทศ ไม้ดอก และไม้ประดับ มีความสำคัญมากขึ้น เห็นได้จากการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งในด้านการผลิต การเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา ตั้งแต่ในระดับแปลงปลูกของเกษตรกร ระดับห้องปฏิบัติการ จนถึงในระดับอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษานั้นบางส่วนได้มีโอกาสนำมาเผยแพร่แก่นักวิจัย นักวิชาการ ตลอดจนผู้ประกอบการในภาคเอกชนที่มีความสนใจ ดังนั้น ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี (มจธ.) ร่วมกับ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 10 ระหว่างวันที่ 28-29 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรมดิเอมเมอรัลด์ กรุงเทพมหานคร เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการเรียนรู้ เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ด้านงานวิจัยด้านพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน และเปิดโอกาสในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ สร้างความร่วมมือ ในการพัฒนางานพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน และการผลิตอาหารปลอดภัยร่วมกัน รวมทั้งเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาบัณฑิตให้เป็นเลิศด้านเทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน

การประชุมประกอบด้วยการบรรยายและอภิปรายจากวิทยากรรับเชิญที่มีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ และยังมีการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งแบบบรรยายและโปสเตอร์จากนักวิจัยรุ่นกลางและรุ่นใหม่ รวมถึงจากนิสิต-นักศึกษา ตลอดจนมีการมอบรางวัลการนำเสนอผลงานดีเด่นแก่นักวิจัย เพื่อเป็นกำลังใจในการสร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมประชุมยังจะได้มีโอกาสพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านงานวิจัย การสร้างเครือข่ายงานวิจัยวิทยาศาสตร์ด้านพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของ ประเทศไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

คณะกรรมการจัดการประชุม ขอขอบคุณผู้ที่เข้าร่วมการประชุมและเสนอผลงานทั้งภาคบรรยายและ ภาคโปสเตอร์ วิทยากรบรรยายพิเศษ ตลอดจนแขกผู้มีเกียรติและผู้สนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ และได้ดำเนินการรวบรวมผลงานทางวิชาการทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ที่ผ่านการพิจารณาและแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำไปเผยแพร่และนำไปใช้ประโยชน์กับนักวิจัย นักศึกษาและผู้สนใจ สำหรับการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของประเทศไทยต่อไป

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

วารสาร ISSN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 47 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2559 Vol.47 No.2 (Suppl.) May-August 2016

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 10

1 การสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำจากเปลือกกล้วยหอมทอง
กมลวรรณ เที่ยงตรง ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ แฟรงก์ บี. มาทา

5 ผลของพีเอชในการตกตะกอนเพคตินที่สกัดจากเปลือกกล้วยหอมทอง
กมลวรรณ เที่ยงตรง ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ แฟรงก์ บี. มาทา

9 ผลของรังสียูวีซีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสับปะรด (*Ananas comosus* L) พันธุ์ภูแล
Lupita Kemala Sari Lia Angraeni Yasunori Hamauzu สุทธิวัลย์ สีทา และ มัชฌิมา นราดิศร

13 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม
ขวัญชนก กลิ่นกลั่น อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

17 การยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่เจริญบนโฟมแป้งมันสำปะหลังของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ดอกจันทน์ ใบกระวาน และยี่หร่า
ขวัญชนก กลิ่นกลั่น อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

21 การศึกษาการแช่น้ำที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณฟีนอลิคในเมล็ดถั่วแดง (*Vigna angularis*)
ถกล วิทยาธนรัตนา พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และ อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์

25 การสร้างสารให้กลิ่นมะพร้าวโดยเชื้อ *Trichoderma viride* TISTR 3160 ที่เจริญบนอาหารจากน้ำใบเตย
สายรุ้ง โพธิ์อ่ำ อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

29 การคัดเลือกเชื้อ *Trichoderma viride* สำหรับผลิตสารให้กลิ่นมะพร้าว
สายรุ้ง โพธิ์อ่ำ อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

33 การรอดชีวิตของโพรไบโอติกในไอศกรีมไขมันต่ำที่ใช้กัมจากเครือหมาน้อยเป็นสารเพิ่มความคงตัว
พิทยา ใจคำ

37 ผลของชาชนิดต่างๆ ต่ออัตราการอยู่รอดของ *Lactobacillus casei* 01 ในช็อกโกแลตนมภายใต้สภาวะทางเดินอาหารจำลองและระหว่างการเก็บรักษา
พิทยา ใจคำ และ ปิยธิดา สุดเสนาะ

41 ผลของนมถั่วเหลืองต่อการเจริญของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus*
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และ พริมา พิริยางกูร

45 การวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของสารให้ความหวานของพืช 3 ชนิดในผลิตภัณฑ์ตรีผลา
กีระติ ธรรมพันธ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

49 สภาวะที่เหมาะสมของการสกัดพรีไบโอติกส์จากเปลือกด้านในของทุเรียน
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ ญาณาทิป เงาภู่ทอง และ ภัทรา มาตรง

53 พรรณไม้ลูกผสมข้ามชนิด (มะป่วน x กลาย) สกุลมหาพรหม วงศ์กระดังงา
อนันต์ พิริยะภัทรกิจ ปิยะ เฉลิมกลิ่น และ ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์

57 การศึกษาการเจริญและพัฒนาของผลแก้วมังกร *Hylocereus undatus* (Haw.) Britt. & Rose
กาญจนา เหลืองสุวาลัย พงศธร ลี้สธนกุล สุนทรียา กาละวงศ์ และ เพ็ญแข รุ่งเรือง

61 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดควินซ์จีน (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.)
Lia Angraeni Lupita Kemala Sari Yasunori Hamauzu วิรงรอง ทองดีสุนทร และ มัชฌิมา นราดิศร

65 การลด CO_2 ใน Biogas ที่ได้จากการหมักมูลนกกระทาร่วมกับเปลือกข้าวโพดโดยใช้ KOH(aq) และ NaOH(aq)
ธนัชพร ธานี รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ

69 การผลิตหัวเชื้อเหลวของเห็ดยานางิ (*Agrocybe cylindracea* (Dc. ex. Fr.) Maire.) ในอาหารเหลวราคาถูก
กชพร คุ้มวงษา และ เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง

73 ผลของการทดแทนอะซีซัลเฟม-เคต่อคุณภาพของแยมผลไม้รวม
กุหลาบ สิทธิสวนจิก และ ปราณี บัวชุม

77 ผลของการสกัดต่อการประเมินความสามารถป้องกันแสงและสมบัติทางออกซิเดชันของน้ำมันเมล็ดเงาะ
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ กมลวรรณ สุขสวัสดิ์ อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ พิชญอร ไหมสุทธิสกุล

81 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำที่สกัดโดยไม่ใช้และใช้เอนไซม์
พัตราพร จอมเมืองบุตร

85 การตอบสนองของข้าวในระยะกล้าต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน
กฤชญา ปัญญา เนตรนภา อินสลุด สายสมร ลำยอง จีราภรณ์ อินทสาร และ สุธีระ เหิมฮึก

89 อิทธิพลของ Naphthalene acetic acid ต่อการชักนำแคลลัสจากใบและกลีบดอกพุดซ้อน
วรินธร จริยกิจโกศล อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ บี. มาทา

93 อิทธิพลของแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตต่อการสร้างสารหอมระเหยในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อน
วรินธร จริยกิจโกศล อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ บี. มาทา

97 การประเมินศักยภาพการเป็นโพรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่คัดแยกจากผลิตภัณฑ์ผักดอง
จินตนา ต๊ะย่วน และ ชื่นจิต จันทจรูญพงษ์

101 การเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการควบคุมโรคในมะม่วงพันธุ์มหาชนกโดยการให้รังสียูวีซีหลังการเก็บเกี่ยว
จุฑาลักษณ์ สุวรรณโชติ Satoru Kondo และ สุทธิวัลย์ สีทา

105 ผลของกัวร์กัมต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ อโนชา สุขสมบูรณ์ พรพรรณ วรรณรัตน์ สุภาภรณ์ รุ่งเรืองศรี และ อาภัสรา แสงนาค

109 การเปรียบเทียบระบบการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตขององ่นพันธุ์แบล็คโอปอล
สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ ประมง เบกไธสง และ นลิตา วรรณทอง

113 ผลของสัดส่วนเอทานอลต่อน้ำในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ และสารยับยั้งแบคทีเรียจากเปลือกทุเรียน
สุรศักดิ์ ธนัชชาพิศุทธิ์ สุคนธ์ ตันติไพบูลย์วุฒิ อรพิน จันทรศรีวงศ์ และ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์

117 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาสำหรับชุมชน
ปรัชวนี พิบำรุง และ เพชรพิกุล วางมูล

121 การยอมรับการแปรรูปผักตบชวาของเกษตรกรในจังหวัดปทุมธานี
ณัฐวุฒิ จั่นทอง และ พหล ศักดิ์คะทัศน์

125 มัลติโดเมนไกลโคซิลไฮโดรเลส 26 ชนิดใหม่จาก Paenibacillus curdlanolyticus B-6: โคลนนิ่งการแสดงออกของรีคอมบิแนนท์ และคุณสมบัติทางชีวเคมี
ธัญลักษณ์ เกิดบุญ รัตติยา แววนุกูล ภัทรา ผาสอน อะคิฮิโกะ โคสุกิ กนก รัตนะกนกชัย และ จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ

129 ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์
พิจิตรา แก้วสอน สุคุณวัต สุขแก้ว เจนจิรา ชุมภูคำ และ รัฐพล ฉัตรบรรยงค์

133 ปริมาณสารสำคัญของเมล็ดลำไยที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล
นภาภรณ์ แซ่ลี้ ณัติฐพล ไข่แสงศรี ฤทธิพันธ์ รุ่งเรื่อง อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

137 การลดความขมในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูด
ศรัญญา วอขวา กษมา ชารีโคตร ปัทมาภรณ์ พวกพระลับ และ อธิปพงศ์ ตนสุวรรณชัย

141 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิวของน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย เสม็ดขาวและไพล
ชญานี วงศ์แหลมทอง รัตนา อินทรานุปรณ์ ไตรวิทย์ รัตนโรจน์พงศ์ และ ปารภัทร โศภารักษ์

145 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหอมเพื่อสุขภาพ
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ และ ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา

149 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา
ชนันดา ศรีบุญไทย ภาณุมาศ ฤทธิไชย และ เยาวพา จิระเกียรติกุล

153 ผลของการตัดแต่งกิ่ง โน้มกิ่ง และริดใบต่อผลผลิตผลมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60
เจนจิรา ชุมภูคำ จารุตา จิตรอิ่ม และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม

157 การสำรวจความหลากชนิดของเห็ดในพื้นที่ป่าชุมชนดงภูดิน ตำบลไหล่ทุ่ง อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี
จาตุรงค์ จงจีน

161 การประเมินลักษณะฟีโนไทป์บัวสายเขตร้อนสกุลย่อย *Brachyceras* ในจังหวัดชลบุรี
รัตนากร กฤษณชาญดี

165 การผลิตไวน์สับปะรดผสมแครอท
อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และ สุนันทิดา สิงหพล

170 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อโจ๊กผสมปลายข้าวเหนียวดำ
นิตยา ไชยเนตร จีรานุช สมุทรล้อม พัชราวรรณ รัตนเวฬุ และ อรสา สุริยาพันธ์

173 ปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกของกากเม่า อาหารไก่ไข่เสริมกากเม่าและไข่ไก่
กานดา ล้อแก้วมณี

177 การประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม 12 สายพันธุ์
สุภาพร แหวะสอน ชื่นจิต แก้วกัญญา และ พรทิพย์ ศรีมงคล

181 ผลของการลวกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และอุณหภูมิของการทำแห้งต่อคุณลักษณะทางกายภาพเคมีของใบตำลึงผง
พรพจน์ สุวรรณากรรัตน์ สุภัทร์ ไชยกุล วศินา ทาเขียว และ ครรชิต จุดประสงค์

185 การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิวและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยกะเพรา โหระพา และขมิ้นชัน
มัลลิกา ปัสสาโก รัตนา อินทรานุปกรณ์ ปารภัทร โศภารักษ์ และ ไตรวิทย์ รัตนโรจน์พงศ์

189 การใช้น้ำโอโซนเพื่อควบคุมโรคแอนแทรกโนสในเมล็ดพันธุ์พริก
เยาวภา บุญเอก ธิติมา วงษ์ชีรี อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์

193 สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสารปฏิชีวนะของราเอ็นโดไฟท์ *Fusarium* sp. สายพันธุ์ RYR-SB 6-4 ที่แยกจากต้นหนอนตายหยาก: ผลของ pH เริ่มต้น และปริมาตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ
Sreylen Meas แสงชัย เอกประทุมชัย เลขา สไลเพชร และ ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล

197 ผลกระทบจากความเค็มของน้ำต่อ การเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสงของแวนด้า ‘ใจรักพิ้งค์’
นภสร เชี่ยวชูกุล พัชรียา บุญกอแก้ว พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และ ประเดิม วณิชชนานันท์

201 การทดแทนไขมันในคุกกี้ลูกเดือยโดยใช้กระบกบด
ธนวรรณ เพ็งชัย ศุจิดา นนทภา และ อรอุมา ประทัดทอง

205 ผลของการหมุนกวนในการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสต่อการถ่ายโอนมวลสารของเนื้อเงาะและการยอมรับทางประสาทสัมผัส
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล อัคราช พาอ้อ อัฐภิญญา ปัทมภาสสกุล และ อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ

209 ผลของวิธีและเวลาการให้ความร้อนในการเตรียมขั้นต้นต่อคุณภาพทางเคมีของเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วงผง
อนุสรา พลบจู และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล

213 ผลของความเข้มข้นของเอทานอลและการประยุกต์ใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการสกัดสารสำคัญจากหอมหัวใหญ่
สุภาภรณ์ เลขวัต อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์ และ ศุภักษร แสงหาร

217 ผลของกลูโคสและฟรักโทสต่อสมบัติด้านความหนืดของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ และ สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล

221 สารหอมระเหยของสารสกัดจากดอกดาหลาด้วยเทคนิค SPME Gas Chromatography Mass Spectrometry
รัชฎาภรณ์ คะประสบ ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง ณัติฐพล ไขแสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

225 การยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งปอด (Chago-K1) ด้วยสารสกัดเซลล์แขวนลอยหม่อน
ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง นภัสสร เพียสุระ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ มาทา

229 การศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยหม่อนในสภาพปลอดเชื้อ
ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และแฟรงก์ มาทา

233 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพของมะเฟืองกึ่งแห้ง
จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์ สุพจน์ นัทยาย และ เอกชัย ศรีประทุม

237 การผลิตเฟรนช์ฟรายจากมันสำปะหลังเสริมคุณค่าทางอาหารจากงา
ปิยนุสร์ น้อยด้วง และ ยุพิน บุญภา

241 การคัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมของเครื่องหมายโมเลกุล SRAP สำหรับระบุสายพันธุ์ทุเรียน (*Durio zibethinus*)
ณัฐกุล ถิ่นหัวเตย สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม พรรณิภา ยั่วยล และ โองการ วณิชาชีวะ

245 ผลของวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดโคนญี่ปุ่น
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ นิพร เดชสุข ปิยวุฒิ เอกพิพัฒน์เวชกุล และยลดา ตานิล

249 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* ในพื้นที่ปลูกข้าวเขตภาคกลางของประเทศไทย
ปัฐวิภา สงกุมาร และ ณรงค์ สิงห์บุระอุดม

252 การจัดการการผลิต และการตลาดของผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม อำเภอภูพาน และอำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร
ธนพร ขจรผล นงลักษณ์ ชาภูคำ ชลธิรา แสงศิริ พุทธพร วิวาจารย์ สิทธิชัย บุญมั่น และ ประชาชาติ นพเสนีย์

257 ความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อย (C.C.S.) ประจำโรงงานน้ำตาลทรายในจังหวัดกาญจนบุรี
ยุทธนา สมบัตินันท์ และ พิชัย ทองดีเลิศ

261 ความเครียดเกลือชักนำการสะสมวิตามินซีในต้นอ่อนผักกาดหัว
นฤชล ตันธราพรฤกษ์ และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

265 ผลของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ในการลดปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* ในต้นอ่อนทานตะวัน
เกรียงไกร พัทยากร อรัญญา พรหมกูล และ วรรณทิชา เศวตบวร

269 ผลของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีต่อการเจริญของเส้นใย การสร้างสปอร์ และการผลิตสารสีของ *Monascus purpureus*
ธัญมาศ หลำเนียม เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ ลาวัลย์ ชตานนท์ และ สุภาภรณ์ เลขวัต

273 การประเมินที่ดินบนฐานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผลิตหญ้าเลี้ยงสัตว์พันธุ์เนเปียร์ปากช่อง 1 อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่
อังคณา สมศักดิ์ และ วาสนา วิรุญรัตน์

277 ผลของไดโอดเปล่งแสงต่อการชักนำยอดรวม จากการเพาะเลี้ยงปลายยอดสับปะรดพันธุ์ภูแล
ยุพาภรณ์ จิโรภาสภาณุวงศ์ และ กรรธิมา เนื่องละออ

281 การใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาบางส่วนเพื่อใช้ในการผลิตพาสต้า
จิรนาถ บุญคง และ สุกัญญา ส่งแสง

285 การประเมินโรคแอนแทรคโนสของพริกโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม
วาสนา วิรุญรัตน์ พัชรีภรณ์ บัวหนอง และ สมนึก สินธุปวน

289 ผลของการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย
ผาณิต รุจิรพิสิฐ และ ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์

293 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวต่อคุณภาพของคุกกี้เนย
นวพร ลาภส่งผล นันทิดา บุญเสงี่ยม และ ดวงหทัย ใจเสาร์

297 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาปรุงสำเร็จรูปพลังงานต่ำผสมสารสกัดหญ้าหวาน
รัชนี ไสยประจง สุรพงษ์ พินิจกลาง และวิจิตรา บำรุงนอก

301 ลักษณะเฉพาะของเครื่องดื่มคอลลาเจน เพปไทด์ ชนิดกลิ่นส้มมะนาว ส้มแอปเปิ้ลและส้มเมลอนผสมสารต้านอนุมูลอิสระแอสตาแซนธิน
สุรพงษ์ พินิจกลาง พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ รัชนี ไสยประจง และ วิจิตรา บำรุงนอก

305 ความสามารถในการผสมข้ามของพักข้าวที่เก็บรวบรวมจากประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ศิริกาญจน์ กอบเกียรติถวิล สมโชค รักษารัก และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์

309 ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสมบัติของสารต้านออกซิเดชันและจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่
สุเมธ วิสุทธิวรรณ และ กิติพงศ์ อัศตรกุล

313 การตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างในพริกและบอแรกซ์ในลูกชิ้นที่ขายในจังหวัดสกลนคร
อัมพร ศรีคราม อมรรัตน์ เวชการ ศรัญญา เถาะชัยภูมิ และอุไรวรรณ อรุณชัย

317 ผลของ Forchlorfenuron ต่อการหลุดร่วงระหว่างการพัฒนาของผลมะนาวพันธุ์แป้น
ภาณุมาศ โคตรพงศ์ และ ทิวาพร ผดุง

321 การเปรียบเทียบบัวฝรั่งพันธุ์การค้าและพันธุ์ลูกผสมใหม่ใน 3 ฤดูกาล
รัตนากร กฤษณชาญดี

325 การเปรียบเทียบผลการจำแนกชนิดของน้ำผึ้งด้วยค่าสีและปริมาณแร่ธาตุเมื่อเก็บน้ำผึ้งไว้ 4-5 ปี
สุจิตรา ชมดง ภัสสร พงษ์เสวี และ นงนุช สังข์อยุทธ์

329 ผลของกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของเมล็ดและความแข็งแรงของต้นกล้ามะเขือเทศ
พิจิตรา แก้วสอน กฤษฎา เม้ยชม และ ปริยานุช จุลกะ

333 ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วง
วิวรรณยา คล้อยสาย พิจิตรา แก้วสอน และปริยานุช จุลกะ

337 การทดสอบความมีชีวิตด้วยสารละลายเตตราโซเลียมของเมล็ดพันธุ์แฟง
จิราวรรณ คงวิชัย พิจิตรา แก้วสอน และ ปริยานุช จุลกะ

341 อิทธิพลของระบบการปลูกต่อคุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ กัลยา ศรีพงษ์ สุกัญญา เอี่ยมลออ และ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา

345 ผลของวัสดุปลูกและการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ
วิทยา ทีโสดา ชิต อินปรา วิชญ์ภาส สังพาลี และ ประนอม ยังคำมั่น

349 การใช้ Forchlorfenuron และ Gibberellic Acid เพื่อเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่
ภาสันต์ ศารทูลทัต ธนัญญา หมาดหมัน ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ศุภธิดา อับดุลลากาซิม และ ธีร์ หะวานนท์

353 ผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิมโกลด์
กฤษณา บุญศิริ เสกสรร สุขสมบุญ และ ธนพล มงคล

357 ผลของไมคอร์ไรซาร่วมกับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของ ต้นกล้ากล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 ในแปลงปลูก
พีรยุทธ สิริฐนกร อารยา อาจเจริญ เทียนหอม ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต กัลยาณี สุวิทวัส พิมพ์นิภา เพ็งช่าง เจนจิรา ชุมภูคำ และ ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์1

361 ศักยภาพผลผลิตเนื้อไม้ของลูกผสมข้ามชนิดในพืชสกุล Jatropha
สินีนาฏ เกิดทรัพย์ พัชรินทร์ ตัญญะ พรศิริ เลี้ยงสกุล และ อนุรักษ์ อรัญญนาค

365 ผลของโพแทสเซียมไอโอเดตต่อการเจริญและการสะสมไอโอดีนในแครอท
ชลธิชา เสนาพันธ์ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง รัตนาวดี คูคำ และ กิตติพจน์ เพิ่มพูล

368 การศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชนเผ่ากะเลิงและภูไท จังหวัดสกลนคร
หทัยรัตน์ โชคทวีพาณิชย์ ศุภาวรรณ ประพันธ์ ธนากร พูลทวี และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา

373 นิเวศวิทยา และการเจริญเติบโตของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำบนสังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำที่กระจายตามสันเขาหินปูนในพื้นที่ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

วิทยา ทีโสดา ชิต อินปรา วิชญ์ภาส สังพาลี และ ประนอม ยังคำมั่น

377 ผลของปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

นิสานารถ กระแสร์ชล ชัชส์ พงกะคันธ์ และ กมลฉัตร พูลเพิ่ม

381 การคัดเลือกและการเปรียบเทียบสายพันธุ์ถั่วฝักยาวพื้นเมือง

อภิญดา ก่านหงษ์ ปราโมทย์ พรสุริยา และ สรรลาภ สงวนดีกุล

385 ผลของสายพันธุ์งาขาวที่มีต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้จากผลิตผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา

สายพิน แสงสุข ธัญญ์นลิน วิญญูประสิทธิ์ พรพรรณ ดีระพัฒน์ ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

389 บทบาทของไซโตไคนินและน้ำตาลต่อการชะลอการเหลืองของก้านดอกเอื้องหมายนาหลังการเก็บเกี่ยว

ธันชนก ใหมทอง พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย อภิรดี อุทัยรัตนกิจ เฉลิมชัย วงษ์อารี และ มัณฑนา บัวหนอง

393 ผลของอุณหภูมิ และระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในอาหารสังเคราะห์ ที่มีต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด

ปิยะฉัตร มะอาจเลิศ และ ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์

397 สมบัติทางเคมีกายภาพของเนื้อตาล (*Borassus flabellifer* L.) ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เพคติเนส

กณิษฐา รงคะอำพันธุ์ วันทนีย์ น้อยจินดา และ ปราณี อ่านเปรื่อง

401 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดพื้นบ้านไทย

ธันยาภรณ์ พงษ์คุณากร และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

405 การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเจริญของเชื้อราที่เปลือกของมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่ง

กฤตยา พยุหเมธากุล ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ วาริช ศรีละออง และ พนิดา เรณูมาลย์

409 ผลของซิลิกอนและไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวในระยะแตกกอ

ปัทมา ทองช้อน จีราภรณ์ อินทสาร และ สาวิกา กอนแสง

413 ลักษณะบางประการของพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี

กัลยรัตน์ พลพรมราช และ อรรจนา ด้วงแพง

417 ผลของการเติม Sodium Chloride และชนิดน้ำต่อคุณภาพชา (*Camellia sinensis* L.) หมัก

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ สุกัญญา เอี่ยมลออ และ รัตนา อัตตปัญโญ

421 ผลของการแช่น้ำผึ้งและชาใบหม่อนต่อคุณภาพของแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดงตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุษามาส จริยวรานุกุล

425 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิก และวิตามินซีในโปรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ
พริมา พิริยางกูร นันท์นภัส ขำโต และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

429 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่จากกล้วยผงทดแทนเพียงบางส่วน
ชลิดา ชลไมตรี สุกัญญา เอี่ยมลออ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

433 การพัฒนาผลิตภัณฑ์โครเก็ตเปลือกกุ้ง
ปิยพร เอามงคลสกุล และ ธงชัย พุฒทองศิริ

437 ผลของโพแทสเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียภายหลังการเก็บเกี่ยว
อภิชัย เจนจบ สุนทร โมลา ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ สุกัญญา เอี่ยมลออ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

440 ความมีชีวิตและการงอกของละอองเรณูพืชสกุลหงส์เหินพื้นเมืองหกชนิดของประเทศไทย
กิตติคุณ มุขตวาภัย และเฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์

445 ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกนินและคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่ง
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล พริมา พิริยางกูร และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย

449 ผลของความชื้นเริ่มต้นต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและโครงสร้างทางจุลภาคของขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือย
สิริมา ชินสาร วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ กฤษณะ ชินสาร

453 การชักนำแคลลัสจากใบอ่อนในหญ้าเนเปียร์ (*Pennisrtum purpareum*)
นงลักษณ์ เทียนเสรี วนาลี บุญมี อนุรักษ์ อรัญญนาค และ นรุณ วรามิตร

457 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลที่ฉายรังสียูวี-ซี
ชลิดา ฉิมวารี พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

461 การเตรียมน้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม: ผลของระดับการทำเข้มข้นต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ
ศรินญา สังขสัญญา และ พิสุทธิ หนักแน่น

465 ผลของการเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของขนมปังแซนด์วิช
สุภาวิณี แสนทวีสุข

469 ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งถั่วหรั่งต่อคุณภาพของขนมปัง
กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์

473 ซอร์พชันไอโซเทอมของความชื้นของขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือย
สิริมา ชินสาร วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ กฤษณะ ชินสาร

477 การแช่สาร 1-MCP ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิปกติ
ภาวิณี ถาวรนิตยกุล อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ กฤติกา ตันประเสริฐ

481 ระบบจัดเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมฟาร์มเห็ดฟางผ่านเครือข่ายแบบไร้สายโดยใช้เทคโนโลยี MQTT
วัฒนา มาทาเม ธีรพงศ์ ใจเมธา สมนึก สินธุปวน และ วาสนา วิรุญรัตน์

485 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาดอกอัญชันโปรไบโอติก
พริมา พิริยางกูร พิชญา โชคบัณฑิต และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

488 ผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน
อภัสนันท์ ทานะมัย ศุภชัย อำคา และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง

493 ผลของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยต่อการยอมรับและการรอดชีวิตของ *Lactobacillus acidophilus* LA5 ในโยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติก
พิทยา ใจคำ

497 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผง
อโนชา สุขสมบูรณ์ อรอุมา เปลี่ยนศรี และ ศลิษา วิจารณ์ปรีชา

501 การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าเสริมผงน้ำหมึกจากหมึกทะเล
อโนชา สุขสมบูรณ์ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล อาภัสรา แสงนาค ชญานิศ คล่องแคล่ว และ ปรียาภรณ์ กุลจีน

505 ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยไคโตซานและแบคทีเรีย KPS46 ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฝักสดของข้าวโพดหวาน
สุปราณี งามประสิทธิ์ ยุวดี อินจันทร์ กิ่งกานท์ พานิชนอก และ สกล ฉายศรี

509 ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของขมิ้นชันแห้ง
ยาตรา จำปาเฟื่อง เยาวภา ไหวพริบ และ อนันต์ ทองทา

513 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกล้วยโดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน
วิชชุดา สังข์แก้ว และ กนิษฐา ศรีนวล

517 ผลของการจุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล
ชลิดา ฉิมวารี พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

521 ผลของการตัดแต่งต่อคุณภาพและสารพฤกษเคมีบางชนิดของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค
จิรัชฌา ศุภชูชัย ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ พนิดา เรณูมาลย์

525 ผลของรูปแบบกาแฟและรูตะแกรงกระจายลมต่อความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า
ธัชพล จุ้งเจริญ ณัฐวุฒิ ชมโลก ปองพล บุญถนอม และ วริศ พนาสุวรรณรัตน์

529 กิจกรรมต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากดอกกระเจี๊ยบแดงสด (*Hibiscus subdariffa* L.)
อรอง จันทร์ประสาทสุข ณัฐธิดา จักรี และ ทรงศักดิ์ ปกรณ์กิจพานิช

533 สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำเคพกูสเบอร์รี่
ภัชรี สิทธิกิจโยธิน พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ และ วิจิตรา บำรุงนอก

537 การชักนำให้เกิดแผลบนผิวเปลือกหุ้มเมล็ดบัวอุบลชาติออสเตรเลียบางชนิดด้วยน้ำส้มสายชู
อิศราพงษ์ แคนทอง และ ภูรินทร์ อัครกุลธร

541 การประเมินลักษณะฟีโนไทป์บัวสายเขตร้อนสกุลย่อย Brachyceras ในจังหวัดชลบุรี
รัตนากร กฤษณชาญดี

545 ผลของการพ่นกรดซาลิไซลิกต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศที่ปลูกในสภาพขาดน้ำระยะสั้น
สิริวรรณ ศิริศาถาวร ปริยานุช จุลกะ พิจิตรา แก้วสอน และ อิษยา ภู่สิทธิกุล

549 โยเกิร์ตพร้อมดื่มซินไบโอติกจากข้าวหอมมะลิและถั่วขาว
เบญจพร ปึงเจริญ ธีรกานต์ ค้ำชู จันทร์จิรา สักแสง เฟื่องฟ้า อุตรารัชต์กิจ หนึ่งหทัย สุภา ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

553 ผลของไคโตซานต่อความงอกและผลผลิตของข้าว
ชลธิชา เสนาพันธ์ ศุภชัย อำคา และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง

557 ผลของความเข้มข้นของแป้งข้าวต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลผสมและไส้กรอกมังสวิรัติ
โศรดา วัลภา จันสุดา คำภา และ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์

561 จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อน
ศนิ จิระสถิตย์ และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

565 ผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนพร้อมบริโภค
อินทิรา ลิจันทร์พร นันท์ชนก นันทะไชย ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ และ อัญชลินทร์ สิงห์คำ

569 ผลของน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตแซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนผิวลำไย
วรากร โสภา พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ นิพร เดชสุข พัชทรา มณีสินธุ์ และ มณฑิรา นพรัตน์

573 การใช้ Forchlorfenuron และ Gibberellic Acid เพื่อเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่
ภาสันต์ ศารทูลทัต ธนัญญา หมาดหมัน ริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ศุภธิดา อับดุลลากาซิม และ ธีร์ หะวานนท์

577 ผลของปริมาณถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลืองต่อคุณสมบัติทางด้านสี เนื้อสัมผัสและประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดถั่วเหลืองผสมถั่วเขียว
นิสานารถ กระแสร์ชล ชุติภา พิเศษธนกิจกุล และ สุภวรรณ์ ไชยเสน

581 ผลของรอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่อสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำเม่า
ทาริกาล เลาไธสง นฤมล พุทธเกษม และ สุพัตรา โพธิเศษ

585 การเปรียบเทียบอัตราส่วนเห็ดหอมและเห็ดนางรมหลวงในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ด
วิภารัศมิ์ ทรายหมอ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ ณัฐสุดา สุมณศิริ ปนิดา บรรจงสินศิริ และเนาวพันธ์ หนูจุ้ย

589 ศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของแก่นตะวัน ภายใต้สภาพการเพาะปลูกในภาคตะวันออกของประเทศไทย
รัตติกาล เสนน้อย ณรงค์ศักดิ์ สละชีพ และ นิภาพร ทรัพย์พนาวรรณ

593 ระบบการเกษตร และการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้ของชุมชนในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่
สุธีระ เหิมฮึก วิชญ์ภาส สังพาลี เนตรนภา อินสลุด และจุฑามาศ อาจนาเสียว

597 ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของไวน์เม่า
ชุลีพร ชำนาญค้า พูนสินธุ์ นามวุฒิ และ ศศิกานต์ ซองทุมมินทร์

601 บทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่อการส่งเสริมการเกษตร
ธานินทร์ คงศิลา

605 สารหอมระเหยที่โดดเด่นในขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) พันธุ์ทองประเสริฐ
วัฒนา อัจฉริยะโพธา กมลทิพย์ ครอบบัวบาน ทิพย์พิมล มนต์ทิพย์ โสรญา ใจเอื้อ ปาริยา ณ นคร และสมโภชน์ น้อยจินดา

609 การดูดซับโลหะโครเมียม (VI) ด้วยถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง
เกศศิริ เหล่าวชิระสุวรรณ

613 ความสามารถในการเป็นสารให้ความคงตัวของเนื้อตาล (*Borassus flabellifer* L.) ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสในน้ำสลัดคอเลสเตอรอลต่ำ
วันทนีย์ น้อยจินดา กณิษฐา รงคะอำพันธุ์ และ ปราณี อ่านเปรื่อง

617 ผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์
อรอนงค์ บัวดำ ปราโมทย์ พรสุริยา และ ประพฤติ พรหมสมบูรณ์

621 สารต้านอนุมูลอิสระและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของปลีกล้วยสด
พิชญา ชื่นชม วัฒนา อัจฉริยะโพธา กิตติ โพธิปัทมะ และ สมโภชน์ น้อยจินดา

625 ผลของการแปรรูปด้วยความร้อนต่อคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไย
พิทยา ใจคำ และ ปิยธิดา สุดเสนาะ

629 ผลของมอลโตเดกซ์ตรินต่อคุณภาพของแกนสับปะรดทอดสุญญากาศ
สิรินาถ ตัณฑเกษม และ อภิญญา เจริญกูล

633 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กข้าวฮางงอก
บุศราวรรณ ไชยะ และ เมวิกา รัตนะ

637 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยาขนมจีนผสมตังกุยกึ่งสำเร็จรูป
เรวดี มีสัตย์ ชนะ ปรีชามานิตกุล พัทธมน ดวงตา และ ภุมรินทร์ ขันสัมฤทธิ์

641 การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก
เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ และ กรวิชญ์ พูลผล

645 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มต่อการทำแห้งของผลหม่อน
ยุพารัตน์ โพธิเศษ และ ชินกฤต ศรีนวล

649 การพัฒนาระบบการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึก ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊ค
คงเอก ศิริงาม วิภาภรณ์ แสวงมี นราศักดิ์ บุญมี และ เกศศิรินทร์ แสงมณี

653 ผลของการเพิ่มความเข้มข้นของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหาร สูตรพระนครต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์
คงเอก ศิริงาม นราศักดิ์ บุญมี วิชิตชัย ฮานาฟี และ ชัยวัฒน์ อาบสุวรรณ

657 การประเมินความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดฝักอ่อนโดยการวิเคราะห์พืช
ทิวาพร ผดุง ภาณุมาศ โคตรพงศ์ ปัญจพร เลิศรัตน์ ศุภกาญจน์ หล่ายแปด และ การิตา จงเจือกลาง

661 การตอบสนองของผลกล้วยพื้นเมืองไทยต่อ Gibberellic Acid ในการเพิ่มขนาดผล
ปทุมมาลย์ นาคสมพันธ์ กัลยาณี สุวิทวัส พิมพ์นิภา เพ็งช่าง ธีร์ หะวานนท์ และ ภาส้นต์ ศารทูลทัต

665 การเก็บรักษาไอศกรีมผลพลับแห้ง
สุภางค์ เรืองฉาย

669 ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ
พัตราพร จอมเมืองบุตร และ ศศิธร พิมจักษุ

673 การสกัดไขมันจากเมล็ดเงาะด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต: แบบจำลองคณิตศาสตร์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์ อุบล ฤกษ์อ่ำ และ สุกิจ ขำเปรื่องดช

678 ผลของพาโคลบิวทราโซล การควั่นกิ่ง และเอทีฟอน ต่อการออกดอกนอกฤดูของมะขามป้อม
สดศรี เนียมเปรม กุศล เอี่ยมทรัพย์ และ จุติณัฏฐ์ ธนกิจวนิชกุล

681 การสกัดสารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยด้วยการสกัดเชิงกล
นิศานันท์ ตามกาล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

685 การสกัดไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่
ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ แฟรงก์ บี. มาทา

689 การเปรียบเทียบการพรีทรีตด้วยวิธีดั้งเดิม และอัลตร้าซาวด์ในสกัดไซแลนจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่
ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ แฟรงก์ บี. มาทา

693 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีและสารหอมระเหยจากใบเตย (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) โดยใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง
นิศานันท์ ตามกาล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ แฟรงก์ บี. มาทา

697 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนีเพื่อสุขภาพจากผงแก่นตะวัน
ดวงใจ มาลัย ปทุมรัตน์ อมรศิลป์ ยศพงศ์ ปลัดสิงห์ และ พัชราวดี เลิศปัญญาพล

701 การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แมลงและสารพิษตกค้างในระบบการผลิตผักหลังการเก็บเกี่ยว
ภาณุมาศ โคตรพงศ์ การิตา จงเจือกลาง และ ทิวาพร ผดุง

705 การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของข้าวไร่ที่ปลูกภายใต้สภาพมีหรือขาดออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหาร
ทศพร บ่อบัวทอง ปรียาภรณ์ แสงเรือน และ เนตรนภา อินสลุด

709 ผลกระทบของสารควบคุมวัชพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว
ปรียาภรณ์ แสงเรือน พูนศรี อ่วยยื่อ และ เนตรนภา อินสลุด

713 ผลของการนึ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณแอนโธไซยานินในเมล็ดข้าวไรซ์เบอรี่
หทัยรัตน์ พลชาตรี วิชญ์ภาส สังพาลี และ เนตรนภา อินสลุด

717 พฤติกรรมการสูญเสียน้ำของบวบหอมและบวบเหลี่ยมภายหลังการเก็บรักษา
พิชญา ชื่นชม สมโภชน์ น้อยจินดา และ กิตติ โพธิปัทมะ

721 ดัชนีผู้แต่ง

727 ดัชนีคำสำคัญ

การสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำจากเปลือกกล้วยหอมทอง

Low-methoxyl Pectin Extraction by 'Kluai Hom Thong' Banana Peel

กมลวรรณ เที่ยงตรง[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ แฟรงก์ บี. มาทา[2]
Thiengtrong, K.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], and Matta, F.B.[2]

Abstract

The optimum condition of low methoxyl pectin extraction from 'Kluai Hom Thong' banana peels by using ammonium hydroxide at different concentration of ammonium hydroxide solution at 0.01 M, 0.05 M, 0.10 M and 0.15 M, temperature at 50ºC, 65ºC, 80ºC and 95ºC, extraction time at 30, 60, 90 and 120 min was conducted. It was found that the yield increased when concentration of ammonium hydroxide solution, temperature, and extraction time increased but degree of methyl esterification and viscosity of pectin solution decreased. The optimum extraction condition of low-methoxyl pectin was 0.05 M ammonium hydroxide, extraction temperature at 80ºC, and extraction time at 60 min. The yield, degree of methyl esterification (DM), and viscosity of pectin solution at 1% (w/v) in water were 9.87, 35.93 and 5.77 cp., respectively.
Keywords: low methoxyl pectin, 'Kluai Hom Thong' banana peels, degree of methyl esterification

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำจากเปลือกกล้วยหอมทองด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ โดยแปรความเข้มข้นสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 0.01, 0.05, 0.10 และ 0.15 โมลาร์ อุณหภูมิ 50, 65, 80 และ 95 องศาเซลเซียส เวลาสกัด 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิ และเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชันและค่าความหนืดของสารละลายเพคตินลดลง สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำจากเปลือกกล้วยหอม คือ การสกัดด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาการสกัด 60 นาที เพคตินที่สกัดได้มีค่าร้อยละผลผลิต ระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชัน (%DM) และค่าความหนืดที่ความเข้มข้น 1 %(w/v) ในน้ำเท่ากับ 9.87, 35.93, 5.77 cp. ตามลำดับ
คำสำคัญ: เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ เปลือกกล้วยหอมทอง ระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชัน

คำนำ

เพคติน เป็นองค์ประกอบของผนังเซลพืชโดยรวมอยู่กับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส มีน้ำตาล D galacturonic acid เป็นโครงสร้างหลัก (Thakur และคณะ 1997) เพคตินเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสในอุตสาหกรรมอาหาร การสกัดเพคตินทำได้หลายวิธี เช่น การสกัดด้วยน้ำ กรด ด่าง สารแคลเซียมคีเลต และ เอนไซม์ ซึ่งวิธีการสกัดที่ต่างกันทำให้คุณภาพเพคติน เช่น คุณสมบัติเชิงหน้าที่ น้ำหนักโมเลกุล ความบริสุทธิ์ และ %DM ต่างกัน การผลิตเพคตินระดับอุตสาหกรรมใช้วิธีสกัดด้วยกรดความเข้มข้นต่ำที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากกระบวนการสกัดง่ายและให้ปริมาณเพคตินสูง โดยใช้กากของส้มหรือแอปเปิลเป็นวัตถุดิบในการสกัด (May, 1990) เพคตินที่สกัดได้เป็นชนิดเมทอกซิลสูง (High-methoxyl pectin) มี %DM มากกว่า 50 %DM คือ ค่าปริมาณการแทนที่ของหมู่เมทิลเอสเทอร์บนสายเพคติน) เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้เมื่อมีปริมาณน้ำตาลในสารละลายทั้งหมด 55-85% ที่ pH 2.5–3.8 จึงมีข้อจำกัดในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปริมาณน้ำตาลต่ำ ในขณะที่เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ (%DM < 50) สามารถเกิดเจลโดยไม่ใช้น้ำตาล ช่วง pH กว้าง 2.5–6.0 (Brejnholt, 2010) ผลิตได้จากการดัดแปลงหมู่เมทิลของเพคตินเมทอกซิลสูงด้วยกรดหรือด่างแอมโมเนีย (Seymour และ Knox, 2002) นอกจากนี้คุณภาพของเพคตินยังขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาสกัด ซึ่งเพคตินจากพืชต่างชนิดมีคุณภาพและปริมาณต่างกัน

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

เพคตินจากองุ่น ถั่วเหลือง บีท แบล็คเคอแรนท์ให้ร้อยละเพคตินเท่ากับ 11, 16, 67 และ 19 ตามลำดับ (Voragen และคณะ, 2009) รวมทั้งเปลือกกล้วยหอมทองมีร้อยละเพคติน 10–21 ปริมาณเปลือกกล้วยต่อผลกล้วย~30 เปอร์เซ็นต์ (Emaga และคณะ, 2008) เหมาะเป็นวัตถุดิบในการสกัดเพคตินเนื่องจากกล้วยหอมทองได้รับความนิยมบริโภคสด และแปรรูปทำให้มีเปลือกกล้วยเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก มีงานวิจัยที่ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยแต่เพคตินที่สกัดได้เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (Emaga และคณะ, 2008; Yapo และคณะ, 2009; Oliveira และคณะ, 2015) อย่างไรก็ตามเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำสามารถใช้งานได้หลากหลายกว่า เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำจากเปลือกกล้วยหอมทอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างเปลือกกล้วยหอมทอง นำเปลือกกล้วยสดจากอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ระยะสุก 7–8 ตัดเป็นชิ้นขนาด ~ 2 เซนติเมตร รีฟลักซ์ด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 (ปริมาตรต่อปริมาตร) 1 ชั่วโมง (Emaga และคณะ, 2008) จากนั้นอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง จนน้ำหนักเปลือกกล้วยคงที่ ค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 6–7 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช

1. ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์โดยแปรความเข้มข้นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 0.01, 0.05, 0.10 และ 0.15 โมลาร์ อัตราส่วนเปลือกกล้วยอบแห้งต่อสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1:30 (กรัมต่อมิลลิลิตร) สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที กรองแยกสารละลาย แล้วปรับ pH เท่ากับ 3 ด้วยไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 3 โมลาร์ ตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 (ปริมาตรต่อปริมาตร) อัตราส่วน 2 เท่าของสารสกัดเพคติน ล้างเพคตินด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 (ปริมาตรต่อปริมาตร) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 50 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและคำนวณค่าร้อยละผลผลิต (Kalapathy และ Proctor, 2001)

– วิเคราะห์ระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชัน (%DM) ด้วยวิธีการไทเทรต (Jiang และคณะ 2012) ตัวอย่างเพคติน 200 มิลลิกรัม เติมเอทานอล 50 ไมโครลิตร และละลายในน้ำปราศจากไอออน 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนละลายสมบูรณ์ เติมอินดิเคเตอร์ฟีนอฟทาลีน 1–2 หยด ไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาณที่ใช้ (V_1) จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วเติมไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร เขย่าจนหมดสีชมพูแล้วจึงนำไปไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์บันทึกปริมาณที่ใช้ (V_2) คำนวณค่าระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชัน จากสูตร

$$\%DM = V_2 / (V_1 + V_2) \times 100 \quad (1)$$

– ค่าความหนืดสารละลายเพคติน เตรียมสารละลายเพคตินในน้ำปราศจากไอออนความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfiled DV–II+Pro) ขนาดหัววัด s62 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2. ศึกษาอุณหภูมิการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ ใช้ความเข้มข้นสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการทดลองที่ 1 แปรอุณหภูมิ 50, 65, 80 และ 95 องศาเซลเซียส กำหนดเวลาการสกัด 60 นาที วิธีการสกัดเพคตินและวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.

3. ศึกษาเวลาการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้นสารละลายและอุณหภูมิการสกัดจากการทดลองที่ 1 และ 2 แปรเวลาการสกัด 30, 60, 90 และ 120 นาที วิธีการสกัดเพคตินและวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย Least significant difference (LSD) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของความเข้มข้นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำจากเปลือกกล้วยหอมทอง (ตารางที่ 1) พบว่าเมื่อความเข้มข้นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น ร้อยละผลผลิตเพคตินเพิ่มขึ้น แต่ความหนืดและ%DM ลดลง เนื่องจากแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์มีความเป็นด่าง เมื่อใช้สกัดเพคตินทำให้เกิดปฏิกิริยาดีพอลิเมอร์ไรซ์เซชัน คือการตัดสายเพคตินที่เกี่ยวพันกับองค์ประกอบอื่นๆภายในเปลือกกล้วย (Fry, 1986) เมื่อให้ความเข้มข้นสูงขึ้นเพคตินจึงถูกสกัดออกมาได้มากแต่น้ำหนักโมเลกุลของเพคตินลดลงจึงทำให้ค่าความหนืดต่ำลง และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ยังทำให้

เกิดปฏิกิริยาดีเอสเตอริฟิเคชันซึ่งเป็นการเปลี่ยนหมู่เมทิลเอสเตอร์เป็นหมู่คาร์บอกซิลทำให้เพคตินมี %DM ลดลง (Sila และคณะ, 2009) ความเข้มข้นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินเมทอกซิลต่ำ คือ 0.05 โมลาร์ ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 9.87 %DM เท่ากับ 35.93 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง %DM ที่กำหนดคือ 20–40 และมีค่าความหนืดเท่ากับ 5.71 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเพคตินทางการค้า จึงเลือกการสกัดเพคตินด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ เพื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการสกัดต่อไป

ผลของอุณหภูมิการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ (ตารางที่ 2) พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้สกัดเพิ่มขึ้น ร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้นขณะที่ความหนืดและ %DM ของเพคตินต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสามารถเร่งปฏิกิริยาดีพอลิเมอร์ไรซ์เซชันและดีเอสเตอริฟิเคชันของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิการสกัดที่เหมาะสมสำหรับสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำคือ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากเพคตินที่สกัดได้มีค่า %DM เท่ากับ 35.93 อยู่ในช่วงที่กำหนด (20–40) และมีความหนืดไม่แตกต่างกับเพค ตินทางการค้า ($p \leq 0.05$)

ผลของเวลาการสกัด (ตารางที่ 3) พบว่าเมื่อเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น ร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้นขณะที่ความหนืดและ %DM ลดลง เนื่องจากเวลาการสกัดมากทำให้ปฏิกิริยาต่างๆเกิดขึ้นนานเพคตินจึงถูกสกัดได้มากแต่มีค่าความหนืดและ %DM ต่ำลง เวลาการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำที่เหมาะสม คือ 60 นาที %DM เท่ากับ 35.93 อยู่ในช่วง 20–40 และมีค่าความหนืดไม่ต่างกันกับเพคตินทางการค้า

สรุปผล

สภาวะการสกัดเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำจากเปลือกกล้วยหอมทองที่เหมาะสม คือ การสกัดด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อุณหภูมิการสกัด 80 องศาเซลเซียส เวลาการสกัด 60 นาที ร้อยละผลผลิต ค่า %DM และ ค่าความหนืดเท่ากับ 9.87, 35.93 และ 5.71 cp. ตามลำดับ เพคตินที่สกัดได้นำไปศึกษาลักษณะทางเคมีและคุณสมบัติเชิงหน้าที่เพื่อประยุกต์ใช้ในอาหารต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) บริษัท แดรี่โฮม จำกัด โครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Brejnholt, S.M., 2010, Food stabilisers thickeners and gelling agents, Wiley-Blackwell Publisher, New York.

Emaga, T.H., Robert, C., Ronkart, S.N., Wathelet, B., and Paquot, M., 2008, Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties, Bioresources Technology, 99: 4346–4354.

Fry, S.C.,1986, Cross-linking of matrix polymer in the growing cell walls of angiosperms, Plant Physiology, 37; 165–186.

Jiang, Y., Du, Y., Zhu, X., Xiong, H., Woo, M.W. and Hu, J., 2012, Physicochemical and comparative properties of pectins extracted from *akebia* trifoliate var. *australis* peel, Carbohydrate Polymers, 87: 1663–1669.

Kalapathy, U. and Proctor, A., 2001, Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin, Food Chemistry, 73: 393–396.

May, C.D., 1990, Industrial pectins: sources, production and applications, Carbohydrate Polymer, 12(2): 79–99.

Seymour, G.B., and Knox, J. P., 2002, Pectin and their manipulation, Bookcraft Ltd. Midsomer Norton, Bath.

Sila, D.N., Buggenhout, S.V., Duvetter, T., Fraeye, I., Roeck, A.D., Loey, A.V. and Hendrickx, M., 2009, Pectins in processed fruits and vegetables: part ii–structure-function relationships, Food Science and Food Safety, 8: 86–104.

Thakur, B., R., Singh, R., K. and Handa, A., K., 1997, Chemistry and Uses of pectin–Review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 37 (1): 47–73.

Yapo, B., M., 2009, Pineapple and Banana Pectins Comprise Fewer Homogalacturonan Building Blocks with a Smaller Degree of Polymerization as Compared with Yellow Passion Fruit and Lemon Pectins: Implication for Gelling Properties, Biomacomolecules, 10: 717–721.

Table 1 Degree of methyl esterification, Viscosity and Yield of 'Kluai Hom Thong' banana peel pectin at various concentration of NH_4OH solution extraction, at 80 °C, and extraction time of 60 min.

Treatment	% DM	Viscosity (cp.)	Yield
0.01 M	58.85 ± 0.22^a	6.31 ± 0.02^a	8.27 ± 0.26^d
0.05 M	35.93 ± 0.08^b	5.71 ± 0.25^b	9.87 ± 0.10^c
0.10 M	20.63 ± 1.68^d	4.82 ± 0.03^c	10.74 ± 0.32^b
0.15 M	18.92 ± 0.34^d	4.45 ± 0.05^d	11.56 ± 0.18^a
commercial	25.30 ± 1.61^c	5.87 ± 0.08^b	–
F-value	**	**	**
LSD	2.20	0.28	0.51

Note: $^{a, b, c}$ and ^{d} letters in the same column are significantly different as determined using LSD test.

Table 2 Degree of methyl esterification, viscosity and yield of 'Kluai Hom Thong' banana peel pectin at various extraction temperature, concentration of 0.05 M NH_4OH, and extraction time of 60 min.

Treatment	% DM	Viscosity (cp.)	Yield
50 °C	74.73 ± 0.06^a	7.40 ± 0.17^a	8.50 ± 0.14^c
65 °C	48.43 ± 0.10^b	6.07 ± 0.11^b	9.65 ± 0.01^b
80 °C	35.93 ± 0.08^c	5.77 ± 0.21^b	9.87 ± 0.10^a
95 °C	19.02 ± 0.12^e	5.33 ± 0.11^c	9.99 ± 0.15^a
commercial	25.30 ± 1.61^d	5.87 ± 0.29^b	–
F-value	**	**	**
LSD	1.35	0.37	0.17

Note: ^{a}, ^{b}, ^{c} and ^{d} letters in the same column are significantly different as determined using LSD test.

Table 3 Degree of methyl esterification, Viscosity and Yield of 'Kluai Hom Thong' banana peel pectin at various extraction time, concentration of 0.05 M NH_4OH, and extraction temperature of 80 °C.

treatment	% DM	Viscosity (cp.)	Yield
30 min	37.91 ± 0.30^a	6.27 ± 0.05^a	9.35 ± 0.19^b
60 min	35.93 ± 0.08^b	5.77 ± 0.21^b	9.87 ± 0.10^a
90 min	26.49 ± 0.73^c	4.90 ± 0.17^c	9.94 ± 0.07^a
120 min	17.56 ± 0.92^d	4.12 ± 0.06^d	9.98 ± 0.06^a
commercial	25.30 ± 1.61^c	5.87 ± 0.29^b	–
F-value	**	**	*
LSD	1.88	0.24	0.24

Note: ^{a}, ^{b}, ^{c} and ^{d} letters in the same column are significantly different as determined using LSD test.

ผลของพีเอชในการตกตะกอนเพคตินที่สกัดจากเปลือกกล้วยหอมทอง

Effect of pH Condition Precipitation on 'Kluai Hom Thong' Banana Peel Pectin

กมลวรรณ เที่ยงตรง[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ แฟรงก์ บี. มาทา[2]

Thiengtrong, K.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], and Matta, F.B.[2]

Abstract

'Kluai Hom Thong' banana peels pectin was prepared by 0.05 M hydrochloric acid extraction, followed by adjust pH (1, 4, 7, 10 and 13) before ethanol precipitation. It was found pH of precipitation had significant effects on the yield, degree of methyl esterification(%DM) and viscosity ($p \leq 0.05$), yield, ranged, 8.18–10.88, degree of methyl esterification, ranged, 63.76–87.13 and the viscosity of pectin solution at 1% (w/v) in water, ranged 5.5–6.5 cp. The pectin from precipitation at pH 13 give highest yield was 10.88, but degree of methyl esterification was and viscosity is the lowest, 63.76 and 5.5, respectively but the pectin from precipitation at pH 4 give highest degree of methyl esterification was 89.69, yield and viscosity, 8.42 and 6.5 cp., respectively

Keywords: Kluai Hom Thong banana peels, pectin precipitation, degree of methyl esterification

บทคัดย่อ

เพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองที่สกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปรับ pH (1, 4, 7, 10 และ 13) ก่อนตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลพบว่า pH ที่ใช้ในขั้นการตกตะกอนมีผลต่อร้อยละผลผลิต ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชัน (%DM) และค่าความหนืดของเพคติน ($p \leq 0.05$) ค่าร้อยละผลผลิต เท่ากับ 8.18–10.88 ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชัน เท่ากับ 63.76–87.13 ตามลำดับ ค่าความหนืดของสารละลายเพคตินความเข้มข้นร้อย 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในน้ำ อยู่ในช่วง 5.5–6.5 cp. โดยเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนที่ pH 13 ให้ร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 10.88 ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันและค่าความหนืดต่ำสุด เท่ากับ 63.76 และ 5.5 cp. ตามลำดับ ขณะที่การตกตะกอนที่ pH 4 เพคตินที่ได้มีระดับเอสเทอริฟิเคชันสูงสุด 89.69 ร้อยละผลผลิตและค่าความหนืดเท่ากับ 8.42 และ 6.5 cp. ตามลำดับ

คำสำคัญ: เปลือกกล้วยหอมทอง การตกตะกอนเพคติน ระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชัน

คำนำ

เพคติน เป็นเฮเทอโรพอลิแซคคาไรด์พบในผนังเซลล์พืช (Northcote และคณะ, 1972) แบ่งออกตามระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชัน (degree of methyl esterification, %DM) ได้ 2 ชนิดได้แก่ ชนิดที่ 1 เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin, HM) %DM มากกว่า 50 เพคตินชนิดเมทอกซิลสูงมี 6 ประเภทได้แก่ 1) Extra slow set pectin เกิดเจลช้ามาก (%DM 55–59) 2) Slow set pectin เกิดเจลได้ช้า (%DM 60–64) 3) Medium rapid set pectin เกิดเจลเร็วปานกลาง (%DM 65–69) 4) Rapid set pectin เกิดเจลเร็ว (%DM ~72) 5) Extra rapid set pectin เกิดเจลเร็วมาก (%DM ~76) และ 6) Ultra rapid set pectin เกิดเจลรวดเร็วมาก (%DM ~82) ซึ่งเพคตินแต่ละประเภทมีคุณสมบัติต่างกันเหมาะสมตามแต่ละลักษณะการใช้งาน ส่วนชนิดที่ 2 เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin, LM) %DM ต่ำกว่า 50 (Willats และคณะ, 2006) ชนิดของเพคตินขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่นำมาสกัดและวิธีการผลิตเพคติน ในการผลิตเพคตินนิยมสกัดด้วยสารละลายกรดความเข้มข้นต่ำ สกัดที่อุณหภูมิสูงและตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอล ปัจจุบันเพคตินผลิตจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้จากอุตสาหกรรมอาหารเช่น กากและเปลือกของส้มหรือแอปเปิลจากการผลิตน้ำผลไม้ (Thakur และคณะ, 1997) วัตถุดิบเหลือทิ้งอีกชนิดที่น่าสนใจเพื่อใช้ผลิตเพคติน คือ เปลือกกล้วยหอมทอง ซึ่งกล้วยหอมทองได้รับความนิยมบริโภคแบบผลสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552) จึงมีเปลือกกล้วยหอมเหลือเป็นจำนวนมาก ร้อยละเปลือกกล้วยหอมทองเท่ากับ 30 ของผลกล้วยทั้งหมดและมีร้อยละเพคติน 10–21 ของน้ำหนักแห้ง

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

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

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762

Emaga และคณะ (2008a) ศึกษาเพคตินจากเปลือกกล้วย *Musa* AAA, *Musa* AAB ที่ระยะสุก 1, 5 และ 7 ด้วยวิธีการสกัดแบบลำดับขั้น (sequential extraction) พบว่าระยะสุกที่ 5 ให้ร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 21.7 ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันของเพคตินที่ระยะสุก 7 ให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 67.1–70.9 น้ำหนักโมเลกุล เพคติน (Mv) เท่ากับ 249–573 kDa เพคตินจากเปลือกกล้วย *Musa* AAA cv. Poyo, Cavendish subgroup สกัดด้วยสารละลายซิตริก pH 1.8 อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส มีค่า %DM เท่ากับ 55 น้ำหนักโมเลกุล (Mv) 87.3 kDa มีประสิทธิภาพเป็นสารเกิดเจล (Yapo, 2009) Oliveira และคณะ (2016) ศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วย *Musa acuminate* AAA ระยะสุก 6 ด้วยกรดซิตริก แปร pH อุณหภูมิ และเวลาการสกัด สภาวะที่ดีที่สุดคือ pH 2.0 อุณหภูมิ 87 องศาเซลเซียส เวลาการสกัด 160 นาที เพคตินมีร้อยละผลผลิต ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันและปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก เท่ากับ 13.89, 51.79 และ 78.12 ตามลำดับ Emaga และคณะ, (2008b) ศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วย *Musa* AAA, Grand Naine ด้วยกรด ซัลฟูริกสภาวะที่ดีที่สุดคือ pH 2 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลาการสกัด 60 นาที เพคตินที่สกัดได้มีร้อยละผลผลิต ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชัน และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก เท่ากับ 15.1, 61 และ 46.4 นอกจากวิธีการสกัดแล้วการตกตะกอนเพคตินยังส่งผลต่อคุณภาพเพคตินได้เช่นกัน (Joye และ Luzio, 2000) Roboz และ Hook (1947) ศึกษาการตกตะกอนเพคตินจากหัวบีทที่ pH 2 และ 8 พบว่าเพคตินที่ได้มีค่าความหนืด และระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันต่างกัน ในขณะที่ Kalapathy และ Proctor (2001) ได้ศึกษา pH ที่ใช้ในขั้นการตกตะกอนเพคตินที่สกัดได้จากกากถั่วเหลืองที่ pH 2 และ 3.5 พบว่าไม่มีผลต่อระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันของเพคตินอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการตกตะกอนเพคตินที่สภาวะกรดด่างที่ต่างกันทำทำให้เพคตินที่สกัดได้ต่างชนิดกัน งานวิจัยนี้ศึกษาผลของ pH ที่ใช้ขั้นตอนการตกตะกอนเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกกล้วยหอมทองที่ pH 1–13 ต่อร้อยละผลผลิต ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชัน และค่าความหนืดของเพคตินที่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

เปลือกกล้วยหอมทองสดจากอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ระยะสุกที่ 7–8 ตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร รีฟลักซ์ด้วย 95% เอทานอล 1 ชั่วโมง เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และกำจัดสารโมเลกุลขนาดเล็ก (Emaga และคณะ, 2008b) กรองและอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง จนน้ำหนักเปลือกกล้วยคงที่มีค่าความชื้นเท่ากับ 6 – 7 %w/w นำมาบดและผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช

ตัวอย่างเปลือกกล้วยหอมทองนำมาสกัดเพคตินด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อัตราส่วนเปลือกกล้วยต่อสารละลายไฮโดรคลอริกเท่ากับ 1:30 (กรัมต่อมิลลิลิตร) อุณหภูมิการสกัด 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แยกสารละลายเพคตินที่สกัดได้ ศึกษาการตกตะกอนโดยปรับใช้ตามวิธีของ Kalapathy และ Proctor (2001) สารละลายที่ได้จากจากสกัดนำมาปรับ pH เท่ากับ 1, 4, 7, 10 และ 11 ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกและ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ แล้วจึงเติม 95% เอทานอล อัตราส่วน 1:2 เพื่อตกตะกอนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่ 4 องศาเซลเซียส แยกเพคตินที่ตกตะกอนได้ล้างด้วย 95% เอทานอล อบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาร้อยละผลผลิต

วิเคราะห์ระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชัน (%DM) วิเคราะห์ด้วยวิธีการไทเทรต (Jiang และคณะ 2012) ละลายตัวอย่าง

เพคติน 200 มิลลิกรัม ในเอทานอล 50 ไมโครลิตร และน้ำปราศจากไอออน 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่อเพค ตินละลายสมบูรณ์ เติมอินดิเคเตอร์ฟีนอฟทาลีน 1–2 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาณที่ใช้ (V_1) จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร เขย่า 2 ชั่วโมง แล้วเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร เขย่าจนหมดสีชมพูแล้วจึงนำไปไทเทรตอีกครั้ง บันทึกปริมาณที่ใช้ (V_2) คำนวณค่าระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชัน

จากสูตร $$\%DM = V_2 / (V_1 + V_2) \times 100 \qquad (1)$$

ค่าความหนืด เตรียมสารละลายเพคตินที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในน้ำปราศจากไอออน นำไปวิเคราะห์ค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfiled DV–II+Pro) ขนาดหัววัด s62 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย Least significant difference (LSD) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองที่สกัดด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปรับ pH เท่ากับ 1, 4, 7, 10 และ 13 ก่อนตกตะกอนด้วยเอทานอล พบว่า pH ที่แตกต่างกันมีผลต่อร้อยละผลผลิต ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชัน และค่าความหนืดอย่างมีนัยสำคัญ การปรับ pH สารสกัดเพคตินตั้งแต่ pH 1 ถึง 13 ก่อนนำมาตกตะกอนได้ร้อยละผลผลิตเพคติน อยู่ระหว่าง 8.18–10.88 (Table 1) การปรับ pH ที่ 10–13 ให้ร้อยละผลผลิตสูงกว่า pH 1–7 เนื่องจากที่ pH สูงมีสภาวะเป็นด่างทำให้โมเลกุลเพคตินเกิดแรงดึงดูดระหว่างกันเพิ่มขึ้นเพคตินจึงตกตะกอนเพิ่มขึ้นทำให้ร้อยละผลผลิตสูง (นิธิยา, 2545; Roboz และ Hook, 1947) ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันของเพคตินที่ได้จากการปรับ pH 1–13 อยู่ระหว่าง 63.76–87.13 (Table 1) เพคตินที่ได้เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูงสอดคล้องกับผลของ Emaga และคณะ (2008) ที่ pH 4 เพคตินมีระดับเมทิล เอสเทอริฟิเคชัน สูงสุดเท่ากับ 89.69 และเมื่อปรับ pH สูงขึ้นพบว่าระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันของเพคตินต่ำลง เนื่องจากที่ pH สูงมีสภาวะเป็นด่างทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาดีเอสเทอริฟิเคชัน (de-esterification reaction) (Fig. 1) เกิดการเปลี่ยนแปลงหมู่เมทิลเอสเตอร์ของโมเลกุลเพคตินเป็นหมู่คาร์บอกซิล ส่งผลให้ระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันลดลง เพคตินที่ได้จากการปรับ pH 1–10 เป็นเพคตินเมทอกซิลสูงชนิดเกิดเจลเร็ว–รวดเร็วมาก เพคตินที่ pH 13 มีระดับเมทิลเอสเทอริฟิเคชันใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (%DM เท่ากับ 60.18) ซึ่งเป็นเพคตินเมทอกซิลสูงชนิดเกิดเจลช้าเหมาะสำหรับทำเจล (นิธิยา, 2545) ค่าความหนืดของสารละลายเพคตินความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เท่ากับ 5.5–6.5 cp. (Table 1) เพคตินที่ตกตะกอนจากการปรับ pH เท่ากับ 1 และ 4 มีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 6.5 cp. และมีความหนืดต่ำลงเมื่อปรับ pH ก่อนการตกตะกอนให้สูงขึ้นเนื่องจากที่ pH สูงเร่งให้เกิดปฏิกิริยาดีพอลิเมอไรซ์เซชัน (de-polymerization reaction) จึงทำให้น้ำหนักโมเลกุลเพคตินลดลง ส่งผลต่อค่าความหนืดของสารละลายเพคตินให้ต่ำลงด้วย อย่างไรก็ตามเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองมีค่าความหนืดต่ำกว่าเพคตินทางการค้าที่สกัดจากส้ม (12.7 cp.) เนื่องจากเพคตินจากกล้วยหอมมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าเพคตินจากเปลือกส้มจึงส่งผลให้สารละลายเพคตินมีความหนืดต่ำกว่า (Yapo, 2009)

สรุปผล

เพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองที่ได้จากการตกตะกอนที่ pH 1 – 13 เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง pH 13 และ 10 ให้ร้อยละผลผลิตสูง เพคตินที่ pH 13 เป็นชนิดเกิดเจลช้า และเพคตินที่ pH 10 เป็นชนิดเกิดเจลเร็ว เพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองมีความหนืดต่ำจึงน่าสนใจในการศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่เพื่อนำไปใช้ทางด้านอาหารเป็นสารเกิดเจลและอิมัลชันต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) บริษัท แดรี่โฮม จำกัด โครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Emaga, T.H., Robert, C., Ronkart, S.N., Wathelet, B. and Paquot, M., 2008a, Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties, Bioresources Technology, 99: 4346 - 4354.

Emaga, T.H., Ronkart, S.N., Robert, C., Wathelet, B. and Paquot, M., 2008b, Charecterisation of pectins extraction from banana peels (*Musa AAA*) under different conditions using an experimental design, Food Chemistry, 108: 463–471.

Jiang, Y., Du, Y., Zhu, X., Xiong, H., Woo, M.W. and Hu, J., 2012, Physicochemical and comparative properties of pectins extracted from *Akebia* trifoliate var. *australis* peel, Carbohydrate Polymers, 87: 1663–1669.

Joye, D., D. and Luzio, G., A., 2000, Process for selection of pectins from plant material by differential pH, Carbohydrate Polymers, 43: 337–342.

Kalapathy, U. and Proctor, A., 2001, Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin, Food Chemistry, 73: 393–396.

Northcote, D. H., 1972, Chemistry of the plant cell wall, *Annual* Review of Plant Physiology, 23: 113–132.

Roboz, E. and Hook, A., V., 1947, Chemical study of beet pectin, American Society of Sugar Beet Techologists, 574–583.

Sila, D.N., Buggenhout, S.V., Duvetter, T., Fraeye, I., Roeck, A.D., Loey, A.V. and Hendrickx, M., 2009, Pectins in processed fruits and vegetables: part ii–structure–function relationships, Food Science and Food Safety, 8: 86–104.

Thakur, B.R., Singh, R.K. and Handa, A.K., 1997, Chemistry and uses of pectin–review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 37 (1): 47–73.

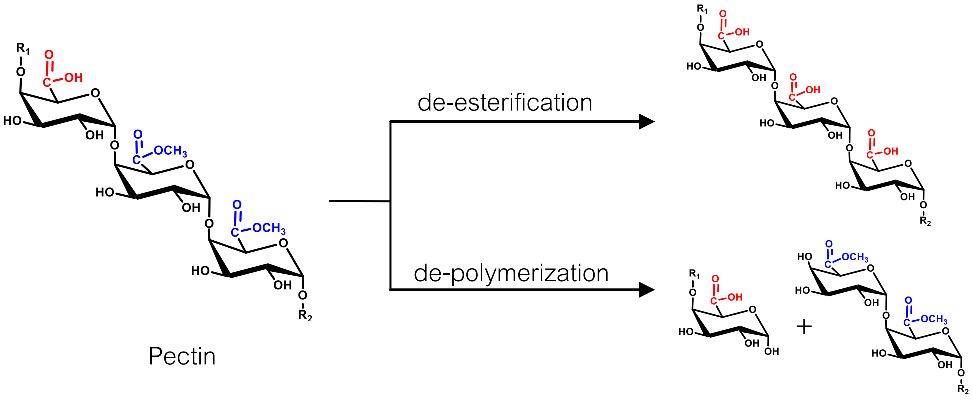
Willats, W.G.T., Knox, J.P. and Mikkelsen, J.D., 2006, Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel, Trends in Food Science & Technology, 17: 97–104.

Yapo, B., M., 2009, Pineapple and banana pectins comprise fewer homogalacturonan building blocks with a smaller degree of polymerization as compared with yellow passion fruit and lemon pectins: implication for gelling properties, Biomacomolecules, 10: 717–721.

Table 1 Yield, Degree of methyl esterification and Viscosity of pectin from 'Kluai Hom Thong' banana peels at precipitation at pH 1, 4, 7, 10 and 13 pectin precipitations

Treatment	% Yield	% DM	Viscosity (cp)
pH 1	8.18 ± 0.27[b]	87.13 ± 0.35[b]	6.5 ± 0.11[b]
pH 4	8.42 ± 0.20[b]	89.69 ± 0.46[a]	6.5 ± 0.11[b]
pH 7	9.00 ± 0.11[b]	88.01 ± 0.38[b]	6.3 ± 0.06[c]
pH 10	10.55 ± 0.46[a]	71.22 ± 0.66[c]	5.8 ± 0.11[d]
pH 13	10.88 ± 0.73[a]	63.76 ± 0.13[d]	5.5 ± 0.11[e]
commercial	-	60.18 ± 0.99[e]	12.7 ± 0.17[a]
F-value	*	**	**
LSD	0.86	1.05	0.27

Note [a], [b], [c] and [d] letters in the same column are significantly different as determined using LSD test.



(Sila และคณะ, 2009)

Figure 1 Reaction of pectin

ผลของรังสียูวีซีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสับปะรด (*Ananas comosus* L) พันธุ์ภูแล

Effect of UV-C on Phenolic Compound Contents in 'Phulae' Pineapple (*Ananas comosus* L cv. Phulae)

Lupita Kemala Sari[1] Lia Angraeni[1] Yasunori Hamauzu[2] **สุทธิวัลย์ สีทา**[1] **และ มัชฌิมา นราดิศร**[1]

Sari, L.K.[1], Angraeni, L.[1], Hamauzu, Y.[2], Setha, S.[1] and Naradisorn, M.[1]

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of UV-C irradiation (39.6 kJ.m^{-2}) on phenolic compound contents in 'Phulae' pineapple. Methanolic extracts of pineapple peel and pulp were analysed for phenolic compound by using HPLC and [M-H]$^-$ signal of compound found in the extract was further analysed by using LC-MS. Pineapple peel and pulp irradiated with UV-C had higher amount of phenolic compound compared to the untreated control. In both UV-C treated and untreated peel, four compounds were isolated and were identified as chlorogenic acid, *p*-coumaroylisocitrate(or *p*-coumaroylquinic acid), dicaffeoylglycerol and *p*-coumaroyl-caffeoylglycerol. Chlorogenic acid, *p*-coumaroylisocitrate (or *p*-coumaroylquinic acid) and sinapoyl hexoside were identified in pulp, both treated and untreated with UV-C.

Keywords: phenolic compound, UV-C, Phulae pineapple

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสียูวีซีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสับปะรดภูแลนำสับปะรดภูแลไปฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 39.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร สกัดสับปะรดด้วยสารละลายเมทานอล วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยวิธี HPLC และ LC-MS โดยแยกวิเคราะห์เปลือกและเนื้อสับปะรดพบว่าสับปะรดทั้งส่วนเปลือกและส่วนเนื้อที่ได้รับการฉายรังสียูวีซีมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการฉายรังสียูวีซี และจากการวิเคราะห์สารองค์ประกอบ พบว่าในเปลือกสับปะรดที่ได้รับการฉายรังสียูวีซีและชุดควบคุม มีสารประกอบหลัก 4 ชนิด คือ chlorogenic acid, p-coumaroylisocitrate (หรือ p-coumaroylquinic acid), dicaffeoylglycerol และ p-coumaroyl-caffeoylglycerol และในเนื้อสับปะรดพบสารประกอบหลักคือ chlorogenic acid, p-coumaroylisocitrate (หรือ p-coumaroylquinic acid) และ sinapoylhexoside

คำสำคัญ: สารประกอบฟีนอลิก รังสียูวีซี สับปะรดภูแล

Introduction

Pineapple (*Ananas comosus* L) cv. 'Phulae' is a local cultivar grown in Chiang Rai, Thailand and recently become popular for local consumption and for export due to its characteristics with small size and firmness texture (Kongsuwan et al., 2009). Previous studies reported that pineapples contain carbohydrates, fibres, vitamin C, carotenoid, and phenolic compounds (Hassan et al., 2011; Kongsuwan et al., 2009). Phenolic compounds act as scavenger in plant and play an important role in plant protection against environmental stress including UV radiation and pathogen attack. Hassan et al. (2011) reported that the phenolic compounds in pineapple included sinapic acid, *p*-coumaryl quinic acid, caffeic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, and *p*-hydroxybenzoic aldehyde. Furthermore, gallic acid, catechin, epicatechin and ferulic acid were found to be major polyphenolic compound in pineapple (Li et al., 2014). UV-C irradiation has been known in its efficacy in increasing antioxidant, flavonoid content, phenolic compounds in fruits, e.g., guava, banana, pineapple, and satsuma mandarin (Alothman et al., 2009; Shen et al., 2013).

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการผลิตผลเกษตร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย 57100

[1] Technology Management of Agricultural Produces, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand, 57100

[2] Graduate School of Agriculture, Shinshu University, 8304 Minami-minowa, Kami-ina, Nagano, Japan

Our previous work in study of the effect of UV-C on quality of 'Phulae' pineapple suggested that UV-C irradiation increased total phenolic compound in both pulp and peel. Steingass et al. (2015) reported that there were more than 60 phenolic compounds found in crown, peel, and pulp of pineapple (genotype MD2 'Extra Sweet'). Little is known about phenolic profile in 'Phulae' pineapple. It is, therefore, necessary to investigate the profile of phenolic compounds in 'Phulae' pineapple to obtain a clear understanding of the changes of phenolic compounds content after UV-C treatment.

Materials and Methods

Pineapple sample. The uniform size of pineapple fruits cv. 'Phulae' (300-400 g) at commercial maturity stage (one-third of yellow) were harvested from a commercial orchard in Chiang Rai Province, Thailand. The pineapple were divided into 2 groups: control (without UV-C irradiation) and UV-C irradiation at dose of 39.6 kJm^{-2}. The UV-C irradiation chamber was home-made according to Safitri et al (2015). The UV-C lamps (Sylvania Ultraviolet G8W) were located 25 cm above and below the radiation rack. The intensity of UV-C irradiation used for this experiment was 2.2 mW/cm^2. After treatment, all fruit were stored at 10°C for up to 28 days for analysis. The samples were freeze-dried to obtain powdered sample for further analysis.

Sample and standard preparation. A 0.5 g of powder sample was mixed with 10 mL of 80% MeOH and kept at 4°C for 24h. The mixed solution was then centrifuged (20,000 *xg*; 20 min, 4°C) (Tomy MX-300, Tomy Kogyo, Co.Ltd, Japan) to get the supernatant. External standard of some phenolic acids at laboratory grade were used for analysis.

Determination of phenolic compounds. The supernatant of each sample was diluted 2 times with water and filtered through 0.45µm Advantec syringe filter. Both UV-C treated and untreated sample (peel and pulp) were used for determination of phenolic acid compound by Luna 5u C18 100A column (150×4.60 mm from Phenomenex) equipped with High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Alliance Waters 2695, Japan). The mobile phase was consisting of 5%v/v acetonitrile containing 0.5% v/v formic acid (solvent A) and acetonitrile containing 0.5% v/v formic acid (solvent B) as follows: 0 min, 0% B (initial condition); 10 min, 5% B; 40 min, 40% B; 43 min 90% B; 55 min, 90% B; 60 min, 0% B by linear gradient. The flow rate of mobile phase was 0.5 mL/min and the volume injected was 20µL of samples and standards. The absorption spectra were recorded at a range of 210-600 nm and the detection wavelength was set to 280 nm. Identification of phenolic compounds was achieved by their retention time and UV spectra recorded with Photodiode Array Detector (Alliance Waters 2996, Japan) and compared the result with available standard. Further determination was conducted by using Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (Waters Acquity UPLC, Japan) equipped with Mass Detector (Quattro micro API, Japan) to observe the $[M-H]^-$ signal of compound found in the sample.

Statistical analysis. All samples were analyzed in triplicate and the t-test was conducted to compare significance of difference between samples. Differences of $P < 0.05$ were considered to be significant (SPSS 20.0 for Windows, SPSS Inc., IL, USA).

Results and Discussion

The HPLC separation of individual phenolic compounds at 280 nm showed that there were 4 important phenolic compounds found in both peel and pulp samples. Identification using LC-MS (Table 1) showed that 4 compounds in pineapple peel were identified as chlorogenic acid with $[M-H]^-$ signal at 353 *m/z*, *p*-coumaroylisocitrate or *p*-coumaroylquinicacid with $[M-H]^-$ signal at 337 *m/z*, dicaffeoylglycerol and *p*-coumaroyl-caffeoylglycerol, respectively. In pulp, Sinapoylhexoside, chlorogenic acid and *p*-coumaroylisocitrate or *p*-coumaroylquinic acid with $[M-H]^-$ signal at 385 *m/z*, 353 *m/z* and 337 *m/z*, respectively

were identified. However, another compound with $[M-H]^-$ signal at 431 *m/z* was still unknown because the identification could not be done based on the available data, so further research is needed.

The amount of each phenolic compound identified in pineapple peel, both un-irradiated and irradiated with UV-C 39.6 kJ m^{-2}, increased with storage time. Chlorogenic acid, dicaffeoylglycerol, and *p*-coumaroyl-caffeoylglycerol were found higher in UV-C irradiated peel as compared to un-irradiated peel; however, the amount of *p*-coumaroylisocitrate was higher in control treatment (Figure 1). The finding suggested that UV-C irradiation induced the production of specific phenolic compound in pineapple peel. Figure 2 shows the changes of phenolic compound in pulp sample during storage for 28 days. The concentrations of chlorogenic acid and dicaffeoyglycerol sharply increased until day 14 and sharply declined at day 28. However, the amount of chlorogenic acid and dicaffeoyglycerol in UV-C irradiated pulp remained higher compared to those in the control treatment. The concentration of p-coumaroylisocitrate or quinic acid increased from the beginning until the end of storage. In contrast, the amount of p-coumaroyl-caffeoylglycerol decreased during storage period for up to 28 days. It has been known that UV-C induces the accumulation of phenolic compounds in plant in response to the stress from UV-C radiation. The results obtained in this study support this principle in which both peel and pulp treated with UV-C at dose 39.6 kJ m-2 had a higher amount of phenolic acids as compared to the untreated control.

Summary

The UV-C irradiation (39.6 kJ/m2) increased phenolic compound in pineapple 'Phulae'. Four phenolic acids: chlorogenic acid, p-coumaroylisocitrate (or p-coumaroylquinic acid), dicaffeoylglycerol and p-coumaroyl-caffeoylglycerol were identified in peel. In pulp, chlorogenic acid, p-coumaroylisocitrate (or p-coumaroylquinic acid), and sinapoylhexoside were identified. Dicaffeoyglycerol was the most abundant compound found in pineapple peel and cholorogenic acid was the most abundant compounds in pineapple pulp. This finding supports the principle in that UV-C radiation induces the formation of phenolic compounds in fruit in order to respond to the stress. As such, UV-C treatment could be effectively applied as postharvest treatment for increasing phenolic compound in pineapple.

Acknowledgements

This research was supported by the Higher Education Research Promotion, Office of the Higher Education Commission, Thailand (Grant No. 2558A30762003), Mae Fah Luang University, Thailand and Graduate School of Agriculture, Shinshu University, Japan. Thanks to all members of Unit of Postharvest Technology, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University for their enormous support.

Literature cited

Alothman, M., Bhat, R., and Karim, A.A., 2009, UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits, Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10(4): 512-516.

Hassan, A., Othman, Z., and Siriphanich, J., 2011, Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr), In Yahia EM (eds). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruit. Volume 4: Mangosteen to White Sapote, p.10, Woodhead Publishing Limited.

Kongsuwan, A., Suthiluk, P., Theppakorn, T., Srilaong, V., and Setha, S., 2009,. Bioactive compounds and antioxidant capacities of *phulae* and *nanglae* pineapple, Asian Journal of Food and Agro-Industry, 44-50.

Li, T., Shen, P., Liu, W., Liu, C., Liang, R., Yan, N., and Chen, J., 2014, Major polyphenolics in pineapple peels and their antioxidant interactions, International Journal of Food Properties, 17(8): 1805-1817.

Shen, Y., Sun, Y., Qiao, L., Chen, J., Liu, D., and Ye, X., 2013, Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed satsuma mandarin during refrigerated storage, Postharvest Biology and Technology, 76: 50-57.

Steingass, C.B., Glock, M.P., Schweiggert, R.M., and Carle, R., 2015, Studies into The phenolic patterns of different tissues of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) infructescence by HPLC-DAD-ESI-MSn and GC-MS analysis, Analytical and Bioanalytical Chemistry, 407: 6463–6479.

Table 1 LC-MS data of phenolic compounds in peel and pulp of 'Phulae' Pineapple

PEEL					
Peak No.	*R* t (min)	Λmax (240-500 nm)	$[M-H]^-$ (m/z)	MW	Phenolic acid
1	26.21	246, 329	353	354	Chlorogenic acid
2	29.25	246, 313	337	338	*p*-coumaroylisocitrate or quinic acid
3	38.5	246, 326	415	416	Dicaffeoyglycerol
4	41.58	246, 313	399	400	*p-Coumaroyl-caffeoylglycerol*
PULP					
Peak No.	*R* t (min)	Λmax (240-500 nm)	$[M-H]^-$ (m/z)	MW	Phenolic acid
1	25.33	330	385	386	Sinapoylhexoside
2	26.19	329	353	354	Chlorogenic acid
3	28.92	313	337	338	*p*-coumaroylisocitrate or quinic acid
4	32.18	249^{sh}, 268	431	432	unknown

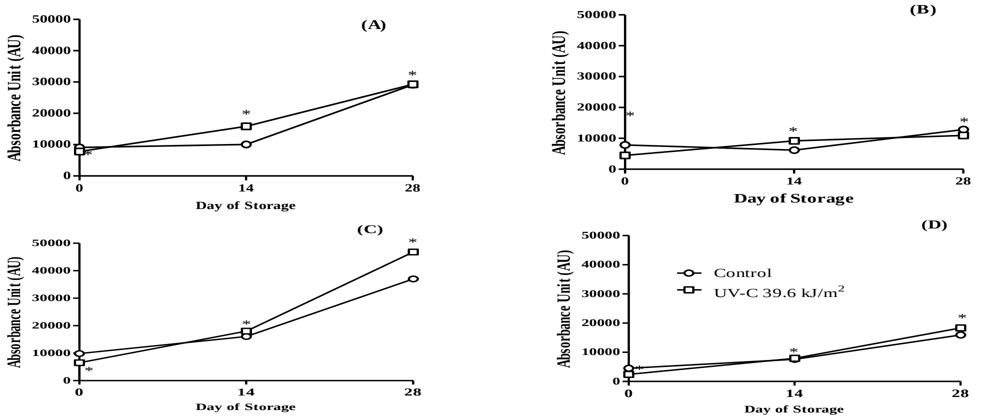


Figure 1 The changes of phenolic compound in peel sample during storage for 28 days. (A: Chlorogenic acid; B: *p*-coumaroylisocitrate or quinic acid; C: Dicaffeoyglycerol; and D: *p*-coumaroyl-caffeoylglycerol)

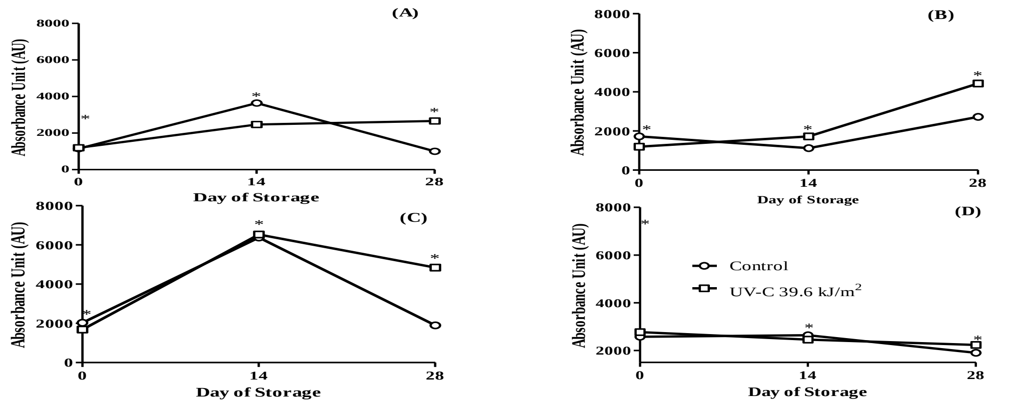


Figure 2 The changes of phenolic compound in pulp sample during storage for 28 days. (A: Sinapoyl hexoside; B: Chlorogenic acid; C: *p*-coumaroylisocitrate or quinic acid; and D: unknown)

องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม

Chemical Composition and Antioxidant Activities of Essential Oils from Clove, Mace Star, Anise, and Sand Ginger

ขวัญชนก กลิ่นกลั่น[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Klinklan, K.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohankunjit, N.[1]

Abstract

This objective of this research was to study chemical composition of four essential oils; clove, mace, star anise, and sand ginger extracted by simultaneous distillation extraction method (SDE). Volatile profile was identified by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) and their antioxidant activities were observed. Results showed that major components of clove oil were caryophyllene and isoeugenol, and β-phellandrene, safrene and α-terpinene were found from mace oil. Major compounds of star anise oil were anethole and D-limonene, and major components of sand ginger oil were ethyl cinnamate, 3-carene, and camphene. However, different oils resulted in different antioxidation activities, which clove oil had the highest phenolic content and antioxidant activity tested with ABTS (2,20-Azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), followed by mace, star anise, and sand ginger oils, respectively.
Keywords: chemical composition, antioxidant activities, essential oils

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด ได้แก่ กานพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม สกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction, SDE) และวิเคราะห์สารหอมระเหยโดย gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) และศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบสารสำคัญในกานพลู ได้แก่ caryophyllene และ isoeugenol เป็นองค์ประกอบหลัก สำหรับดอกจันทน์ มีสาร β -phellandrene safrene และ α-terpinene เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนโป๊ยกั๊กมี anethole และ D-limonene เป็นองค์ประกอบหลัก และในเปราะหอมมีองค์ประกอบหลักเช่น ethyl cinnamate, 3-carene และ camphene น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีปริมาณ total phenolic และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูอิสระทั้ง ABTS (2,20-Azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) และ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม ตามลำดับ
คำสำคัญ: องค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ น้ำมันหอมระเหย

คำนำ

กานพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม เป็นพืชสมุนไพรที่พบมากในประเทศไทย และนิยมใช้เป็นวัตถุดิบเพิ่มกลิ่นรสในอาหาร โดยกานพลูประกอบด้วยสาร caryophyllene, eugenol และ eugenol acetate (Guan และคณะ, 2007) ดอกจันทน์มีองค์ประกอบหลักเป็น sabinene, pinenes, α-terpineol, terpinen-4-ol และ elemicin (Madhavan และคณะ, 1991) โป๊ยกั๊กมี trans-anethole, carryophyllene และ limonene เป็นองค์ประกอบหลัก (Aly และคณะ, 2016) และเปราะหอมประกอบด้วย ethyl cinnamate, β-cadinene, 1,8-cineole, δ-carene, borneol, camphene, linoleoyl chloride และ α-pinene (Kumar และคณะ, 2014) ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง และเบาหวาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการศึกษาน้ำมันหอมระเหยกานพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอมที่สกัดด้วยวิธีกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE) ใน

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10104
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10104

ประเทศไทยมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสกัดน้ำมันหอมระเหย กานพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม โดยการกลั่นพร้อมสกัด แล้วนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม สกัดด้วยวิธีกลั่นพร้อมสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน โดยใช้ตัวอย่าง 1,000 กรัมใส่ในหม้อต้มกลั่นขนาด 10 ลิตร เติมน้ำจนท่วมตัวอย่าง ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และนำตัวทำละลายเฮกเซนใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับหม้อต้มกลั่น ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส กลั่นไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไประเหยเฮกเซนออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่ความดัน 156 บาร์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

วิเคราะห์สารสำคัญด้วย gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX โดยฉีดตัวอย่างแบบ SPME มี helium เป็นแก๊สตัวพา อัตราการไหล 3 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิบ่ม 60 องศาเซลเซียส สกัด 10 นาที อุณหภูมิ oven เริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส และเพิ่มเป็น 140 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 6 องศาเซลเซียสต่อนาที คงไว้นาน 3 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที แล้วคงไว้นาน 3 นาที ชนิดของสารระเหยเทียบกับ mass spectrum กับฐานข้อมูล NIST Library และ Wiley ที่ % Quality math ร้อยละ 80 และคำนวน %peak area

จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณ total phenolics ด้วยวิธี Folin-ciocalteau Phenol Test ตามวิธีของ Singleton (1999) แล้ว คำนวณปริมาณ total phenollics เทียบจากกราฟมาตรฐานของ gallic acid (0.2-1 mg/ml) วิเคราะห์ 2,2’-azinobis(3-ethlbenzothaiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) ตามวิธีของ Miller และคณะ (1993) คำนวณค่าร้อยละการจับกับอนุมูลอิสระ ABTS เทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วนวิธี 2,2-diphenyl-1-picrythydrazyl (DPPH) scavenging activity method ดัดแปลงจากวิธีของ Devi และคณะ (2008) เทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูดอกจันทน์ เปราะหอม และโป๊ยกั๊ก พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิดและปริมาณของสารประกอบแตกต่างกัย โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลู กานพลูมีองค์ประกอบหลักคือ caryophyllene ร้อยละ 44.958% และ isoeugenol ร้อยละ 23.267% (Table 1) น้ำมันหอมระเหยดอกจันทน์มีองค์ประกอบหลักเป็น β-phellandrene Safrene และ α-terpinene ร้อยละ 17.608 13.442 และ 12.397 ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้อง น้ำมันหอมระเหยเปราะหอมมีองค์ประกอบหลักเป็น ethyl cinnamate, 3-carene และ camphene ร้อยละ 17.216, 14.235 และ 12.417 ตามลำดับ (Table 3) และน้ำมันหอมระเหยโป๊ยกั๊กมีองค์ประกอบหลักเป็น anethole และ D-limonene ร้อยละ 50.136 และ 14.057 ตามลำดับ (Table 4) โดยชนิดและปริมาณของสารประกอบเหล่านี้มีผลต่อค่า total phenolic และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระทั้ง ABTS และ DPPH ทำให้ค่า total phenolic และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระทั้ง ABTS และ DPPH มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยกายพลูมีปริมาณ total phenolic (346.24 mgGAL/ mg extract) ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่มีปริมาณ phenolic รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากดอกจันทน์ (21.87 mgGAL/ mg extract) โป๊ยกั๊ก (9.57 mgGAL/ mg extract) และเปราะหอม (4.08 mgGAL/ mg extract) ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีสาร isoeugenol เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสารนี้เป็นสารประเภท phenolic ทำให้วิเคราะห์ปริมาณสาร phenolic ได้สูง (Ivanovic และคณะ, 2013) และพบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูอิสระ ABTS และ DPPH เป็นในทางเดียวกัน คือน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (การต้านอนุมูอิสระ ABTS และ DPPH คือ 826.50 และ 731.87 mMTAE/ mg extract ตามลำดับ) รองมาคือน้ำมันหอมดอกจันทน์ (การต้านอนุมูอิสระ ABTS และ DPPH คือ 36.48 และ 30.21 mMTAE/ mg extract ตามลำดับ) โป๊ยกั๊ก (การต้านอนุมูอิสระ ABTS และ DPPH คือ 33.91 และ 29.57 mMTAE/ mg extract ตามลำดับ) และเปราะหอม (การต้านอนุมูอิสระ ABTS และ DPPH คือ 20.57 และ 21.55 mMTAE/ mg extract ตามลำดับ) (Table 5) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีปริมาณฟีนอลิกมาก การต้านอนุมูลอิสระจะมากขึ้นด้วยเนื่องจากสาร

ต้านอนุมูลอิสระมักจะเป็นสารประกอบพวกกลุ่มฟีนอลิก (Kim และคณะ, 2005) ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Lestario และคณะ (2009)

สรุปผล

จากการสกัดน้ำมันหอมระเหย พบว่าสารสำคัญในกานพลู ได้แก่ caryophyllene และ isoeugenol เป็นองค์ประกอบหลัก สำหรับดอกจันทน์ มีสาร β-phellandrene, safrene และ α-terpinene เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนโป๊ยกั๊กมี anethole และ D-limonene เป็นองค์ประกอบหลัก และในเปราะหอมมีองค์ประกอบหลักเช่น ethyl cinnamate, 3-carene และ camphene น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีปริมาณ total phenolic และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระทั้ง ABTS และ DPPH ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม ตามลำดับ

Table 1 Volatile compound of clove

NO.	Volatile compound	Abundance ($x10^7$)	% peak area ($x10^7$)
1	caryophyllene	611.30	44.96
2	isoeugenol	316.36	23.27
3	α-caryophyllene	121.85	8.96
4	copaene	82.04	6.03
5	δ-cadinene	52.78	3.88
6	eugenol acetate	44.85	3.30
7	furfural	37.77	2.78
8	unknow	31.03	2.28
9	calamenene	18.47	1.36
10	γ-cadinene	16.01	1.18
11	α-amorphene	15.23	1.12
12	δ-muurolene	12.027	0.89

Table 2 Volatile compound of mace

NO.	Volatile compound	Abundance (10^7)	% peak area ($x10^7$)
1	β-phellandrene	656.48	17.79
2	safrene	501.14	13.58
3	α-terpinene	462.196	12.53
4	4-terpinenol	410.03	11.11
5	γ-terpinene	348.42	9.44
6	β-terpinene	335.20	9.09
7	α-pinene	301.91	8.18
8	2-carene	228.71	6.20
9	o-cymene	137.51	3.73
10	terpinolene	135.55	3.67
11	methyleugenol	62.87	1.70
12	α-terpineol	57.71	1.56
13	isoeugenol	52.06	1.40

Table 3 Volatile compound of sand ginger

NO.	Volatile compound	Abundance ($x10^7$)	% peak area ($x10^7$)
1	ethyl cinnamate	298.45	17.85
2	3-carene	246.77	14.76
3	eucalyptol	227.66	13.62
4	camphene	215.26	12.88
5	α-pinene	139.41	8.34
6	borneol	127.77	7.64
7	d-limonene	65.66	3.93
8	unknow	59.91	3.58
9	β-pinene	50.01	2.99
10	cyperene	44.96	2.69
11	4-terpineol	44.09	2.64
12	p-anisaldehyde	43.73	2.62
13	m-cymene	43.19	2.49
14	verbenone	35.60	2.05
15	tetradecane	29.24	1.69

Table 4 Volatile compound of star anise

NO.	Volatile compound	Abundance ($x10^7$)	% peak area ($x10^7$)
1	anethole	873.55	50.14
2	D-limonene	244.92	14.06
3	estragole	124.92	7.17
4	p-formylanisole	99.57	5.71
5	3-carene	95.77	5.50
6	γ-terpinene	27.87	3.68
7	α-terpineol	61.07	3.51
8	anisketone	43.54	2.50
9	furfural	25.80	1.48
10	4-terpinenol	25.12	1.44
11	α-pinene	23.47	1.35
12	terpinolene	21.64	1.24
13	o-cymene	20.82	1.20
14	linalool	18.07	1.04

Table 5 Total phenolic content and antioxidant activity

Essential oils	Total phenolics content (mg GAL/ mg extract)	Antioxidant activity (mM TAE/ mg extract)	
		ABTS	DPPH
Clove	346.24[a] ±0.53	826.50[a] ±1.05	731.87[a] ±12.57
Mace	21.87[b] ±0.43	36.48[b] ±0.60	30.21[b] ±0.55
Sand Ginger	4.08[d] ±0.03	20.75[d] ±0.02	21.55[c] ±0.54
Star anise	9.57[c] ±0.08	33.91[b] ±0.66	29.57[b] ±0.55
F test	**	**	**
% CV	2.31	2.31	2.31
LSD	0.6462	1.2976	2.5828

เอกสารอ้างอิง

Aly, S.E., Sabry, B.A., Shaheen, M.S., and Hathout, A.S., 2016, Assessment of antimycotoxigenic and antioxidantactivity of star anise (*Illicium verum*) In vitro, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 15: 20–27.

Devi, K.P., Suganthy, N., Kesika, P., and Pandian, S.K., 2008, Bioprotective Properties of seaweeds, Malaysian Journal of Nutrition, 8: 167-177

Guan W., Li S.,Yan R., Tang S., and Quan, C., 2007, Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods, Food Chemistry, 101: 1558–1564.

Ivanovic, J., Dimitrijevic, B.S., Misicc, D., Risticd, M., and Zizovica, I., 2013, Evaluation and improvement of antioxidant and antibacterial activities of supercritical extracts from clove buds, Journal of Functional Food, 5: 416-423.

Kim JH., Chen F., Wang X., Chung, HY., and Jin, Z., 2005, Evaluation of antioxidant activity of vetiver (*Vetiveria zizaniodes* L.) oil and identification of its antioxidant constituents, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(20): 7691-7695.

Kumar, A., 2014, Chemical composition of essential oil isolated from the rhizomes of *Kaempferia galanga* L., International Journal of Pharma and Bio Sciences, 5(1): 225- 231.

Lestario, N.L., Christian, E.A., and Martono, Y., 2009, Antioxidant activity of javanese ginseng (*Talinum paniculatum* Gaertn) Leaves, Jurnal Agritech, 29(2).

Madhavan, L., Gopalakrishnan, M., and Narayanan, C.S., 1991, Chemical composition of nutmeg leaf and flower oils, Indian Perfumer, 35(3):.161–163.

Miller, N. J., Diplock, A. T., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., and Milner, A, 1993, A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates, Clinical Science, 84: 407-412.

Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventós, R. M., 1999, Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin– ciocalteu reagent, methods in enzymology, Oxidants and Antioxidants, 299: 152–178.

การยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่เจริญบนโฟมแป้งมันสำปะหลังของน้ำมันหอมระเหย กานพลู ดอกจันทน์ ใบกระวาน และยี่หร่า

Antifungal Property of Fungus on Cassava Foam of Essential Oils from Clove, Mace, Bay Leaf and Cumin

ขวัญชนก กลิ่นกลั่น[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Klinklan, K.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohankunjit, N.[1]

Abstract

This experiment aimed to study the efficiency of essential oils from four plants; clove, mace, cardamom (leaves), and cumin extracted by simultaneous distillation extraction (SDE) on anti-fungal grown on cassava starch foam. Their volatile compounds were analyzed by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). It was found that major volatile compounds found in clove, mace, cardamom, and cumin oils were caryophyllene and isoeugenol; β-phellandrene, safrene and α-terpinene; eucalyptol and β-phellandrene; and cuminic alcohol, β-pinene, α-terpinene, and safranal, respectively. The essential oils were tested with fungal isolated from cassava starch foam including *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., and *Rhizopus* sp., and results showed that clove essential oil had the highest antifungal property against three tested fungi.
Keywords: essential oils, antifungal, volatile compound

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ กานพลู ดอกจันทน์ กระวาน (ใบ) และยี่หร่าที่สกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction, SDE) ในการยับยั้งเชื้อราที่สามารถเจริญได้บนโฟมแป้งมันสำปะหลัง และวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วย gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) สารหอมระเหยในน้ำมันหอมระเหยกานพลู ดอกจันทน์ กระวาน (ใบ) และยี่หร่า คือ caryophyllene และ isoeugenol; β-phellandrene safrene และ α-terpinene; eucalyptol และ β-phellandrene; cuminic alcohol, β-pinene, α-terpinene, และ safranal เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่คัดแยกได้จากโฟมแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., และ *Rhizopus* sp. พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด
คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย ยับยั้งเชื้อรา สารหอมระเหย

คำนำ

โฟมแป้งมันสำปะหลังเป็นบรรจุภัณฑ์ทางเลือกชนิดหนึ่งที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของโฟมทำให้มีเชื้อราหลายชนิดสามารถเจริญเติบโตบนโฟมได้เมื่อนำไปบรรจุอาหารหรือเก็บในบริเวณที่มีความชื้นสูง โดยเชื้อราที่สามารถย่อยสลายสารประเภทแป้งได้ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. oryzae*, *A. flavaus*, *Penicilium frequentans*, *P. chrysogenum*, *Fusarium moniliforme*, *Rhizopus* spp. *R. stolonifer*, *Alternaria* sp. และ *Mucour pusillus* เป็นต้น (Bilal และ Figen; 2007; Pundir และ Jain, 2011) ซึ่งจะส่งผลต่อการเน่าเสียของอาหาร โดยเฉพาะอาหารที่เป็นผักและผลไม้ นอกจากนี้ยังส่ผลต่อกลิ่นหรืออาจมีสารพิษสร้างโดยเชื้อราเหล่านี้ได้ แนวทางหนึ่งในการป้องกันเชื้อรา คือการใช้น้ำมันหอมระเหย (essential oil) หรือสารสกัดจากพืช (plant extract) ซึ่งสารเหล่านี้มีรายงานระบุว่ามีสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา (Kedia และคณะ, 2014) สามารถนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร สารในน้ำมันหอมระเหยรที่มีสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา ได้แก่ สารในกลุ่ม terpenes เช่น carvone, limonene, polygodial, pinene และ carvacrol สารในกลุ่มของ phenolics เช่น eugenol และ reservatrol และสารในกลุ่ม quinines

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10104
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10104

(Walker และ White, 2011; Kim และคณะ, 2013) โดยมีการรายงานว่าก้านพลูประกอบด้วยสาร caryophyllene, eugenol และ eugenol acetate (Guan และคณะ, 2007) ดอกจันทน์มีสารหอมระเหยหลัก ได้แก่ sabinene, pinenes, α-terpineol, terpinen-4-ol และ elemicin (Madhavan และคณะ, 1991) ใบกระวาน ประกอบด้วยสาร β-pinene, camphene, myrcene, limonene, p-cymene และ β-phellandrine (Ana และคณะ, 2015) ยี่หร่าประกอบด้วย pinene และ cumene (Kedia และคณะ, 2014) ซึ่งสารเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม terpenes และ phenolics

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากก้านพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอมโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE) ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน โดยนำตัวอย่างไปใส่ในหม้อต้มกลั่นขนาด 10 ลิตร จำนวน 1,000 กรัม เติมน้ำจนท่วมตัวอย่าง ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และนำตัวทำละลายเฮกเซนใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับหม้อต้มกลั่น ใช้อุณหภูมิ 70 องซาเซลเซียส กลั่นไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไประเหยเฮกเซนออกด้วยเครื่อง rotary evaporator จากนั้นวิเคราะห์สารหอมระเหยของน้ำมันหอมระเหย โดยเครื่อง gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX ฉีดตัวอย่างแบบ SPME อุณหภูมิบ่ม 60 องศาเซลเซียส สกัด 10 นาที สภาวะของเครื่อง GC-MS ใช้อุณหภูมิ oven เริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส และเพิ่มเป็น 140 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 6 องศาเซลเซียสต่อนาที คงไว้นาน 3 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที แล้วคงไว้นาน 3 นาที อัตราของแก๊สตัวพา helium เท่ากับ 3 มิลลิลิตรต่อนาที แปลผลโดยเทียบกับ library ของ NIST และ Wiley 275 มี quality match >80% และคำนวน %peak area แล้ววิเคราะห์ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่คัดแยกได้จากโฟมแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., และ *Rhizopus* sp.โดยวิธี disc diffusion assay

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากก้านพลู ดอกจันทน์ โป๊ยกั๊ก และเปราะหอม พบว่าน้ำมันหอมระเหยก้านพลู มีองค์ประกอบหลัก คือ caryophyllene และ isoeugenol (Table 1) สอดคล้องการรายงานของ Guan และคณะ (2007) ที่พบว่าสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยก้านพลูคือ caryophyllene และ eugenol ส่วนน้ำมันหอมระเหยดอกจันทน์มีองค์ประกอบหลักเป็น β-phellandrene, safrene และ α-terpinene (Table 2) สอดคล้องกับ Madhavan และคณะ (1991) คือมี pinenes, α-terpineol และ terpinen-4-ol เป็นองค์ประกอบหลัก น้ำมันหอมระเหยใบกระวานประกอบด้วย eucalyptol, β-phellandrene และ linalool เป็นองค์ประกอบหลัก (Table 3) สอดคล้องกับ Ana และคณะ (2015) ที่รายงานว่าน้ำมันหอมะเหยใบกระวานมี β-pinene และ β-phellandrine เป็นองค์ประกอบหลัก และยี่หร่ามีองค์ประกอบหลักคือ cuminic alcohol, β-pinene และ γ-terpinene (Table 4) สอดคล้องกับการรายงานของ Kedia และคณะ (2014) ที่พบ pinene และ cumene ในน้ำมันหอมระเหยยี่หร่า เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน โดยที่ความเข้มข้น 1,000 ppm น้ำมันหอมระเหยก้านพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., และ *Rhizopus* sp. ได้ดีที่สุดคือ มี clear zone เท่ากับ 19.75, 18.50 และ 17.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ เนื่องจากก้านพลู มี caryophyllene และ isoeugenol เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสารทั้งสองมีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อรา โดย isoeugenol เป็นสารประเภท phenylpropanoids สามารถทำลายโครงสร้างผนังเซลล์ ยับยั้งการทำหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ และยับยั้งการทำงานของไมโทคอนเดรีย และมี caryophyllene ที่เป็นสารประภท monoterpene สามารถยังยั้งการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ (Walker และ White, 2011; Kim และคณะ, 2013) รองมาคือ น้ำมันหอมระเหยยี่หร่า ยับยั้ง *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., และ *Rhizopus* sp. มี clear zone เท่ากับ 14.50, 13.50 และ 13 มิลลิเมตร ตามลำดับ และน้ำมันหอมระเหยดอกจันทน์ ยับยั้ง *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., และ *Rhizopus* sp. มี clear zone เท่ากับ 14.75, 13.00 และ 12.75 ตามลำดับ เห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารประเภท monoterpene มีความสามารถยังยั้งการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อราได้ดี (Walker และ White, 2011) ส่วนน้ำมันหอมระเหยใบกระวานยับยั้งเชื้อราได้ต่ำสุด คือสามารถยับยั้ง *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. มี clear zone เท่ากับ 13.75, 11.25 และ 12.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 5) เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยกระวานมีสารประกอบหลักที่มีความสามารถยับยั้งเชื้อราคือ β-phellandrene และ linalool ปริมาณต่ำมาก

สรุปผล

สรุปผลการทดลองพบว่าสารหอมระเหยในน้ำมันหอมระเหยกานพลู คือ caryophyllene และ isoeugenol ดอกจันทน์ ได้แก่ β-phellandrene safrene และ α-terpinene ใบกระวาน คือ eucalyptol และ β-phellandrene และยี่หร่า ได้แก่ cuminic alcohol, β-pinene, α-terpinene, และ safranal เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่คัดแยกได้จากโฟมแป้งมันสำปะหลัง คือ *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Ana E.A., Enrique, P., and Aurelio, L.M., 2015, Antifungal activity of essential oils of clove (*Syzygium aromaticum*) and/or mustard (*Brassica nigra*) in vapor phase against gray mold (*Botrytis cinerea*) in strawberries, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 32: 181–185.

Bilal, B., and E. Figen, 2007, Production and properties of alpha amylase from *penicillium chrysogenum* and its application in starch hydrolysis. Preparative Biochemistry and Biotechnology, 35: 169–178.

Guan W., Li S., Yan R., Tang S., and Quan, C., 2007, Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods, Food Chemistry, 101: 1558–1564.

Ivanovic, J., Dimitrijevic, B.S., Misicc, D., Risticd, M., and Zizovica, I., 2013, Evaluation and improvement of antioxidant and antibacterial activities of supercritical extracts from clove buds, Journal of Functional Food, 5: 416-423.

Kedia, A., Prakash, B., Mishra, P.K., and Dubey, N.K, 2014, Antifungal and antiaflatoxigenic properties of *cuminum cyminum* (l.) seed essential oil and its efficacy as a preservative in stored commodities, International Journal of Food Microbiology, 1–7

Kim, J.H., Haff, R.P., Faria, N.C.G., Martins, M. deL, and Chan, K.L., 2013, Targeting the mitochondrial respiratory chain of cryptococcus through antifungal chemosensitization: a model for control of non-fermentative pathogens, Molecules, 18: 8873-8894.

Madhavan, L., Gopalakrishnan, M., and Narayanan, C.S., 1991, Chemical composition of nutmeg leaf and flower oils, Indian Perfumer, 35(3): 161–163.

Pundir, R.K., and Jain, P., 2011, Qualitative and quantitative analysis of microflora of indian bakery products, Journal of Agricultural Technology, 7(3): 751-762.

Walker, G., and White, N., 2011, Introduction to fungal physiology. In: Fungi: Biology and Applications, Kavanagh K (ed) John Wiley and Sons, Ltd, UK.

Table 1 Volatile compound of clove

NO.	Volatile compound	Abundance ($x10^7$)	% peak area ($x10^7$)
1	furfural	37.77	2.78
2	copaene	82.04	6.03
3	caryophyllene	611.30	44.96
4	γ-cadinene	16.01	1.18
5	α-caryophyllene	121.85	8.96
6	δ-muurolene	12.03	0.89
7	α-amorphene	15.23	1.12
8	δ-cadinene	52.78	3.88
9	calamenene	18.47	1.36
10	isoeugenol	316.36	23.27
11	eugenol acetate	44.85	3.30
12	unknow	31.03	2.28

Table 2 Volatile compound of mace

NO.	Volatile compound	Abundance ($x10^7$)	% peak area ($x10^7$)
1	α-pinene	301.91	8.10
2	β-terpinene	335.20	8.99
3	2-carene	228.71	6.13
4	α-terpinene	462.20	12.40
5	β-phellandrene	656.48	17.61
6	γ-terpinene	348.42	9.35
7	o-cymene	137.51	3.69
8	terpinolene	135.55	3.64
9	4-terpinenol	410.03	11.00
10	α-terpineol	57.71	1.55
11	safrene	501.14	13.44
12	methyleugenol	62.87	1.69
13	ethyl cinnamate	38.42	1.03
14	isoeugenol	52.06	1.40

Table 3 Volatile compound of bay leaf

NO.	Volatile compound	Abundance ($x10^7$)	% peak area ($x10^7$)
1	α-pinene	208.06	7.31
2	camphene	35.11	1.23
3	β-phellandrene	289.64	10.18
4	β-pinene	92.71	3.26
5	α-terpinene	88.81	3.12
6	eucalyptol	657.50	23.11
7	γ-terpinene	103.75	3.65
8	o-cymene	58.40	2.05
9	terpinolene	39.05	1.37
10	camphor	206.05	7.24
11	linalool	267.12	9.39
12	4-terpinenol	193.55	6.80
13	α-caryophyllene	93.58	3.29
14	α-terpineol	207.53	7.29
15	unknow	92.55	3.25
16	anethole	60.49	2.13
17	safrene	28.50	1.00
18	unknow	69.30	2.44
19	2-nerolidol	53.49	1.88

Table 4 Volatile compound of cumin

NO.	Volatile compound	Abundance ($x10^7$)	% peak area ($x10^7$)
1	α-pinene	128.73	4.66
2	camphene	23.66	0.86
3	β-pinene	488.79	17.68
4	myrcene	71.71	2.59
5	α-terpinene	19.06	0.69
6	limonene	48.11	1.74
7	β-phellandrene	36.44	1.32
8	γ-terpinene	439.85	15.91
9	β-cymene	275.56	9.97
10	unknow	92.75	3.56
11	4-terpineol	25.18	0.91
12	α-terpineol	25.77	0.93
13	phellandral	25.63	0.93
14	cuminic alcohol	652.81	23.62
15	safranal	410.18	14.84

Table 5 Antifungal activities of 4 essential oils against *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. and *Rhizopus* sp.

Essential oils	Concentration (ppm)	Inhibition zone (mm)		
		Aspergillus sp.	*Penicillium* sp.	*Rhizopus* sp.
Clove	100	nd	nd	nd
	500	10	10.75	10.50
	1,000	19.75	18.50	17
Mace	100	nd	nd	nd
	500	9	8.50	8
	1,000	14.75	13	12.75
Bay leaf	100	nd	nd	nd
	500	7.75	6.50	7.75
	1,000	13.75	11.25	12.25
Cumin	100	nd	nd	Nd
	500	9	8.25	8.25
	1,000	14.50	13.50	13

การศึกษาการแช่น้ำที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณฟีนอลิคในเมล็ดถั่วแดง (*Vigna angularis*)

Optimization of Soaking Process to Improve Phenolic Content in Azuki bean (*Vigna angularis*)

ถกล วิทยาธนรัตนา[1] พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] และ อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์[1]

Wittayatanalattana, T.[1], Vongsawasdi, P.[1] and Wongwicharn, A.[1]

Abstract

Azuki bean seed is a good sources of nutrients and pharmaceutical compounds such as vitamin, mineral and phenolic compounds. Soaking is a pre-treatment method prior to utilizing and improving functional properties of legume seeds. In present study, single–factor and Box–Behnken design are used for preliminary study and optimization of soaking process for obtaining the highest phenolic content (PC) of Azuki bean seeds. The optimum soaking conditions: temperature, time and pH were 35°C, 4 hr. and 6, respectively (R^2=0.993, adjusted–R^2 = 0.983 and C.V.% = 4.18). With these conditions, PC of Azuki bean was 123.45±3.45 mg GAE/ g DW whereas PC of un–soaked Azuki bean seeds was 86.14±2.56 mg GAE/g DW. This result indicated that the model was fitted for predicts and provides an efficient soaking condition in order to obtain the highest PC of Azuki bean.

Keywords: Azuki bean, optimization, phenolic, soaking

บทคัดย่อ

ถั่วแดง (Azuki) เป็นแหล่งของสารอาหารและสารที่ออกฤทธิ์ทางยา อาทิ วิตามิน แร่ธาตุ และสารฟีนอลิค โดยทั่วไปก่อนนำเมล็ดถั่วแดงมาบริโภคต้องผ่านการแช่น้ำ ซึ่งถือเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับเมล็ดถั่วแดง ในการศึกษานี้การทดลองแบบปัจจัยเดี่ยวใช้ศึกษาสภาวะการแช่น้ำเบื้องต้น และการทดลองแบบ Box–Behnken ใช้หาวิธีการแช่เมล็ดถั่วแดงในน้ำให้ได้ปริมาณฟีนอลิคสูงสุด จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิ เวลา และค่า pH ที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดถั่วแดงได้แก่ 35°C 4 ชั่วโมง และ pH 6 ตามลำดับ (R^2=0.993, adjusted–R^2 = 0.983 and C.V.% = 4.18) เมล็ดถั่วแดงที่ผ่านการแช่น้ำมีปริมาณฟีนอลิค123.45±3.45 mg GAE/ g DW ขณะที่เมล็ดถั่วแดงแห้งมีปริมาณฟีนอลิค 86.14±2.56 mg GAE/g DW จากการทดลองพบว่าการแช่เมล็ดถั่วแดงในน้ำด้วยสภาวะดังกล่าวเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพทำให้ได้สารฟีนอลิคในปริมาณสูง

คำสำคัญ: ถั่วแดง สภาวะเหมาะสม ฟีนอลลิค การแช่

Introduction

Azuki bean (*Vigna angularis*) is one of the popular legume seeds in Asian countries e.g. Japan, China and Thailand. Such popularity due to their nutrients and pharmaceutical compounds such as vitamins, minerals and phenolic compounds (Yuuka *et al*., 2013). Phenolic compounds are major phytochemical compounds in legume seeds that have anti–cancer, anti–inflammation and anti–oxidative properties (Paulina *et al*., 2014). Unfortunately, phenolic compounds in legume seeds are found in bounded form that is difficult to absorb and utilize in body (Beatriz *et al*., 2014). Thus, pre-processes like soaking, germination or boiling are used for coveting bounded form of phenolic compounds to free or utilizable form (Duenas *et al*, 2009). Soaking process is general process prior to utilize legume seeds. During soaking, legume seeds gradually absorb water and consequently changes in their physiological, nutritional and phytochemical properties due to hydrolysis of reserve materials in seed matrix (Sharma *et al*., 2016). This phenomenon cause increasing of PC in legume seeds (Qian *et al*., 2014). However, some literatures have demonstrated that soaking process also decrease PC (Isabelle *et al*., 2005). The optimized conditions for soaking process in legume seeds are not completely concluded so far. Therefore, this study was conducted to optimize soaking process to improve PC of Azuki bean seeds.

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1] Department of Microbiology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok, 10140

Methods and materials

Preliminary experiment

Azuki bean seeds were bought from more than 3 different local markets during 2014–2015. The effect of different parameters i.e. soaking temperature (15, 25, 35, 45 and 55°C), time (2, 4, 6, 8 and 10 hrs) and pH (1, 3, 5, 7 and 9) were determined using single–factor design. The preliminary ranges of soaking parameters were obtained and used in optimization experiment. PC was considered as the dependent variable. Sample was dried in hot air oven at 60°C for 6 hr. then, grounded and stored at -20°C until analysis.

Optimization of soaking process

A three–levels and three–factors of Box–Behnken design were used to obtain the optimum condition of soaking process for PC in Azuki bean seeds via the statistical software Design–expert (version 7.0; Stat–Ease, Inc. 2005). The symbols and level used are shown in Table 1. The design was comprised 17 experimental runs in randomized order. The non–linear quadratic model used is as follows:

$$Y_0 = \beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_j X_j + \sum_{j=1}^{k} \beta_{jj} X_j^2 + \sum\sum_{i<j} \beta_{ji} X_i X_j \qquad (1)$$

Where Y_0 is response and β_0, β_j, β_{jj} and β_{ji} are the regression coefficients for intercept, linearity, square and interaction. X_i and X_j are the independent coded variables ($i \neq j$, *i* and *j* range from 1 to *k*) and k is the number of independent (in this study k = 3).

Table 1 Box–Behnken design with the Independent and dependent values for PC in Azuki bean.

Run	Independent values			Dependent values
	Soaking temperature (°C)	Soaking time (hrs)	Soaking pH	PC (mg GAE/g DW)*
1	25.0	2.0	6.0	61.58
2	45.0	2.0	6.0	85.64
3	25.0	6.0	6.0	79.46
4	45.0	6.0	6.0	70.17
5	25.0	4.0	5.0	75.44
6	45.0	4.0	5.0	71.63
7	25.0	4.0	7.0	65.86
8	45.0	4.0	7.0	62.84
9	35.0	2.0	5.0	69.43
10	35.0	6.0	5.0	64.81
11	35.0	2.0	7.0	65.08
12	35.0	6.0	7.0	61.96
13	35.0	4.0	6.0	125.56
14	35.0	4.0	6.0	127.65
15	35.0	4.0	6.0	126.16
16	35.0	4.0	6.0	127.42
17	35.0	4.0	6.0	128.09

*Each value is the mean of triplicate measurements.

Extraction and PC evaluation procedure were modified from Paulina, *et al*. (2014) method. Briefly, grounded sample was extracted with methanol. The solvent was then removed using rotary vacuum evaporator at 40°C. The evaporated extract was re–suspended in methanol.

PC of the extracts was determined using Folin–ciocalteu reagent and 7.5 % (w/v) Na_2CO_3 by mixed with seed extract at a ratio of 5:4:1 (v/v). After 45 min, PC was measured using a spectrometer at 760 nm and expressed as milligram gallic acid equivalence per gram dried weight (mg GAE/g DW). The results shown are mean value (mean ± standard deviation) and the difference between data was compared using Duncan multiple range test at probability level $p \leq 0.05$. All experiments were conducted in triplicate.

Results and discussion

PC in raw Azuki bean seed was determined and found as 86.14±2.56 mg GAE/g DW. The highest PC of soaked Azuki bean seeds was 109.53±2.57 mg GAE/g DW when soaked at 35°C for 6 hrs and pH 5 (Fig. 1).

Whereas, PC of soaked Azuki bean seeds at 15-25 and 45°C were not significant difference (p>0.05) when compared with raw Azuki bean seeds. The conversion of bounded form of phenolic compounds to free or utilizable form has evident to increase PC in soaked legume seeds (Qian *et al*., 2014). Phenolic converting processes in legume seeds due to carbohydrate hydrolysis enzymes such as cellulase, amylase and pectinases were reported (Paulina *et al*., 2014). These enzymes affected by temperature and suitable temperature lead to increase enzyme activity. So, soaking temperature at 35°C was selected and applied for further experiment.

As shown in Fig. 1B, PC of Azuki bean seeds during soaking at at 35°C and pH 5 with various time (2,4,6,8 and 10 hrs.) were significant higher than raw seeds ($p\leq$0.05). The highest PC in Azuki bean seed was 126.26±3.11 mg GAE/g DW when soaked at 35°C for 4 hrs. Mentioned above, the activation of hydrolysis enzymes results to increase free form of phenolic compounds inside seed. However, converted free phenolic was diluted by soaking water and decreased with soaking time (Wittayatanalattana *et al*., 2015). Therefore, after Azuki bean passed optimal soaking time so a decline in phenolic content was observed.

PC of soaked Azuki bean in various soaking pH (1, 3, 5, 7 and 9) were illustrated in Fig. 1C. The results showed that the highest PC in soaked Azuki bean was 123.95±1.12 mg GAE/g DW when soaked in pH 7 at 35°C for 4 hrs. The suitable soaking pH lead to increase of phenolic synthesis in legume seeds (Zheng *et al*., 2013). However, the decreasing of PC in Azuki bean seed were observed in soaking pH 1, 3 and 9. The soaking pH affected on the solubility of phenolic compounds and causes diffuse of PC from seeds to soaking media (Beatriz *et al*., 2014).

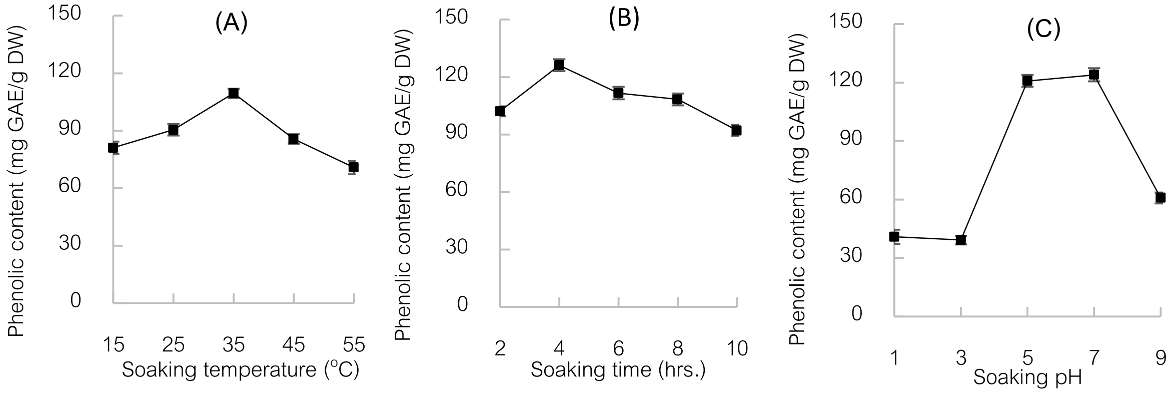


Figure 1 Effect of soaking process on PC of Azuki bean seed by vary soaking (A) temperature (soaking for 6 hrs. and pH 5), (B) time (soaking at 35°C and pH 5) and (C) pH (soaking at 35°C for 4 hrs.) in single–factor design.

Table 2 shows the design matrix and results of analysis of variance for quadratic polynomial model. The response variables and test variables (PC) were correlated according to polynomial equation as follows:

$$Y = 126.98+0.99A-0.67B-3.20C-8.34AB+0.20AC+0.38BC-24.57A^2-28.19B^2-33.46C^2 \quad (3)$$

where Y is PC, and A, B and C represented soaking temperature, time and pH, respectively.

Table 2 Analysis of variance for the quadratic polynomial model.

Source	Model	*A*	*B*	*C*	A^2	B^2	C^2	*AB*	*AC*	*BC*	Residual	Lack of fit	Pure error
SS[1]	12194.66	7.88	3.55	81.73	2541.93	3346.72	4714.83	278.06	0.16	0.56	91.36	86.79	4.56
MS[2]	1354.96	7.88	3.55	81.73	2541.93	3346.72	4714.83	278.06	0.16	0.56	13.05	28.93	1.14
F-value	103.82	0.60	0.27	6.26	194.77	256.43	361.26	21.31	0.01	0.04		25.36	
P-value	<0.0001***	0.46	0.62	0.04*	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	0.002**	0.91	0.84		0.005*	
R^2 = 0.993, adjusted–R^2 = 0.983, predicted–R^2 = 0.887 and C.V.% = 4.18													

SS[1], sum of squares and MS[2], mean of squares,* Significant, p<0.05; ** Very significant, p<0.01 and *** Highly significant, p<0.001

The determination coefficient (R^2) was 0.993 and adjusted determination coefficient (adjusted–R^2) was 0.983 these two values confirmed that the model was highly fit. Besides, the coefficient of variation (C.V.%) was low (4.18), implying that the precision of this model was high and reliable (Qu *et al*., 2016). Accordingly, C, A^2, B^2, C^2 and AB were significantly different, whereas A, B, AC and BC were not significantly different.

The optimum soaking temperature, time and pH were 35.23°C, 3.97 hrs and pH 5.95, respectively (Fig. 2). However, considering criteria under actual processing, the condition could be 35°C, 4 hrs and pH 6, respectively. With this condition, PC of soaked Azuki bean was 123.45±3.45, whereas predicted value was 127.07 mg GAE/ g DW.

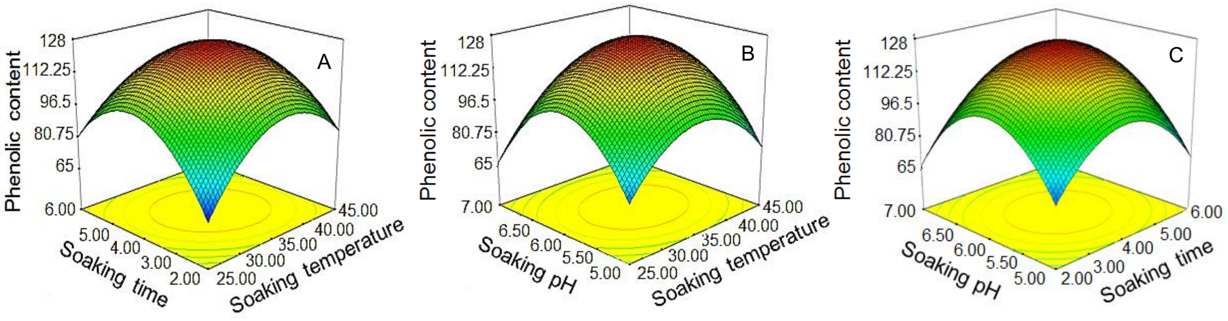


Figure 2 Response surface plot showing the effect of soaking (A) time*temperature, (B) pH*temperature and (C) pH *time on the PC of Azuki bean.

Summary

The optimized soaking conditions i.e. soaking temperature, time and pH for obtaining the highest PC of Azuki bean seeds were 35°C, 4 hrs. and pH 6, respectively. With these condition obtained PC in soaked Azuki bean was 123.45±3.45 mg GAE/g DW, whereas PC of un–soaked Azuki bean seeds was 86.14±2.56 mg GAE/g DW).

Acknowledgements

In present work was supported by Faculty of Science especially Department of Microbiology and all officer. We also supported by NIGHT–LABs group and other graduate students on 2, 5 and 6 floors.

Literature cited

Ana, L., Tarek, E.-N., Montserrat, D., Teresa, O., Isabel E., Teresa, H., M. Pilar, G.-S., Olga, M. P., and M. Emilia, C., 2013, Effect of cooking and germination on phenolic composition and biological properties of dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.), Food chemistry, 138: 547–555.

Beatriz, A., Acosta, E., Janet, A.G.U., and Sergio, O.S.S., 2014, Bound phenolics in foods, a review, Food Chemistry, 152: 46–55.

Duenas, M., Hernández, T., Estrella, I., and Fernández, D., 2009, Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.), Food Chemistry, 117: 599–607.

Isabelle, L., Christ-ele, I.V., Claire, M., Christian, P., and Serge, T., 2005, Effects of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents, Food Chemistry, 89: 421–425.

Paulina, P., Robert, S., Dorota, G., Jacek, R.Z., and Teresa, F., 2014, Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts, Food chemistry, 143: 300–306.

Qian, Z., Jun, X., Lizhen, Z., Xiaofeng, Z., Jochem, E., Wopke, V.D.W., and Liusheng, D., 2014, Optimizing soaking and germination conditions to improve gamma-aminobutyric acid content in japonica and indica germinated brown rice, Journal of Functional Foods, 10: 283–291.

Qu, Y., Li, C., Zhang, C., Zeng, R., and Fu, C., 2016, Optimization of infrared-assisted extraction of *bletilla striata* polysaccharides based on response surface methodology and their antioxidant activities, Carbohydrate Polymers, 148: 345–353.

Sharma, S., Saxena, D.C., and Riar, C.S., 2016, Analyzing the Effect of germination on phenolics, dietary fibres, minerals and γ-amino butyric acid contents of barnyard millet (*Echinochloa frumentaceae*), Food Bioscience, 13: 60–68.

Wittayatanalattana, T., Vongsawasdi, P., and Wongwicharn, A., 2015, Changes of phenolic content and antioxidant activity in legume seeds during soaking, Food Innovation Asia Conference, 18-19 June, Thailand, pp. 334 – 338.

Yuuka, M.,Yongkun, S., and Shin, S., 2013, Azuki bean polyphenols intake during lactation up regulate ampk in male rat offspring exposed to fetal malnutrition, Nutrition, 29(1): 291-297.

การสร้างสารให้กลิ่นมะพร้าวโดยเชื้อ *Trichoderma viride* TISTR 3160 ที่เจริญบนอาหารจากน้ำใบเตย

Coconut-like Flavor Production by *Trichoderma viride* TISTR 3160 Grown on Pandan Glucose Broth

สายรุ้ง โพธิ์อ่ำ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Pho-am, S.[1], Kerdchoechuen, O[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Volatile compounds of coconut-like flavor produced by *Trichoderma viride* TISTR 3160 was cultured in potato dextrose broth (PDB) and mixed pandan glucose broth (PGB). Cultured filtrate of samples was identified by solid phase-micro-extraction gas chromatography mass spectrometry (SPME-GC-MS) technique. Results showed that major volatile compounds in the culture filtrate of PDB were 2,4-di-tert-butylphenol ($22.10x10^7$), 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP) ($9.82x10^7$) and phenylethyl alcohol ($5.25x10^7$). The major volatiles in culture filtrate of PanB were different which 6-pentyl-2H-pyran-2-one ($18.56x10^7$) 2,4-di-tert-butylphenol ($14.98x10^7$) and 2-ethyl-1-hexanol ($1.14x10^7$) were major compounds. The odor description of 2,4-di-tert-butylphenol, 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP), phenylethyl alcohol, and 2-ethyl-1-hexanol were medicine, coconut, sweet floral, and fresh floral respectively. However, *T. viride* TISTR 3160 could produce 1.8 fold of 6PP in broth containing pandan water.

Keywords: pandan water, 6-pentyl-2H-pyran-2-one, *Trichoderma viride*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสารหอมระเหยที่ผลิตขึ้นโดยเชื้อรา *Trichoderma viride* TISTR 3160 ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่เตรียมจากมันฝรั่งและใบเตย นำไปวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้เทคนิค solid phase-micro-extraction gas chromatography mass spectrometry (SPME-GC-MS) ผลการทดลองพบว่า TISTR 3160 ในอาหารมันฝรั่งสร้างสารหอมระเหยทั้งหมด 28 ชนิด สารหอมระเหยหลัก 3 ชนิด คือ 2,4-di-tert-butylphenol ($22.10x10^7$) 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP) ($9.82x10^7$) และ phenylethyl alcohol ($5.25x10^7$) ให้กลิ่น medicine, coconut และ sweet floral ตามลำดับ ในอาหารใบเตย TISTR 3160 สร้างสารหอมระเหยเพียง 16 ชนิด สารหอมระเหยพบมากที่สุดได้แก่ 6-pentyl-2H-pyran-2-one ($18.56\ x10^7$) 2,4-di-tert-butylphenol ($14.98\ x10^7$) และ 2-ethyl-1-hexanol ($1.14\ x10^7$) ให้กลิ่น coconut, medicine และ fresh floral ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำใบเตยสามารถเป็นวัตถุดิบให้เชื้อไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ TISTR 3160 ผลิตสารหอมระเหย 6PP ซึ่งให้กลิ่นมะพร้าวเพิ่มขึ้น 1.8 เท่า

คำสำคัญ: อาหารเลี้ยงเชื้อจากใบเตย สารให้กลิ่นมะพร้าว เชื้อราไตรโคเดอร์มา

คำนำ

เชื้อรา *Trichoderma viride* เป็นเชื้อราที่สามารถย่อยสลายวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ซังข้าวโพด ฟางข้าว ชานอ้อย กากองุ่น (Youssef และคณะ, 1999) ซึ่งเชื้อนี้ผลิตเอ็นไซม์ที่มีประโยชน์หลากชนิด เช่น β-glucanase, pactenase, cellulase, hemicelluase, และ xylanase (Adsul และคณะ, 2004) และสามารถนำเอ็นไซม์เหล่านี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมเบียร์ น้ำผลไม้ และอาหารสัตว์ (Schuster และ Schmoll, 2010) นอกจากนี้เชื้อรา *T. viride* ยังสามารถผลิตกลิ่นคล้ายมะพร้าวได้ (coconut like aroma) เมื่อนำไปเพาะเลี้ยงในอาหาร potato dextrose ทั้งในรูปอาหารแข็งและอาหารเหลว (Irfan และ Syed, 2012; Chitale และคณะ, 2012) ซึ่งสารหลักที่ให้กลิ่นมะพร้าว คือ สาร 6-pentyl-6H-pyran-6-one (6PP) (Collin และ Halim, 1972) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาสารหอมระเหยให้กลิ่นมะพร้าวจากเชื้อราไตรโคเดอร์และอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตสารหอมระเหยของเชื้อไม่มีผู้ศึกษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสร้างสารให้กลิ่นมะพร้าวของเชื้อ *Trichoderma viride* TISTR 3160 ที่เจริญบนอาหารจากน้ำใบเตยเปรียบเทียบกับอาหารจากมันฝรั่ง (potato dextrose broth) เพื่อนำกลิ่นที่สร้างจากเชื้อราสายพันธุ์นี้ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมต่อไป

---

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

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

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *Trichoderma viride* TISTR 3160 ความเข้มข้น $1x10^8$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ได้จากการนำสปอร์เชื้อราบนอาหารแข็ง potato dextrose agar (PDA) มาล้างด้วย normal saline ความเข้มข้น 0.1% กรองด้วยผ้าก๊อซปลอดเชื้อ ตรวจความเข้มข้นสปอร์ของเชื้อราภายใต้ haemacytometer

การเตรียม potato dextrose broth (PDB) โดยใช้มันฝรั่งหั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า 200 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ต้มเป็นเวลา 15 นาที จนมันฝรั่งสุก กรองเอาแต่น้ำ เติมน้ำตาลกลูโคส 20 กรัม ปรับปริมาตร และปรับพีเอช (pH) ให้เท่ากับ 6.3 และเตรียมอาหารจากน้ำใบเตย (pandan glucose broth, PGB) ใช้ใบเตยบดด้วยเครื่องปั่น 200 กรัม เติมน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ 15 นาที กรองเอาแต่น้ำ เติมน้ำตาลและปรับพีเอช เช่นเดียวกับอาหารมันฝรั่ง

นำอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที รอให้เย็น เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่า 120 รอบต่อนาที เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และนำตัวอย่างมาวิเคราะห์สารหอมระเหยทุกๆวัน ตลอดเวลาการเพาะเลี้ยง 7 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเลี้ยงเชื้อ *Trichoderma viride* TISTR 3160 ในอาหารจากน้ำใบเตย (PGB) พบสารหอมระเหยทั้งหมด 16 ชนิด โดยสารหอมระเหยพบสูง ได้แก่ 6-pentyl-2H-pyran-2-one ($18.56\ x10^7$), 2,4-di-tert-butylphenol ($14.98\ x10^7$) และ 2-ethyl-1-hexanol ($1.14\ x10^7$) ให้กลิ่น coconut, medicine และ fresh floral ตามลำดับ (Figure 1) แตกต่างจากการเลี้ยงเชื้อในอาหาร PDB ซึ่งพบสารหอมระเหยทั้งหมด 28 ชนิด (unknown 12 ชนิด) (ไม่ได้แสดงข้อมูล) สารหอมระเหยหลัก 3 ชนิด คือ 2,4-di-tert-butylphenol ($22.10\ x10^7$), 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP) ($9.82x10^7$), และ phenylethyl alcohol ($5.25x10^7$) ให้กลิ่น medicine, coconut และ sweet floral ตามลำดับ (Figure 2) เมื่อเปรียบเทียบสารสำคัญที่ให้กลิ่นมะพร้าว คือ 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP) พบว่า เชื้อ TISTR 3160 ในอาหารจากน้ำใบเตย สามารถสร้างสารให้กลิ่นมะพร้าวสูงกว่าเชื้อที่เลี้ยงในอาหารมันฝรั่ง 1.8 เท่า เนื่องมาจากชนิดและปริมาณของแหล่งคาร์บอนที่เชื้อสามารถใช้ประโยชน์ได้ในใบเตยมีต่ำกว่ามันฝรั่ง ทำให้เชื้อที่เลี้ยงในอาหารใบเตย (PGB) มีการเจริญเติบโต (วัดจากน้ำหนักแห้ง) ต่ำกว่าเชื้อที่เลี้ยงในอาหารมันฝรั่ง (Figure 3) ดังนั้นเชื้อจึงสร้างสาร 6PP ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิเพิ่มขึ้นเพื่อให้สามารถอยู่รอดในสภาวะที่มีอาหารจำกัด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Colombié และคณะ (2005) ที่ระบุว่าเชื้อรา *Streptomyces ambofaciens* จะสร้าง spiramycin เพิ่มขึ้น เมื่ออยู่ในอาหารที่มีกลูโคสจำกัด อีกทั้งใบเตยมีปริมาณเถ้ามากกว่ามันฝรั่ง (Table 1) แสดงถึงปริมาณธาตุอาหารที่สูงกว่า ซึ่งธาตุอาหารรองบางชนิด เช่น แมกนีเซียม (Mg^{2+}) สังกะสี (Zn^{2+}) และโพแทสเซียม (K^+) สามารถกระตุ้นให้เชื้อรา *Penicilium chysogenum* สร้างสาร penicillin เพิ่มขึ้นภายในเวลา 120 ชั่วโมง (Reena และคณะ, 2011) นอกจากนั้นธาตุโซเดียม (Na^+) แคลเซียม (Ca^{2+}) และเหล็ก (Fe^{2+}) อาจถูกนำมาใช้กระตุ้นให้ *T. viride* ผลิตเอ็นไซม์ alpha-amylase เพิ่มขึ้น (Manmood และ Rahman, 2008) และธาตุแคลเซียม (Ca^{2+}) ยังสามารถจับกับเอ็นไซม์ 5-lipoxygenase ตรง N-terminal (Hammarberg และคณะ, 2000) ส่งผลให้เอ็นไซม์ lypoxygenase ซึ่งอาจเป็น key enzyme ที่ผลิต 6PP (Ahmed และคณะ, 2013; Fadel และคณะ, 2015) มีกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น จึงพบกลิ่นมะพร้าวจากเชื้อราที่เลี้ยงในอาหารใบเตยในปริมาณสูงกว่าอาหารจากมันฝรั่ง

สรุปผล

อาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำใบเตยทำให้เชื้อ *Trichoderma viride* TISTR 3160 ผลิตสาร 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP) ซึ่งให้กลิ่นมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น 1.8 เท่า มีพื้นที่ใต้พีกเท่ากับ $18.56\ x10^7$

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ไทย โคโคนัท จำกัด (มหาชน) และโครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Adsul, M.G., Ghule, J.E., Singh, R., Shaikh, H., Bastawde, K.B., Gokhale, D.V., and Varma, A.J., 2004, Polysaccharides from bagasse: applications in cellulase and xylanase production, Carbohydrate Polymers, 57(1): 67-72.

Ahmed M., Hadi, M.E., Zhang, F., Wu, F., Zhou, C., and Tao, J., 2013, Advances in fruit aroma volatile research, Molecules, 18: 8200-8229.

Chitale, A., Jadhav, D.V., Waghmare, S.R., Sahoo1, A.K., and Ranveer1, R.C., 2012, Production and characterization of brown coloured pigment from *Trichoderma viride*, Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 11(5): 529-537.

Collins, R.P., and Halim, A.F., 1972, Characterization of the major aroma constituent of the fungus *Trichoderma viride*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 20: 437–438.

Colombié, V., Bideaux, C., Goma, G., and Uribelarrea, J.L., 2005, Effects of glucose limitation on biomass and spiramycin production by *Streptomyces ambofaciens*, Bioprocess and Biosystems Engineering, 28: 55–61.

Fadel, H.H.M., Mahmoud, M.G., Asker, M.M.S., and Lotfy, S.N., 2015, Characterization and evaluation of coconut aroma produced by *Trichoderma viride* EMCC-107 in solid state fermentation on sugarcane bagasse, Electronic Journal of Biotechnology, 18: 5-9.

Hammarberg, T., Provost, P., Persson, B., and Rådmark O., 2000, The n-terminal domain of 5-lipoxygenase binds calcium and mediates calcium stimulation of enzyme activity, Journal of Biological Chemistry, 275(49): 38787-38793.

Irfan, M., and Syed, Q., 2012, Partial purification and characterization of xylanase from *Trichoderma viride* produced under SSF, International Journal of Applied Research in Natural Products, 5(1): 7-11.

Mahmood, S., and Rahman, S.R., 2008, Production and partial characterization of extracellular α-amylase by *Trichoderma viride*, Bangladesh Journal of Microbiology, 25(2): 99-103.

Reena, A., Panneerselvam A., and VinothKumar, P., 2011, Effect of minerals on penicillin production by *Penicillium chrysogenum* strains isolated from coastal marshes of tamilnadu, International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives, 2(4): 1190-1195.

Schuster, A., and Schmoll, M., 2010, Biology and biotechnology of *Trichoderma*, Apply Microbiology Biotechnology, 87: 787-799.

Youssef, B.M., and Aziz, N.H., 1999, Influence of gamma-irradiation on the bioconversion of rice straw by *Trichoderma viride* into single cell protein, Cytobios, 97: 171–183.

Table 1 Proximate analysis of potato and pandan leave

Proximate Composition (%)	The composition of nutrients per 100 grams	
	Potato	Pandan leave
moisture	75.40	76.6
protein	2.67	2.71
fat	0.59	0.6
carbohydrate	15.19	15.43
crude fiber	2.92	2.97
ash	0.61	1.69
	(USDA, 2016)	(Tamkal, 2016)

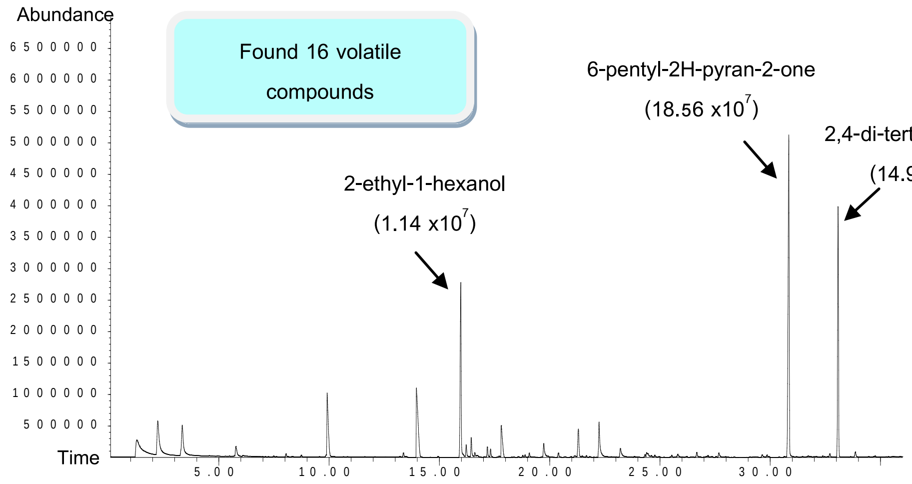


Figure 1 Culture filtrate chromatogram of pandan glucose broth (PGB) cultured by *Trichoderma viride* TISTR 3160 on 7 days.

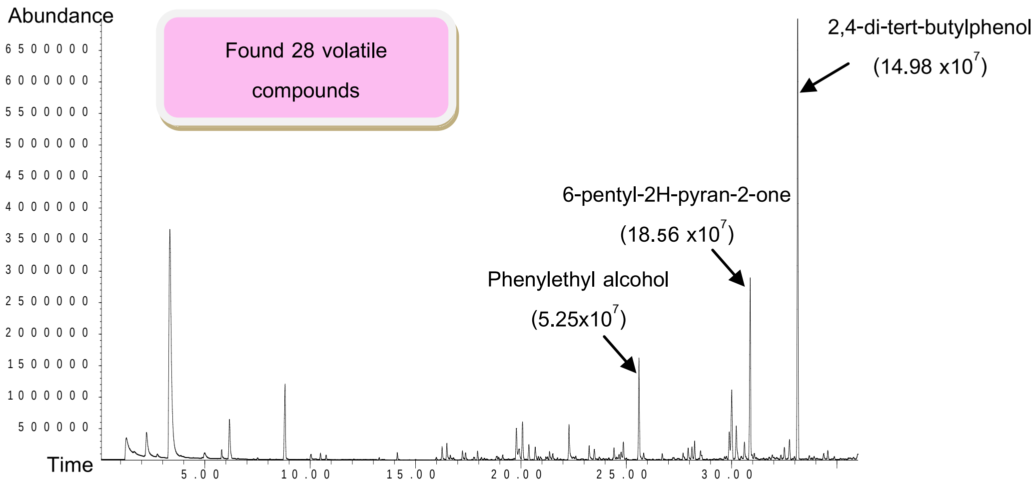


Figure 2 Culture filtrate chromatogram of potato dextrose broth (PDB) cultured by *Trichoderma viride* TISTR 3160 on 7 days.

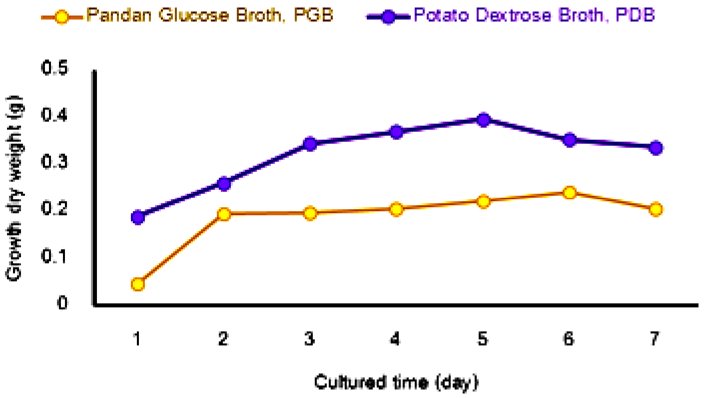


Figure 3 Growth curve (dry weight) of *Trichoderma viride* TISTR 3160 in potato dextrose broth (PDB) and pandan glucose broth (PGB)

การคัดเลือกเชื้อ *Trichoderma viride* สำหรับผลิตสารให้กลิ่นมะพร้าว

Selection of *Trichoderma viride* for Coconut-like Flavor Production

สายรุ้ง โพธิ์อ่ำ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Pho-am, S.[1], Kerdchoechuen, O[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

The production of coconut-like aroma by four strains of *Trichoderma viride*: TISTR 3114, TISTR 3160, TISTR 3161 and TISTR 3167 were investigated. Coconut-like aroma compounds were identified by solid phase-micro-extraction gas chromatography mass spectrometry (SPME-GC-MS) technique. Results showed that major volatile compound produced by 4 strains of *T. viride* was 2, 4-di-tert-butylphenol, but only 2 strains (TISTR 3160 and 3114) could produce terpene volatile compounds. The TISTR 3160 produced isoledene, alpha-zingiberene, beta-sesquipellandrene, alpha-curcumene, trans-nerolidol and accumulated in the cultured filtrate, while TISTR 3114 produced calamenene. However, only *T. viride* TISTR 3160 cultured in potato dextrose broth (PDB) demonstrated a good ability to produce coconut-like aroma compound (6-pentyl-2H-pyran-2-one, 6PP), which its highest peak area was at 9.82×10^7, observed on day 7.

Keywords: selection, coconut-like flavor, *Trichoderma viride*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้คัดเลือกเชื้อราที่สามารถผลิตสารหอมระเหยกลิ่นมะพร้าว จากเชื้อ *Trichoderma viride* 4 สายพันธุ์ คือ TISTR 3114 TISTR 3160 TISTR 3161 และ TISTR 3167 วิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้เทคนิค solid phase-micro-extraction gas chromatography mass spectrometry (SPME-GC-MS) ผลการทดลองพบว่า เชื้อทั้ง 4 สายพันธุ์ยังสามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ 2,4-di-tert-butylphenol ให้กลิ่น medicine และ 2 สายพันธุ์ (TISTR 3160 และ 3114) สร้างสารหอมระเหยในกลุ่มเทอร์ปีนได้ โดย TISTR 3160 สร้าง isoledene alpha-zingiberene beta-sesquipellandrene alpha-curcumene trans-nerolidol และ TISTR 3114 สร้าง calamenene อย่างไรก็ตามสารหอมระเหยสำคัญให้กลิ่นมะพร้าว (coconut-like flavor) คือ 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP) พบในเชื้อ *T. viride* สายพันธุ์ TISTR 3160 เท่านั้น ซึ่งถูกสร้างและปลดปล่อยออกมาสูงที่สุดในวันที่ 7 มีพื้นที่พีค (peak area) เท่ากับ 9.82×10^7

คำสำคัญ: การคัดเลือก สารให้กลิ่นมะพร้าว เชื้อราไตรโคเดอร์มา

คำนำ

ปัจจุบันน้ำมะพร้าวบรรจุกระป๋องเป็นสินค้าส่งออกที่ผู้บริโภคมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กระบวนการผลิตใช้วัตถุดิบเป็นน้ำจากมะพร้าวน้ำหอม (*Cocos nucifera* cv. NamHom) นำมาผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ ซึ่งใช้ความดันและอุณหภูมิสูง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลให้กลิ่นหอมในน้ำมะพร้าวสูญเสีย (Chowdhury และคณะ, 2009; Awua และคณะ, 2011) มีรายงานว่าน้ำมะพร้าวบรรจุกระป๋องการค้า ที่ผ่านการ pasteurized ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที มีสารหอมระเหย 3,4-dimethyl benzaldehyde (almond, burnt sugar) ลดลง 10 เท่า แสดงให้เห็นถึงความไม่เสถียรของสารหอมระเหยซึ่งเป็นสารให้กลิ่นตามธรรมชาติของน้ำมะพร้าว (Cappelletti และคณะ, 2015; Marchi และคณะ 2015; Sonklin และคณะ, 2015) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าเชื้อรา *T. viride* สามารถผลิตกลิ่นคล้ายมะพร้าว (coconut like aroma) ซึ่งสารหลักที่ผลิตจากเชื้อรา ได้แก่ 6-pentyl-α-pyrone (6PP) (Collins และ Halim, 1972), δ-dodecalactone (Allegrone และคณะ, 1991), δ-Octalactone, γ-dodecalactone (Fadel และคณะ, 2015) อีกทั้งยังพบสารหอมระเหยในกลุ่ม ketone อื่นๆ เช่น methyl ketone, 2-heptanone, 2-nononone และ 2-undecanone (Janssens และคณะ, 1992) แต่ยังไม่มีการคัดเลือกเชื้อ *T. viride* ในประเทศไทยเพื่อผลิตกลิ่นมะพร้าว ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกเชื้อ *T. viride* จากเชื้อ 4 สายพันธุ์ คือ TISTR 3114, TISTR 3160, TISTR 3161, และ TISTR 3167 เพื่อผลิตกลิ่นมะพร้าวและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

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

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

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเชื้อ *T. viride* 4 สายพันธุ์ในระยะเจริญทางเส้นใยเต็มที่ มาเตรียมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา ความเข้มข้น $1x10^8$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยนำสปอร์เชื้อราที่มีสปอร์เขียวเต็มหน้าจานเพาะเชื้อบนอาหารแข็ง potato dextrose agar (PDA) มาล้างด้วย normal saline ความเข้มข้น 0.1% กรองด้วยผ้าก๊อซปลอดเชื้อ นำมาหาความเข้มข้นสปอร์ของเชื้อรา ด้วย haemacytometer นำสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ปริมาตร 1 มิลลิลิตรของเชื้อ มาเลี้ยงต่อในอาหารเหลว potato dextrose broth (PDB) บนเครื่องเขย่า ที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที (เพื่อเพิ่มอากาศ) เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 1-7 วัน เก็บข้อมูลทุกวัน ได้แก่ การเจริญเติบโต, profile กลิ่น, และ yield ของสารหอมระเหย (วิเคราะห์โดยใช้ solid phase microextraction/gas chromatography mass spectrometry; GC-MS) ซึ่งใช้ SPME โดยนำตัวอย่างมาให้ความร้อนใน heating box ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ SPME fiber ดูดซับไอระเหยของตัวอย่างเป็นเวลา 20 นาที และใช้เวลาปล่อยไอระเหยของตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที โปรแกรมอุณหภูมิที่สารเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ เริ่มต้นที่ 40 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนอุณหภูมิสูงถึง 240 องศาเซลเซียส post run ที่ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และนำข้อมูลเทียบกับ NIST 98 และ Wiley library โดยมี library match สูงกว่า 80%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 4 สายพันธุ์ เริ่มพบความแตกต่างของการเจริญเติบโตตั้งแต่วันที่ 3-7 ของการทดลอง โดย สายพันธุ์ TISTR 3114 และ TISTR 3161 มีการเจริญ (น้ำหนักแห้ง) สูงสุดในวันที่ 3 เท่ากับ 0.47 และ 0.49 กรัม ส่วน TISTR 3160 มีการเจริญสูงสุดในวันที่ 5 เท่ากับ 0.40 กรัม อย่างไรก็ตามเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3167 มีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อราที่นำมาศึกษาอีก 3 สายพันธุ์ ในวันที่ 4 มีน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 0.70 กรัม (Figure 1) การที่เชื้อราทั้ง 4 สายพันธุ์มีการเจริญเติบโตไม่เท่ากัน อาจเนื่องมาจากความหลากหลายทางพันธุกรรมที่สัมพันธ์กับความสามารถในการใช้อาหาร การสะสมอาหาร และการสร้างสารต่างๆ ภายในเซลล์ของเชื้อรา (Duarte และคณะ, 2008)

การวิเคราะห์สารหอมระเหย พบว่า เชื้อทั้ง 4 สายพันธุ์สามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ 2,4-di-tert-butylphenol ให้กลิ่น medicine และเชื้อรา 2 สายพันธุ์ คือ TISTR 3160 and 3114 สามารถสร้างสารหอมระเหยในกลุ่มเทอร์ปีนได้ โดย TISTR 3160 สร้าง isoledene, alpha-zingiberene, beta-sesquipellandrene, alpha-curcumene, trans-nerolidol และ TISTR 3114 สร้าง calamenene แต่สารหอมระเหย 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ให้กลิ่นมะพร้าว (coconut-like) พบในเชื้อ *T. viride* เพียงสายพันธุ์เดียว คือ TISTR 3160 (Table 1) โดยสารหอมระเหยถูกสร้างและปลดปล่อยออกมาสูงที่สุดในวันที่ 7 และมีพื้นที่พีค (peak area) เท่ากับ $9.82x10^7$ (Figure 2) แสดงให้เห็นว่ามีกลไกในการผลิตสารหอมระเหย lactone ซึ่งยังไม่สามารถระบุกลไกการสร้างได้ชัดเจน แต่คาดเดาว่าอาจเกี่ยวข้องกับเอ็นไซม์ lypoxygenase ที่ทำหน้าที่เปลี่ยน linoleic acid ให้เป็น 13-hydroperoxide จากนั้นเกิดปฏิกิริยา beta-oxidation และ isomerization ทำให้ได้โมเลกุลของ 5-hydroxy-2,4-decenoic acid ก่อนเกิดปฏิกิริยา lactomerization บนโครงสร้าง C5 hydroxyl group กับ carboxylic group ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารในกลุ่ม lactone (Ahmed และคณะ, 2013; Fadel และคณะ, 2015) ผลจากงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า ที่รายงานการพบสาร lactone ในอาหาร potato dextrose agar และการใช้เชื้อไตรโคเดอร์มาหมักกากอ้อย (Irfan และ Syed, 2012; Chitale และคณะ, 2012) อย่างไรก็ตามการสร้างสารหอมระเหยในกลุ่ม lactone ของเชื้อ *T. viride* ของการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของเชื้อ กล่าวคือแทนที่สารหอมระเหยควรสร้างในระยะ exponential phase แต่กลับถูกสร้างในระยะ decline phase หรือในวันที่ 7 ของการทดลอง แสดงให้เห็นว่าสารหอมระเหย lactone อาจถูกผลิตและกักเก็บไว้ภายในเซลล์ ก่อนถูกปลดปล่อยออกมาภายนอกเซลล์เมื่อเกิดกระบวนการ autolysis ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานทดลอง ของ Bonnarme และคณะ (1997) และ Fadel และคณะ (2015) ที่รายงานว่าสารหอมระเหยที่ผลิตโดยเชื้อ *T. viride และ T. altroviride* ไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อ

สรุปผล

การคัดเลือกเชื้อ *T.viride* จำนวน 4 สายพันธุ์ พบว่า TISTR 3160 เป็นสายพันธุ์เดียวที่สามารถสร้างสารหอมระเหย 6-pentyl-2H-pyran-2-one (6PP) ซึ่งให้กลิ่น coconut-like ได้ ซึ่งสาร 6PP ถูกปลดปล่อยออกมาสูงที่สุดเมื่อการเจริญเติบโตเข้าสู่ช่วงถดถอย (decline phase) ในวันที่ 7 ของการทดลอง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ไทย โคโคนัท จำกัด (มหาชน) โครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Allegrone, G., Barbeni, M., and Cardillo, R., 1991, On the Steric Course of the Microbial Generation of (Z6)-gamma-dodecenolactone from (10R, S) 10-hydroxyoctadeca-(E8, Z12)-dienoic acid, Biotechnology Letters, 13: 765-768.

Bonnarme, P., Djian, A., Latrasse, A., Féron, G., Giniés C., Durand, A., and Le Quére, J.L., 1997, Production of 6-pentyl-a-pyrone by *Trichoderma* sp. from Vegetable Oils, Journal of Biotechnology, 56: 143–150.

Chowdhury, M.G.F., Rahman, M.M., Tariqul-Islam, A.F. M., Islam, M. S., and Islam M.S., 2009, Processing and Preservation of Green Coconut Water, Journal of Innovation and Development Strategy, 39(1): 1- 5.

Collins, R.P., and Halim, A.F., 1972, Characterization of the Major Aroma Constituent of the Fungus *Trichoderma viride*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 20: 437–438.

Duarte, J.B., Maria, M. S., Sabrina M.P., Ayres F. M., and Agenor, F., 2008, Comparative Study of Mycellil Growth and Production of Cinabarin by Different Strains of *Pycnoporus sanguineus*", Biofar Revista de Biologia e Fermácia, 2(1): 1-5.

Fadel, H.H.M., Mahmoud, M.G., Asker, M.M.S., and Lotfy, S.N., 2015, Characterization and Evaluation of Coconut Aroma Produced by *Trichoderma Viride* EMCC-107 in Solid State Fermentation on Sugarcane Bagasse, Electronic Journal of Biotechnology, 18: 5-9.

Irfan, M., and Syed, Q., 2012, Partial Purification and Characterization of Xylanase from *Trichoderma Viride* Produced Under SSF, International Journal of Applied Research in Natural Products, 5(1): 7-11.

Janssens, L., De Pooter, H.L., Schamp, N.M., and Vandamme, E.J., 1992, Production of Flavours by Microorganisms, Proress Biochemistry, 27: 195-215.

Marchi, F.D., Aprea, E., Endrizzi, I., Charles, M., Betta, E., Corollaro, M.L., Cappelletti, M., Ferrentino, G., Spilimbergo, S., and Gasperi, F., 2015, Effects of Pasteurization on Volatile Compounds and Sensory Properties of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Water: Thermal vs. High-pressure Carbon Dioxide Pasteurization, Food Bioprocess Technology, 8(7): 1393-1404.

Sonklin, C., Niponsak, A., Laohakunjit, N., and Kerdchoechuen, O., 2015, Volatile Compounds in Coconut Water after Pasteurization with Saturated Steam Retort, Center for Research and Development of Tropical and Sub -Tropical Crops, 9th ed, 3-4 September 2015, Bangkok, p. 109.

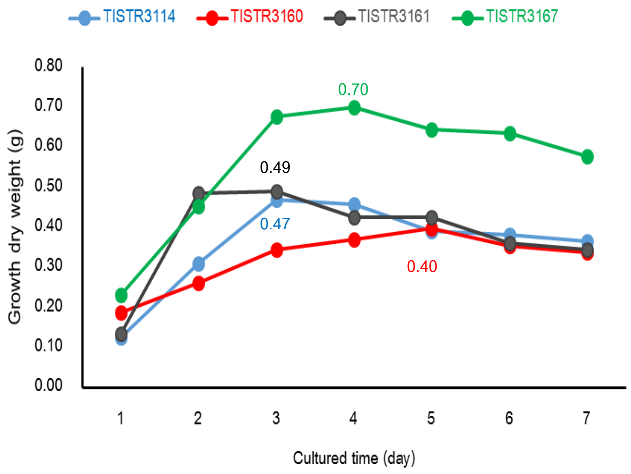


Figure 1 Growth curve (dry weight) of four strains of *Trichoderma viride*

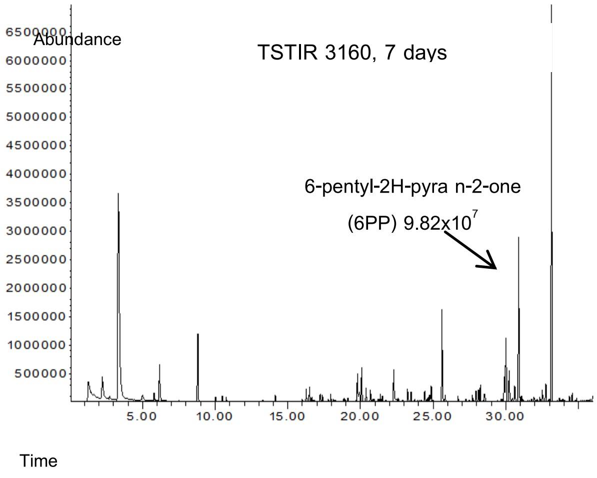


Figure 2 GC-MS chromatograms of volatile production by *T.viride*: TSTIR 3160

Table 1 Type of compounds reported in four strains of *Trichoderma viride*: TISTR 3114, TISTR 3160, TISTR 3161 and TISTR 3167

RI	Type of total volatile compounds	odor description	Stains of *T.viride*			
			TISTR 3114	TISTR 3160	TISTR 3161	TISTR 3167
	aliphatic compounds					
	alcohol					
1050	1-propanol	alcoholic earthy fermented fu	✓	✓	✓	✓
1110-1112	2-methyl-1-propanol	winey	✓	✓	✓	✓
1219	3-methyl-1-butanol	Alcoholic pungent cognac	✓	✓	✓	✓
1418	trans-3-hepten-1-ol	pungent fatty green	-	✓	✓	-
1434	5-methyl-1-hexanol		-	-	✓	-
1500-1501	2-ethyl-1-hexanol	Sweet fatty fruity	✓	✓	✓	✓
1588	2,3-butanediol	fruity creamy buttery	-	✓	-	-
1978	1-dodecanol	Soapy waxy aldehydic earthy	-	✓	✓	✓
	aldehyde					
1402	nonanal	waxy aldehydic rose fresh orris	-	✓	-	-
1693	2,4-dimethyl-2,4-heptadien	fatty green oily greasy	✓	-	-	-
1720-1722	tetradecanal	Fatty lactonic coconut woody	-	-	✓	✓
	ketone					
1296	3-hydroxy-2-butanone	sweet buttery creamy dairy	✓	✓	✓	✓
	ester					
1545	ethyl nonanoate	waxy soapy cognac fruity	-	-	✓	✓
1878	butyl butyrate	sweet fresh fruity fatty	-	✓	✓	✓
2229*	ethyl palmitate	mild waxy fruity creamy milky	-	-	✓	✓
	corboxylic acid					
2202*	nonanoic acid	fatty waxy cheesy creamy	-	-	✓	✓
	terpene compounds					
1643	isoledene		-	✓	-	-
	terpene compounds					
1666	alpha-zingiberene	spicy fresh sharp	-	✓	-	-
1690	beta-sesqui pellandrene	herbal fruity woody	-	✓	-	-
1692	alpha-curcumene	herbal	-	✓	-	-
1845	calamenene	herb spice	✓	-	-	-
2054*	trans-nerolidol	floral green citrus woody wa	-	✓	-	-
	benzene derivative					
1532-1533	benzaldehyde	sweet oily almond nutty	✓	✓	✓	✓
1659	4-methyl benzaldehyde	fruity cherry deep phenolic	-	-	✓	-
1678	ethyl benzoate	sweet medicinal green minty	✓	-	-	-
1687	2-hydroxy-benzaldehyde	spicy medicinal astringent	✓	-	-	-
1823	3,4-demethyl benzaldehyde		-	✓	✓	✓
1923-1924	phenylethyl alcohol	sweet floral fresh rose honey	-	✓	✓	✓
2211*	alpha-cadinol	herb wood	✓	-	-	-
2330*	2,4-di-tert-butylphenol	medicine, phenol	✓	✓	✓	✓
	other compounds					
1888	trans-para-2-menthen-1-ol		-	✓	-	-
2176*	6-pentyl-2H-pyran-2-one	coconut creamy sweet fatty	-	✓	-	-

* Retention Index referent from DB-WAX column identified: http://www.pherobase.com/database/kovats

การรอดชีวิตของโพรไบโอติกในไอศกรีมไขมันต่ำที่ใช้กัมจากเครือหมาน้อยเป็นสารเพิ่มความคงตัว

Survival of Probiotics in Low-fat Ice Cream Combined with *Kruea Mha Noy* Gum Used as a Stabilizer

พิทยา ใจคำ[1]
Chaikham, P.[1]

Abstract

The purposes of this research were to investigate physical properties of low-fat ice cream plus *Kruea Mha Noy* gum (1% w/w) enriched with different probiotic levels (0.5-1.5% w/w). Survivability of probiotics viz. *Lactobacillus casei* 01 and *Lactobacillus acidophilus* LA5 in low-fat ice cream during storage at -20ºC for 60 days was monitored. It was found that the loss of *L. acidophilus* LA5 cells during ice cream production was significantly higher than those of *L. casei* 01. Concentrations of two probiotics had no effect on the products' properties including viscosity, overrun, melting rate and hardness. After frozen storage for 60 days, decrease cell viability of two probiotics was observed and surviving population of *L. casei* 01 was apparently higher than *L. acidophilus* LA5. Results also showed that the products stabilized by *Kruea Mha Noy* gum could improve the viability of probiotics greater than samples without *Kruea Mha Noy* gum.

Keywords: probiotics, low-fat ice cream, *Kruea Mha Noy* gum, stabilizer

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำผสมกัมจากเครือหมาน้อย (1% w/w) เสริมโพรไบโอติกระดับต่างๆ (0.5-1.5% w/w) และศึกษาความสามารถในการอยู่รอดของโพรไบโอติก ได้แก่ *Lactobacillus casei* 01 และ *Lactobacillus acidophilus* LA5 ในไอศกรีมไขมันต่ำระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน จากการเติมโพรไบโอติกในระหว่างการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำพบว่า เซลล์ของ *L. acidophilus* LA5 ตายสูงกว่าเซลล์ของ *L. casei* 01 แต่ระดับของโพรไบโอติกที่เติมลงไปในไอศกรีมไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งค่าความหนืด ค่าโอเวอร์รัน อัตราการละลาย และความแข็ง เมื่อแช่แข็งตัวอย่างครบ 60 วัน พบว่า โพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์มีจำนวนลดลง ซึ่งจำนวนเหลือรอดของ *L. casei* 01 ยังคงมีค่ามากกว่า เชื้อ *L. acidophilus* LA5 นอกจากนั้นผลการทดลองยังพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของกัมจากเครือหมาน้อยทำให้เชื้อโพรไบโอติกมีอัตราการอยู่รอดสูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมเครือหมาน้อย

คำสำคัญ: โพรไบโอติก ไอศกรีมไขมันต่ำ กัมจากเครือหมาน้อย สารเพิ่มความคงตัว

บทนำ

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามไอศกรีมจัดว่าเป็นอาหารที่ให้พลังงานและคอเลสเตอรอลที่ค่อนข้างสูง ปัจจุบันผู้บริโภคสมัยใหม่ได้ให้ความสำคัญต่ออาหารที่มีไขมันต่ำมากขึ้น เพื่อช่วยในเรื่องการควบคุมน้ำหนัก และลดความเสี่ยงต่อโรคเกี่ยวกับระบบไหลเวียนโลหิต ไอศกรีมไขมันต่ำจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ แต่การลดไขมันจะทำให้ไอศกรีมมีคุณภาพต่ำลง ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การเติมสารเพิ่มความคงตัวในไอศกรีมเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีมให้เป็นที่ยอมรับ โดยทั่วไปจะมีการเติมกัม อาทิเช่น เพคติน กัมอะราบิก กัมคารายา กัวกัม และโลคัสบีนกัม ซึ่งเป็นสารเพิ่มความคงตัวลงไปในไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมที่ผลิตได้มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนขึ้น ค่าโอเวอร์รันสูง ความหนืดสูง ละลายช้าลง และให้ความรู้สึกทางปากคล้ายครีม (Phianmongkhol และคณะ, 2012) กัมเป็นสารที่ได้มาจากเมือกของพืช เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เชื่อมต่อกันมากกว่า 10 โมเลกุลขึ้นไป กัมจากแหล่งที่มาแตกต่างกันทำให้มีองค์ประกอบทางเคมี น้ำหนักโมเลกุล การจัดเรียงตัวของโมเลกุลต่างกัน จึงทำให้คุณสมบัติต่างๆ แตกต่างกันออกไปด้วย (Singthong และคณะ, 2005) พืชท้องถิ่นของไทยหลายชนิดสามารถนำมาสกัดกัมเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ได้ อาทิเช่น เครือหมาน้อย (*Cyclea barbata*

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

Miers) ซึ่งเมื่อนำใบเครือหมาน้อยมาฉีกและขยี้ผสมน้ำ จะทำให้น้ำมีความหนืดสูงขึ้น จนกลายเป็นวุ้นหรือเจล กัมจากใบเครือหมาน้อยนี้คนไทยรู้จักและใช้ประโยชน์มานานแล้ว โดยนำมาใช้เป็นทั้งอาหาร และเป็นยา แต่การใช้ประโยชน์ในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารยังมีอยู่น้อย การนำกัมจากใบเครือหมาน้อยมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร รวมทั้งอุตสาหกรรมไอศกรีม สามารถลดต้นทุนการผลิต และการลดการนำเข้ากัมทางการค้าชนิดอื่นๆ ได้ รวมทั้งอาจจะสามารถแก้ปัญหาการขาดดุลทางการค้าของประเทศได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นการนำกัมจากเครือหมาน้อยมาใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในไอศกรีมไขมันต่ำทดแทนกัมทางการค้าจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการวิจัยนี้ยังได้มีการเสริมโพรไบโอติก (probiotics) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์แก่สุขภาพผู้บริโภคลงไปอีกด้วย

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำผสมกัมจากเครือหมาน้อย (1% w/w) เสริมโพรไบโอติกที่ระดับต่างๆ (0.5-1.5% w/w) และ 2) ศึกษาอัตราการอยู่รอดของ *Lactobacillus casei* 01 และ *Lactobacillus acidophilus* LA5 ในไอศกรีมไขมันต่ำในระหว่างการผลิตและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน โดยเปรียบเทียบกับไอศกรีมไขมันต่ำที่ไม่เติมกัมจากเครือหมาน้อย (ชุดควบคุม)

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดกัมจากเครือหมาน้อยทำได้โดยนำเครือหมาน้อยที่ผ่านการล้างจนสะอาดและผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วมาอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นให้เป็นผงด้วยเครื่องปั่น นำใบเครือหมาน้อยผงที่ได้ผสมกับน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1:10 (w/v) และสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman® No. 1 นำสารสกัดที่กองได้มาผสมกับเอทานอลที่อัตราส่วน 1:3 ทิ้งไว้ข้ามคืน จะเกิดการตกตะกอนของกัมขึ้น กรองเอาตะกอนที่ได้ไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ (ดัดแปลงจากวิธีของ Singthong และคณะ, 2005) จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปใช้ในการผลิตไอศกรีมต่อไป

ส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำ (100% w/w) ประกอบด้วย 76% นมสดขาดมันเนย 8% นมผงขาดมันเนย 2% เนยสด 12% น้ำตาลซูโครส 0.6% เจลาติน 0.4% แป้งข้าวโพด และ 1% กัมจากเครือหมาน้อย โดยทำการเตรียมส่วนผสมและผลิตไอศกรีมไขมันต่ำตามวิธีของ Phianmongkhol และคณะ (2012) ซึ่งจะมีการเติมเซลล์ของโพรไบโอติก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *L. casei* 01 และ *L. acidophilus* LA5 (Chr. Hansen, Hørsholm, Denmark) ลงไปในระหว่างการปั่นไอศกรีม 3 ระดับ คือ 0.5%, 1% และ 1.5% (w/w) การเตรียมและแยกเซลล์ของโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ทำตามวิธีของ Chaikham และคณะ (2013) โดยเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth เป็นเวลา 16 และ 18 ชั่วโมง สำหรับ *L. casei* 01 และ *L. acidophilus* LA5 ตามลำดับ จากนั้นทำการแยกเซลล์ของโพรไบโอติกด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที นำเซลล์ของเชื้อที่แยกได้มาล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2 ครั้ง ก่อนเติมลงไปในขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของตัวอย่าง ได้แก่ ค่าความหนืด ค่าโอเวอร์รัน อัตราการละลาย และความแข็ง โดยทำตามวิธีการอ้างในงานวิจัยของ Phianmongkhol และคณะ (2012) และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant capacity) ของตัวอย่างที่ผลิตได้ ด้วยวิธี DPPH และ FRAP โดยใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Lambda Bio-20, Perkin Elmer, USA) ตามวิธีการอ้างในงานวิจัยของ Chaikham และ Apichartsrangkoon (2012) และ Chaikham และ Prangthip (2015) ตามลำดับ นอกจากนั้นทำการวิเคราะห์หาจำนวนโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่รอดชีวิตในระหว่างการผลิต และเก็บรักษาไอศกรีมที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยใช้วิธี Pour plate count โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ตามวิธีของ Chaikham (2015) โดยทำการเปรียบเทียบกับไอศกรีมไขมันต่ำชุดควบคุม (control) ที่มีการทดแทนกัมจากเครือหมาน้อยด้วยกัมอะราบิก การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ($p<0.05$)

ผลและวิจารณ์การทดลอง

จาก Table 1 พบว่า ตัวอย่างไอศกรีมมีจำนวนเซลล์ของโพรไบโอติกลดลงในขั้นตอนของกระบวนการผลิต จำนวนเซลล์ของ *L. acidophilus* LA5 มีค่าลดลงมากกว่าเซลล์ของ *L. casei* 01 จะเห็นได้ชัดว่าหลังจากทำการปั่นไอศกรีมเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง อัตราการรอดชีวิตของ *L. casei* 01 (99.40-99.98% yield) มีค่ามากกว่า *L. acidophilus*

LA5 (95.89-97.61% yield) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงใน Table 1 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Chaikham และ Apichartsrangkoon (2012) และ Chaikham (2015) ซึ่งศึกษาการรอดชีวิตของโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ในน้ำผลไม้ และโยเกิร์ต นอกจากนั้นยังพบว่าชนิดของโพรไบโอติกและการผันแปรปริมาณโพรไบโอติกในไอศกรีม (0.0-1.5% w/w) ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ต่อคุณภาพด้านกายภาพของตัวอย่าง ทั้งค่าความหนืด ค่าโอเวอร์รัน อัตราการละลาย และความแข็ง โดยตัวอย่างทุกชุดการทดลองมีค่าความหนืด ค่าโอเวอร์รัน อัตราการละลาย และความแข็งอยู่ในช่วง 167.90-171.93 cP, 24.70-25.22%, 24.06-25.07% และ 147.45-152.05 g ตามลำดับ (Table 2)

เมื่อทำการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำเสริมโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ระดับ 1.5% (w/w) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน จากนั้นศึกษาการรอดชีวิตของโพรไบโอติก โดยสุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ 30 วัน พบว่า จำนวนโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ในไอศกรีมทุกชุดการทดลองมีจำนวนค่อยๆ ลดลง ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเก็บตัวอย่างครบ 60 วัน จำนวนเซลล์ของโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ในไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมกัมจากเครือหมาน้อยมีค่าสูงกว่าไอศกรีมชุดควบคุม (ไม่เติมกัมจากเครือหมาน้อย) โดยที่จำนวนเหลือรอดของ *L. casei* 01 มีค่าสูงกว่าจำนวนเหลือรอดของ *L. acidophilus* LA5 (Table 3) จากการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านการเกิดออกซิเดชันของตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างที่มีการเติมเครือหมาน้อยมีค่า DPPH-radical inhibition และค่า FRAP value อยู่ในช่วง 25.63-29.01% และ 15.481-16.83 mM $FeSO_4$/ml ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าตัวอย่างชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะทำให้อัตราการอยู่รอดของโพรไบโอติกสูงยิ่งขึ้น (Chaikham, 2015)

สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ของโพรไบโอติกและการผันแปรปริมาณโพรไบโอติก (0.0-1.5% w/w) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมกัมจากเครือหมาน้อย ทั้งค่าความหนืด ค่าโอเวอร์รัน อัตราการละลาย และลักษณะเนื้อสัมผัส นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเป็นระยะเวลา 60 วัน ตัวอย่างไอศกรีมที่มีส่วนผสมของกัมจากเครือหมาน้อยมีจำนวนของโพรไบโอติกที่เหลือรอดสูงกว่าในตัวอย่างที่ไม่มีการเติมกัม โดยพบจำนวนเซลล์เหลือรอดของ *L. casei* 01 สูงกว่าจำนวนเซลล์ของ *L. acidophilus* LA5

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

Chaikham, P., 2015, Stability of probiotics encapsulated with thai herbal extracts in fruit juices and yoghurt during refrigerated storage, Food Bioscience, 12: 61-66.

Chaikham, P. and Apichartsrangkoon, A., 2012, Comparison of bioactive components in pressurized and pasteurized longan juices fortified with encapsulated *Lactobacillus casei* 01, High Pressure Research: An International Journal, 32(2): 316-322.

Chaikham, P., Apichartsrangkoon, A., George, T. and Jirarattanarangsri, W., 2013. Efficacy of polymer coating of probiotic beads suspended in pressurized and pasteurized longan juices on the exposure to simulated gastrointestinal environment, International Journal of Food Science and Nutrition, 64(7): 862-869.

Chaikham, P. and Prangthip, P. 2015. Physical and biochemical properties of yanang juice mixed with longan flower-honey following high pressure processing, International Food Research Journal, 22(4): 1607-1614.

Phianmongkhol, A., Rongkom, H. and Wirjantoro, T. I., 2012, Effect of fat replacer systems and maltitol on qualities of fat and calorie reduced dairy ice cream, Chiang Mai University Journal of Natural Sciences, 11(1): 193-204.

Singthong, J., Ningsanond, S., Cui, S.W. and Goff, H.D., 2005. Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin, Food hydrocolloids, 19(5): 793-801.

Table 1 Cell numbers of probiotic before and after low-fat ice cream production

Probiotics	Probiotic levels (%, w/w)	Cell numbers (CFU/g)		Yield or survival rate (%)
		Before	After	
L. casei 01	0.5%	$1.52 \pm 0.56 \times 10^{10}$	$1.32 \pm 0.69 \times 10^{10}$	99.40^{b}
	1.0%	$3.90 \pm 0.42 \times 10^{10}$	$3.43 \pm 0.30 \times 10^{10}$	99.47^{b}
	1.5%	$5.11 \pm 0.61 \times 10^{10}$	$5.08 \pm 0.45 \times 10^{10}$	99.98^{a}
L. acidophilus LA5	0.5%	$1.06 \pm 0.40 \times 10^{10}$	$0.41 \pm 0.52 \times 10^{10}$	95.89^{e}
	1.0%	$2.24 \pm 0.33 \times 10^{10}$	$1.05 \pm 0.27 \times 10^{10}$	96.82^{d}
	1.5%	$3.78 \pm 0.41 \times 10^{10}$	$2.11 \pm 0.55 \times 10^{10}$	97.61^{c}

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications.

Table 2 Physical properties of low-fat ice cream combined with *Kruea Mha Noy* gum supplemented with different probiotic levels

Probiotics	Probiotic levels (%, w/w)	Viscosity (cP)	Overrun (%)	Melting rate (%)	Hardness (g)
L. casei 01	0.0%	168.81 ± 2.31^{a}	25.03 ± 1.55^{a}	24.06 ± 0.88^{a}	148.39 ± 1.86^{a}
	0.5%	170.11 ± 4.16^{a}	24.92 ± 1.83^{a}	25.07 ± 1.04^{a}	150.53 ± 2.07^{a}
	1.0%	168.55 ± 3.85^{a}	24.95 ± 2.01^{a}	24.19 ± 1.28^{a}	147.45 ± 1.90^{a}
	1.5%	171.92 ± 2.82^{a}	25.14 ± 2.22^{a}	24.83 ± 0.91^{a}	152.05 ± 2.38^{a}
L. acidophilus LA5	0.0%	168.81 ± 2.31^{a}	25.03 ± 1.55^{a}	24.06 ± 0.88^{a}	148.39 ± 1.86^{a}
	0.5%	167.90 ± 3.91^{a}	25.22 ± 1.90^{a}	24.10 ± 1.04^{a}	149.85 ± 0.90^{a}
	1.0%	168.45 ± 3.22^{a}	24.78 ± 1.89^{a}	24.64 ± 1.45^{a}	151.07 ± 2.56^{a}
	1.5%	168.82 ± 2.53^{a}	24.70 ± 2.38^{a}	24.18 ± 1.16^{a}	148.66 ± 1.95^{a}

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications.

Table 3 Survivability of probiotics in low-fat ice creams during storage at -20°C for 60 days

Probiotics	Samples	Survival cells of probiotics during storage (CFU/g)			Loss cells (log CFU)
		Day 0	Day 30	Day 60	
L. casei 01	Control	$5.15 \pm 0.82 \times 10^{10}$	$8.63 \pm 1.17 \times 10^{9}$	$3.04 \pm 1.05 \times 10^{9}$	1.23^{b}
	Kruea Mha Noy gum	$5.78 \pm 1.45 \times 10^{10}$	$1.49 \pm 1.50 \times 10^{10}$	$9.17 \pm 0.83 \times 10^{9}$	0.74^{c}
L. acidophilus LA5	Control	$2.34 \pm 0.55 \times 10^{10}$	$3.12 \pm 1.36 \times 10^{9}$	$1.78 \pm 0.94 \times 10^{8}$	2.12^{a}
	Kruea Mha Noy gum	$2.61 \pm 0.70 \times 10^{10}$	$5.85 \pm 1.48 \times 10^{9}$	$8.56 \pm 1.03 \times 10^{8}$	1.39^{b}

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications.

ผลของชาชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการอยู่รอดของ *Lactobacillus casei* 01 ในช็อกโกแลตนมภายใต้สภาวะทางเดินอาหารจำลองและระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Different Teas on the Survival Rates of *Lactobacillus casei* 01 in Milk Chocolate under Simulated Gastrointestinal Condition and during Storage

พิทยา ใจคำ[1] **และ ปิยธิดา สุดเสนาะ**[1]
Chaikham, P.[1] and Sudsanor, P.[1]

Abstract

This objective of this research was to monitor the surviving population of *Lactobacillus casei* 01 along with milk chocolates containing green, black and white tea powders under simulated gastrointestinal environment and during storage at 4 and 25ºC for 60 days. In this study, we found that types of teas had no effect on the viability of *L. casei* 01 along with chocolate matrices under *in vitro* stomach and small intestinal conditions. Considering the storage, the results showed that the survivors in chocolate plus green tea significantly higher than those in chocolates containing black and white teas. Loss cells after storage for 60 days at 25ºC were more than those kept at 4ºC

Keywords: *Lactobacillus casei* 01, milk chocolate, simulate gastrointestinal condition, storage

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของจำนวน *Lactobacillus casei* 01 ในช็อกโกแลตผสมผงชาเขียว ชาดำ และชาขาว ภายใต้สิ่งแวดล้อมของทางเดินอาหารจำลองและในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน จากการศึกษาพบว่าชนิดของชาไม่มีผลต่อการรอดชีวิตของ *L. casei* 01 ที่เสริมในช็อกโกแลตภายใต้สภาวะจำลองของกระเพาะและลำไส้เล็ก จากการเก็บรักษาตัวอย่างทั้งหมดพบว่าจำนวนของโพรไบโอติกที่เหลือรอดในช็อกโกแลตชาเขียวมีค่าสูงกว่าในช็อกโกแลตชาดำและช็อกโกแลตชาขาว นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อเก็บรักษาครบ 60 วัน อุณหภูมิในการเก็บรักษา 25 องศาเซลเซียสทำให้มีการสูญเสียเซลล์ที่มีชีวิตของโพรไบโอติกสูงกว่าอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: *Lactobacillus casei* 01 ช็อกโกแลตนม สภาวะทางเดินอาหารจำลอง การเก็บรักษา

บทนำ

โพรไบโอติก (probiotics) หมายถึง อาหารเสริมที่เป็นจุลชีพขนาดเล็กๆ ที่ยังมีชีวิต เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วช่วยให้ร่างกายของผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้น โดยช่วยส่งเสริมให้เกิดความสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้และยังช่วยป้องกันหรือรักษาโรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ (Fooks และคณะ, 1999) ปัจจุบันความหมายของคำว่าโพรไบโอติกที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ เชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่เสริมเข้าไปในอาหารซึ่งจะก่อให้เกิดผลประโยชน์แก่มนุษย์ (host) โดยจะทำการปรับปรุงสมดุลของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ (FAO/WHO, 2001) ประโยชน์ของโพรไบโอติกมีมากมาย อาทิเช่น ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค กระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกัน ลดระดับคอเลสเตอรอลในพลาสมา ป้องกันการเกิดโรคท้องร่วง รักษาโรคลำไส้อักเสบเรื้อรัง รักษาช่องคลอดอักเสบจากเชื้อรา และป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ เป็นต้น (Davis, 2014) ปกติแล้วจะพบโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์นมหมักทั่วไป ได้แก่ โยเกิร์ต และนมเปรี้ยว โดยปริมาณของโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์อาหารที่เหมาะสมแก่การบริโภคควรจะมีอยู่ในประมาณช่วง 10^6-10^7 CFU/g หรือ CFU/ml (Chaikham, 2015)

ปัจจุบันได้มีพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่ใช่นม (non-dairy products) หลายชนิดเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค ช็อกโกแลตเป็นขนมหวานชนิดหนึ่งที่ได้มีการศึกษาการเสริมโพรไบโอติกลงไปก่อนหน้านี้ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาการรอดชีวิตของโพรไบโอติกในช็อกโกแลต 2 ชนิด ได้แก่ ช็อกโกแลตดำ และช็อกโกแลตนม ซึ่งพบว่าอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติก

---

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

(*Lactobacillus acidophilus* LA5 และ *Lactobacillus casei* 01; Chr. Hansen, Hørsholm, Denmark) ในช็อกโกแลตแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน และพบว่ามีจำนวนเซลล์ *L. casei* 01 ที่รอดชีวิตสูงกว่า *L. acidophilus* LA5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคชื่นชอบช็อกโกแลตนมเสริมโพรไบโอติกมากกว่าช็อกโกแลตดำ (พิทยา, 2558)

สารสกัดจากใบชา (*Camellia sinensis*) มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดออกซิเดชันค่อนข้างสูง โดยจะทำหน้าที่คอยจับออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการอยู่รอดของโพรไบโอติกให้สูงขึ้นได้ (Muniandy และคณะ, 2016) โดยความแตกต่างของชาแต่ละชนิดสามารถนิยามได้ดังนี้ (1) ชาเขียว คือ ใบชาที่ไม่ผ่านการหมักก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยความร้อน (2) ชาขาว คือ ใบชาที่ไม่ผ่านการหมักก่อนนำไปตากแดดให้แห้ง และ (3) ชาดำ คือ ใบชาที่ผ่านการหมักก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยความร้อน (Horzic และคณะ, 2009) จากรายงานของ Muniandy และคณะ (2016) พบว่าใบชาที่ผ่านการทำแห้งด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกัน จะทำให้มีปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระ คุณค่าทางโภชนาการ กลิ่น และรสชาติของชาแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไปด้วย

จุดประสงค์ของวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากชาเขียว ชาขาว และชาดำ ต่อการรอดชีวิตของ *L. casei* 01 ในช็อกโกแลตนม ภายใต้สภาวะของทางเดินอาหารจำลอง และในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำโพรไบโอติก *L. casei* 01 (Chr. Hansen, Hørsholm, Denmark) มาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ภายใต้สภาวะไร้อากาศ (anaerobic condition) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกเซลล์ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที (Chaikham, 2015) โดยจำนวนเซลล์ที่เตรียมได้มีประมาณ 10^{14} CFU/g ของตะกอนเซลล์ นำนมสดรสหวานผสมกับมอลโตเดกซ์ตรินที่อัตราส่วน 80:20 โดยน้ำหนัก เติมเซลล์ของโพรไบโอติกที่เตรียมไว้ลงไป 1% (w/v) ของส่วนผสมทั้งหมด และผสมให้เข้ากัน โดยจะมีจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ที่ประมาณ 10^{12} CFU/ml จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปทำให้เป็นผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (JCM Engineering concept, Bangkok, Thailand) ตามวิธีของพิทยา (2558)

การเตรียมสารสกัดชาชนิดต่างๆ ทำได้โดยนำชาเขียว ชาขาว และชาดำมาล้างให้สะอาด จากนั้นนำไปสกัดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำสารสกัดที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman® No. 4 ก่อนที่จะนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (SciQuip, Germany) ที่อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต นำผงชาที่ได้มาวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds) ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Lambda Bio-20, Perkin Elmer, USA) ตามวิธีอ้างใน Horzic และคณะ (2000)

การผลิตช็อกโกแลตนมทำตามวิธีดัดแปลงของพิทยา (2558) โดยเติมผงชาและโพรไบโอติกผงที่เตรียมไว้ลงไป 0.05% และ 10% (w/w) ตามลำดับ เมื่อกวนส่วนผสมจนเข้ากันแล้ว ให้เทส่วนผสมทั้งหมดลง แท่นพิมพ์ขนาด 2 × 2 มม. แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นเพื่อให้ช็อกโกแลตแข็งตัว นำไปห่อด้วยแผ่นลามิเนทฟอยล์ จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน เก็บตัวอย่างทุกๆ 15 วัน เพื่อศึกษาการอยู่รอดของโพรไบโอติกโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง นอกจากนั้นยังศึกษาการรอดชีวิตของ โพรไบโอติกในระบบทางเดินอาหารจำลอง โดยทำตามวิธีอ้างในงานวิจัยของ Chaikham และคณะ (2013) การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiment) ทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์การทดลอง

Table 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ของ *L. casei* 01 ในช็อกโกแลตชุดการทดลองต่างๆ ภายใต้สิ่งแวดล้อมจำลองของทางเดินอาหาร เมื่อเปรียบเทียบผลของชาชนิดต่างๆ ต่ออัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติก พบว่า ชาทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลต่อการรอดชีวิตของโพรไบโอติก นอกจากนั้นยังไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างชุดควบคุม (ไม่มีส่วนผสมของชา) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p>0.05$) โดยมีจำนวนเซลล์ลดลง 6.32-6.56 log CFUs จากจำนวนเซลล์เริ่มต้น 9.17-9.53 log CFUs เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ -37 องศาเซลเซียส ครบ 6 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้พบว่าอัตราการรอด

ชีวิตของโพรไบโอติกที่เสริมลงไปในช็อกโกแลตมีค่าสูงกว่าอัตราการรอดชีวิตของเซลล์ในรูปอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ซึ่งงานวิจัยนี้ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ Laliic-Petronijevic และคณะ (2015) และ Possemiers และคณะ (2010)

เมื่อทำการเก็บรักษาตัวอย่างทุกชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่า อัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สูงกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่า *L. casei* 01 มีเซลล์ที่รอดชีวิตในช็อคโกแลตชาเขียว มากกว่าชาขาวและ ชาดำ และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดชาเขียว ชาขาว และชาดำ พบว่ามีปริมาณเท่ากับ 615.64±15.92, 480.01±10.47, 403.87±14.69 mg GAE/100 g ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Muniandy และคณะ (2016) ซึ่งพบว่าสารสกัดชาเขียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและประสิทธิภาพในการต้านการเกิดออกซิเดชันมากกว่าชาขาว และชาดำ ตามลำดับ คุณสมบัติดังกล่าวสามารถป้องกันเซลล์ของโพรไบโอติกจากออกซิเจนได้ และทำให้โพรไบโอติกมีอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Chaikham, 2015)

สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าชนิดของชาไม่มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของ *L. casei* 01 ในช็อกโกแลต ภายใต้สภาวะของสภาวะจำลองของกระเพาะและลำไส้เล็ก เมื่อเก็บรักษาช็อกโกแลตเสริมโพรไบโอติกและสารสกัดจากใบชาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า เซลล์ที่รอดชีวิตของโพรไบโอติกในช็อกโกแลตผสมชาเขียวมีจำนวนมากกว่าในช็อกโกแลตผสมชาขาว และชาดำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดชาแต่ละชนิด นอกจากนั้นยังพบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่งผลให้มีอัตราการสูญเสียของเซลล์ *L. casei* 01 มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

พิทยา ใจคำ, 2558, การรอดชีวิตของโพรไบโอติกในช็อกโกแลตชนิดแท่งในระหว่างเก็บรักษา, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 2558, 46(3)(พิเศษ): 661-664.

Fook, L.J., Fuller, R. and Gibson, G.R., 1999, Prebiotic, Probiotics and Human Gut Microbiology, International Dairy Journal, 9: 53-61.

Davis, C., 2014, Enumeration of Probiotic Strains: Review of Culture-dependent and Alternative Techniques to Quantify Viable Bacteria, Journal of Microbiological Methods, 103: 9-17.

FAO/WHO, 2001, Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Valuation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria, 1–4 October 2001, Cordoba, Argentina.

Chaikham, P., 2015, Stability of Probiotics Encapsulated with Thai Herbal Extracts in Fruit Juices and Yoghurt during Refrigerated Storage, Food Bioscience, 12: 61-66.

Chaikham, P., Apichartsrangkoon, A., Worametrachanon, S., Supraditareporn, W., Chokiatirote, E. and Van der Wiele, T., 2013, Activities of Free and Encapsulated *Lactobacillus acidophilus* LA5 or *Lactobacillus casei* 01 in Processed Longan Juices on Exposure to Simulated Gastrointestinal Tract, Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(9): 2229-2238.

Horzic, D., Komes, D., Belscak, A., Ganic, K.K., Ivekovic, D. and Karlovic, D., 2009, The Composition of Polyphenols and Methylxanthines in Teas and Herbal Infusions. Food Chemistry, 115: 441-448.

Laliic-Petronijevic, J., Popov-Raljic, J., Obradovic, D., Radulovic, Z., Paunovic, D., Petrušic, M. and Pezo, L., 2015, Viability of Probiotic Strains *Lactobacillus acidophilus* NCFM® and *Bifidobacterium lactis* HN019 and their Impact on Sensory and Rheological Properties of Milk and Dark Chocolates during Storage for 180 Days, Journal of Functional Foods, 15: 541-550.

Muniandy, P., Shorib, A.B. and Baba, A.S., 2016, Influence of Green, White and Black tea Addition on the Antioxidant Activity of Probiotic Yogurt during Refrigerated Storage, Food Packaging and Shelf Life, 8: 1-8.

Possemiers, S., Marzorati, M., Verstraete, W. and Van de Wiele, T., 2010, Bacteria and Chocolate: A Successful Combination for Probiotic Delivery, International Journal of Food Microbiology, 141: 97-103.

Table 1 Viable *Lactobacillus casei* 01 cells along with milk chocolates under simulated gastrointestinal environment during incubation at 37ºC for 6 h

Tea extracts	Survival cells (log CFU/ml) during incubation at 37ºC						
	Simulated stomach fluid					Simulated small intestinal fluid	
	0 h	0.5 h	1 h	1.5 h	2 h	4 h	6 h
Free cells	9.45±0.26^{aA}	6.18±0.41^{bB}	4.08±0.55^{bC}	2.31±0.27^{bD}	nd^{bE}	nd^{bE}	nd^{bE}
Control	9.17±0.35^{aA}	7.95±0.60^{aB}	6.14±0.34^{aC}	5.07±0.45^{aD}	4.42±0.38^{aE}	3.69±0.19^{aF}	2.85±0.27^{aG}
Green tea	9.53±0.19^{aA}	7.76±0.44^{aB}	6.35±0.28^{aC}	5.14±0.13^{aD}	4.60±0.61^{aE}	3.88±0.20^{aF}	3.04±0.36^{aG}
Black tea	9.46±0.20^{aA}	7.80±0.87^{aB}	6.27±0.31^{aC}	5.06±0.52^{aD}	4.39±0.44^{aE}	3.94±0.33^{aF}	2.90±0.45^{aG}
White tea	9.40±0.41^{aA}	7.77±0.71^{aB}	6.20±0.75^{aC}	5.11±0.45^{aD}	4.41±0.36^{aE}	3.75±0.40^{aF}	3.01±0.35^{aG}

Means in the same column or row followed by the same lowercase or capital letters respectively are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications.

Table 2 Viable cells of *L. casei* 01 in milk chocolate containing tea extracts during storage for 60 days

Tea extracts	Survival cells (log CFU/ml) during storage					Cell reduction (log CFUs)
	Initial stage	Day 15	Day 30	Day 45	Day 60	
Storage at 4ºC						
Control	10.63±0.40^{aA}	8.80±0.28^{abB}	7.45±0.42^{bC}	6.84±0.27^{cD}	5.51±0.50^{cdE}	5.12^{b}
Green tea	10.75±0.31^{aA}	9.17±0.31^{aB}	8.56±0.35^{aC}	8.18±0.25^{aC}	7.20±0.32^{aD}	3.55^{e}
Black tea	10.38±0.25^{aA}	8.93±0.53^{aB}	8.15±0.57^{aBC}	7.26±0.53^{bcC}	6.24±0.28^{bD}	4.14^{d}
White tea	10.50±0.33^{aA}	9.01±0.47^{aB}	8.22±0.61^{aBC}	7.53±0.45^{bC}	6.41±0.44^{bD}	4.09^{d}
Storage at 25ºC						
Control	10.71±0.27^{aA}	7.55±0.50^{cB}	5.37±0.44^{dC}	4.90±0.33^{eCD}	4.34±0.51^{eD}	6.37^{a}
Green tea	10.64±0.56^{aA}	8.23±0.43^{bcB}	6.98±0.51^{bcC}	6.53±0.21^{cdCD}	6.01±0.40^{bcD}	4.63^{c}
Black tea	10.50±0.59^{aA}	7.85±0.38^{cB}	6.20±0.46^{cC}	6.04±0.50^{dCD}	5.27±0.57^{dD}	5.32^{b}
White tea	10.62±0.44^{aA}	7.91±0.43^{cB}	6.29±0.39^{cC}	6.12±0.44^{dC}	5.38±0.25^{dD}	5.42^{b}

Means in the same column or row followed by the same lowercase or capital letters respectively are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications.

ผลของนมถั่วเหลืองต่อการเจริญของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus*

Effect of Soy Milk on the Growth of Probiotic Bacterial Species *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus*

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] **และ พริมา พิริยางกูร**[2]
Poubol, J.[1], and Phiriyangkul, P.[2]

Abstract

This research was studied on the growth of probiotic bacteria species *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1338) in soy milk stored at 4°C. Sterile soy milks were mixed with each probiotic bacterial species at an initial cell of 9.1 Log CFU/ml. They were filled in a 220 ml sterile plastic bottle. Caps were sealed and kept in refrigerator at 4°C. Microorganisms in soy milk were enumerated every week. At an initial day of storage, soy milk had *L. casei* and *L. acidophilu*s of 9.3 and 9.4 Log CFU/ml, respectively. After storage at 4°C, *L. casei* and *L. acidophilu*s were decreased during storage (4 weeks). Whereas, total microbial, coliforms, yeasts and molds were slightly increased with the counts was below to the detection level (2.4 Log CFU/ml). Soy milk had a shelf life of 3 weeks as consideration of probiotic product.
Keywords: soy milk, probiotic bacteria, probiotic product

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเจริญของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และ *Lactobacillus acidophilu*s (TISTR 1338) ในนมถั่วเหลืองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยนำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาผสมกับเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ซึ่งปริมาณเชื้อเริ่มต้น 9.1 Log CFU/ml จากนั้นบรรจุ ลงในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 220 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ในนมถั่วเหลืองทุกสัปดาห์ ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาพบว่านมถั่วเหลือง มีปริมาณเชื้อ *L. casei* และ *L. acidophilu*s เริ่มต้นเท่ากับ 9.3 และ 9.4 Log CFU/ml ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อ *L. casei* และ *L. acidophilu*s มีปริมาณลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (4 สัปดาห์) ในขณะที่จุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่เกินปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (2.4 Log CFU/ml) เมื่อพิจารณาถึงความเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบไอติกพบว่านมถั่วเหลืองมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 3 สัปดาห์
คำสำคัญ: นมถั่วเหลือง โพรไบโอติกแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก

คำนำ

นมถั่วเหลืองจัดเป็นอาหารที่ให้โปรตีนชนิดหนึ่งซึ่งได้จากพืช จึงเหมาะสำหรับผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัติและผู้ที่ไม่สามารถบริโภคน้ำนมโคได้ การนำนมถั่วเหลืองมาประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารโพรไบโอติก (probiotic) โดยเติมจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตนมหมักลงไป จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่ไม่สามารถบริโภคผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ทำจากนมโคได้ โดยผู้ที่บริโภคอาหาร probiotic จะมีสุขภาพดี (FAO/WHO, 2001) จุลินทรีย์โพรไบโอติกที่นิยมใช้ในกระบวนการหมัก ได้แก่ จุลินทรีย์ในกลุ่มของ Lactobacilli และ Bifidobacteria (Aguirre และ Collins, 1993; Felis และ Dellaglio, 2007) โดยผลิตภัณฑ์อาหารโพรไบโอติก 1 กรัม จะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ไม่น้อยกว่า 10^6 CFU ตลอดอายุการเก็บรักษาของอาหาร (กระทรวงสาธารณสุข, 2554) ปัจจุบันมีรายงานการประยุกต์ใช้ผลิตผลทางการเกษตร เช่น ผัก ผลไม้ และเมล็ดธัญพืช เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารโพรไบโอติกเพื่อทดแทนการใช้นมโค (Martins และคณะ,

[1] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

2013) โดยพบว่าวัตถุดิบดังกล่าวประกอบด้วยวิตามิน แร่ธาตุ ใยอาหาร (Gebbers, 2007) และสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งพบว่าสามารถช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งในลำไส้ได้ (Ali และคณะ, 2014) ดังนั้นการนำเมล็ดธัญพืชเช่นถั่วเหลืองมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารโพรไบโอติก นอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนสูงแล้วยังมีแร่ธาตุ วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย ดังนั้นจึงช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์ probiotic ได้

มีรายงานว่าผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิด สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์โพรไบโอติกหลายสายพันธุ์ เช่น มะระ น้ำเต้า และแครอทสามารถนำมาใช้เลี้ยงเชื้อ *Lactobacillus plantarum* (Sharma และ Mishra, 2013) น้ำส้มและน้ำสับปะรดสามารถใช้เลี้ยงเชื้อ *Lactobacillus paracasei* (Sheehan และคณะ, 2007) น้ำมะละกอสามารถใช้เลี้ยงเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2558) น้ำนมข้าวโพดสามารถใช้เลี้ยงเชื้อ *Lactobacillus delbruekii*, *Streptococcus salivarus* และ *Lactobacillus casei* (Yasni และ Maulidya, 2014) และชาเขียวสามารถนำมาใช้ในการเลี้ยงเชื้อ *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (Lopez de Lacey และคณะ, 2014) ได้ มีรายงานการประยุกต์ใช้นมถั่วเหลืองโดยผสมกับอาหารเสริมชนิดต่าง ๆ เช่น fructooligosaccharides, inulin, mannitol, maltodextrin และ pectin ในการเลี้ยงเชื้อ *Lactobacillus* sp. *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium* sp. โดยพบว่านมถั่วเหลืองที่ผสม fructooligosaccharides, mannitol และ maltodextrin สามารถกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ในนมถั่วเหลืองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Yeo และ Liong, 2010) งานวิจัยนี้สนใจศึกษาถึงความสามารถในการเจริญของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ในนมถั่วเหลืองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมนมถั่วเหลืองและการเตรียมเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรีย

ศึกษาการเจริญของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1338) ในนมถั่วเหลืองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยปั่นถั่วเหลืองเลาะเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน กับน้ำในอัตราส่วนถั่วเหลือง 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 10 ลิตร โดยเติมเกลือป่น ½ ช้อนชา จากนั้นกรองผ่านผ้าขาวบางแล้วนำไปต้มจนนมถั่วเหลืองเดือด ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติมเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ลงไปในนมถั่วเหลืองแต่ละตัวอย่างเพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^8 CFU/ml จากนั้นผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุลงในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 220 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรีย จุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และกรดแลคติกในนมถั่วเหลืองทุกสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์

2. การตรวจหาจุลินทรีย์ กรดแลคติก และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในนมถั่วเหลือง

ดูดนมถั่วเหลืองปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดที่บรรจุสารละลาย peptone water ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นทำ dilution plate count สำหรับเพาะเลี้ยงโพรไบโอติกแบคทีเรีย จุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ตามวิธีการอ้างในจุฑาทิพย์ และคณะ (2558) ตรวจนับจำนวนโคโลนีที่พบใน จานอาหารเลี้ยงเชื้อ หาค่าเฉลี่ยของโคโลนีที่นับได้และรายงานผลเป็น Log Colony Forming Unit ต่อมิลลิลิตร (Log CFU/ml) วัดปริมาณกรดแลคติกในนมถั่วเหลืองโดยไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน NaOH เข้มข้น 0.1 โมลาร์ โดยมี phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์ และตรวจวัดค่า pH โดยใช้ pH meter (ORION Model 420A, Thailand) วางแผนการทดลองแบบ randomized completely block designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญของจุลินทรีย์ ค่า pH และกรดแลคติกในนมถั่วเหลือง

ภายหลังจากที่เติมเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* พบว่านมถั่วเหลืองมีปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรียเริ่มต้นเท่ากับ 9.3 และ 9.4 Log CFU/ml ตามลำดับ (Figure 1A) เมื่อนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* มีปริมาณลดลงอย่างช้า ๆ ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยเชื้อ *Lactobacillus casei* มีปริมาณลดลงมากกว่าเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในช่วง 3 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา

พบว่านมถั่วเหลืองมีปริมาณเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ที่ยังมีชีวิตเหลืออยู่เท่ากับ 7.3 และ 8 Log CFU/ml ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานวิจัยที่ระบุว่าเชื้อ *Lactobacillus casei* สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 สัปดาห์ โดยมีปริมาณเชื้อมากกว่า 8 Log CFU/ml ซึ่งสูงกว่าเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* ที่มีปริมาณเชื้อเหลืออยู่ประมาณ 6 Log CFU/ml (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2558) อย่างไรก็ตาม Sharma และ Mishra (2013) รายงานว่าเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นจาก 6 Log CFU/ml เป็น 8 Log CFU/ml เมื่อเลี้ยงในน้ำผักผสม (มะระ น้ำเต้า และแครรอท) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 ชั่วโมง ในขณะที่ Guergoletto และคณะ (2010) พบว่าเชื้อ *Lactobacillus casei* มีปริมาณลดลงเมื่อเลี้ยงในรำข้าวโอ๊ค (oat bran) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และปริมาณเชื้อจะลดลงมากขึ้นเมื่อบ่มที่อุณหภูมิสูงขึ้น (25 และ 40 องศาเซลเซียส) Yeo และ Liong (2010) รายงานว่าเชื้อ *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus* sp., *Bifidobacterium longum* และ *Bifidobacterium* sp. สามารถเจริญได้ดีในนมถั่วเหลืองที่ผสมอาหารเสริมชนิดต่าง ๆ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเชื้ออยู่ในช่วง 7.08-9.10 Log CFU/ml เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา พบว่านมถั่วเหลืองในทุกชุดการทดลองมีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure1B-D) โดยมีค่าไม่เกินปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (2.4 Log CFU/ml) เช่นเดียวกับที่ตรวจพบในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2558) จะเห็นได้ว่าการเจริญของเชื้อโพรไบโอติกแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งอาหาร (พรีไบโอติก)

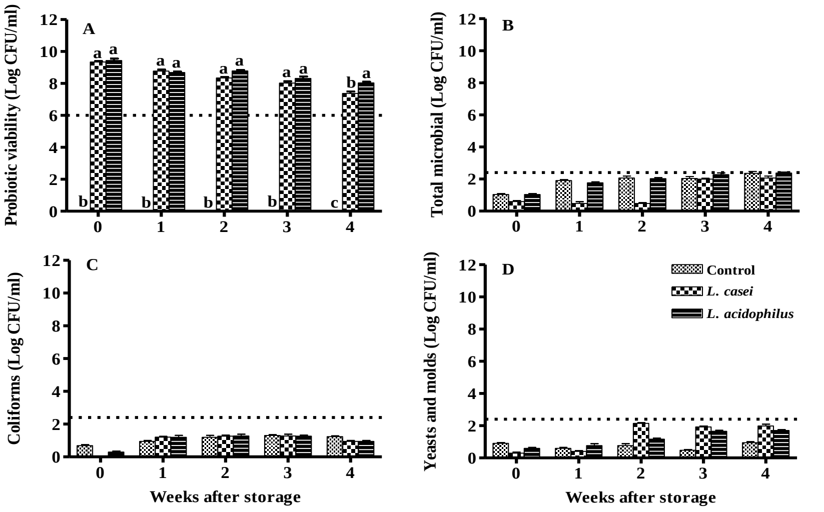


Figure 1 Probiotic viability (A), total microbial (B), coliforms (C), yeasts and molds of soymilk stored at 4°C for 4 weeks. Dotted line represents that microbial counts were below to the detection level

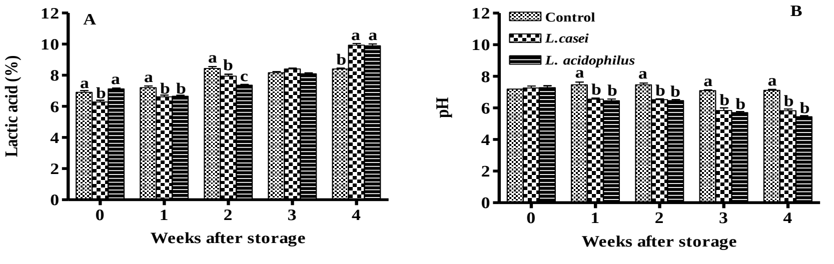


Figure 2 Lactic acid (A) and pH (B) of soymilk stored at 4°C for 4 weeks

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษานมถั่วเหลืองมีปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติกอยู่ในช่วงร้อยละ 6.2-7.1 (Figure 2A) และมีค่า pH อยู่ในช่วง 7.2-7.3 (Figure 2B) ภายหลังจากที่เก็บรักษานมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่านมถั่วเหลืองมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีค่า pH ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่านมถั่วเหลืองที่เติมเชื้อโพรไบโอติก *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็น 9.99 และ 9.90 ในขณะที่มีค่า pH เท่ากับ 5.8 และ 5.4 ตามลำดับ ซึ่งการลดลงของค่า pH เป็นผลมาจากเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกขึ้นในระหว่างที่เกิดกระบวนการหมัก เช่นเดียวกับที่ตรวจพบการ

เปลี่ยนแปลงดังกล่าวในน้ำนมข้าวโพดที่หมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus delbruekii*, *Streptococcus salivarus* และ *Lactobacillus casei* ซึ่งโพรไบโอติกแบคทีเรียสามารถหมักน้ำตาลซูโครส กลูโคส และแลคโตส ให้เป็นกรดแลคติกและกรดอินทรีย์อื่น ๆ ได้จึงทำให้ค่า pH ลดต่ำลง (Yasni และ Maulidya, 2014)

สรุปผล

นมถั่วเหลืองที่ผสมเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* สามารถคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้นานกว่า 4 สัปดาห์ โดยเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* มีการเพิ่มจำนวนที่มากกว่าและสามารถทนต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีกว่า ดังนั้นจึงมีชีวิตอยู่ได้ในนมถั่วเหลืองสูงกว่าเชื้อ *Lactobacillus casei*

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2559 และขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข, 2554, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร พ.ศ. 2554, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128 ตอนพิเศษ 86 ง, หน้า 21-25.

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล นันท์นภัส ขาโต และ พริมา พิริยางกูร, 2558, การมีชีวิตอยู่รอดของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3)(พิเศษ):125-128.

Aguirre, M., and Collins, M.D., 1993, Lactic Acid Bacteria and Human Clinical Infection, Journal of Applied Bacteriology, 75: 95-107.

Ali, A., Ong, M.K., and Forney, C.F., 2014, Effect of Ozone Pre-Conditioning on Quality and Antioxidant Capacity of Papaya Fruit During Ambient Storage, Food Chemistry, 142: 19–26.

FAO/WHO, 2001, Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk With Live Lactic Acid Bacteria. Cordoba, Argentina: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization of the United Nations and World Health Organization Expert Consultation Report.

Felis, G.E., and Dellaglio, F., 2007, Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria, Current Issues in Intestinal Microbiology, 8: 44-61.

Gebbers, J.O., 2007, Atherosclerosis, Cholesterol, Nutrition, and Statins: A Critical Review, German Medical Science, 5: 1-11.

Guergoletto, K.B., Magnani, M., and Martin, J.S., 2010, Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) Adhered to Prebiotic Vegetal Fibers, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 415-421.

Lopez de Lacey, A.M., Perez-Santin, E., Lopez-Caballero, M.E., and Montero, P., 2014, Survival and Metabolic Activity of Probiotic Bacteria in Green Tea, LWT-Food Science and Technology, 55: 314-322.

Martins, E.M.F., Ramos, A.M., Vanzela, E.S.L., Stringheta, P.C., Pinto, C.L. de O., and Martins, J.M., 2013, Review: Products of Vegetable Origin: A New Alternative for the Consumption of Probiotic Bacteria, Food Research International, 51: 764–770.

Sharma, V., and Mishra, H.N., 2013, Fermentation of Vegetable Juice Mixture by Probiotic Lactic Acid Bacteria, Nutrafoods, 12:17-22.

Sheehan, V.M., Ross, P., and Fitzgerald, G.F., 2007, Assessing the Acid Tolerance and the Technological Robustness of Probiotic Cultures for Fortification in Fruit Juices, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 8:279–284.

Yasni, S., and Maulidya, A., 2014, Development of Corn Milk Yoghurt Using Mixed Culture of *Lactobacillus delbruekii*, *Streptococcus salivarus*, and *Lactobacillus casei*, HAYATI Journal of Biosciences, 21: 1-7.

Yeo, S.K., and Liong, M.T., 2010, Effect of Prebiotics on Viability and Growth Characteristics of Probiotics in Soymilk, Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 267-275.

การวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของสารให้ความหวานของพืช 3 ชนิดในผลิตภัณฑ์ตรีผลา

Qualitative and Quantitative Analysis of Natural Sweeteners from Three Plant Species in Triphala Products

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

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

Abstract

Natural sweetener extraction of Triphala Formula consisting of three plant species; Emblica (*Phyllanthus emblica* L.), Yellow-Myrobalan (*Terminalia chebula* Retz.) and Bastard-Myrobalan (*Terminalia bellirica* Roxb.), were conducted. Ethanolic extracts of Yellow-Myrobalan gave the highest yield (10.35%), while the lowest yield (2.88%) was found in Emblica extract. For aqueous extracts, the highest yield (6.44%) was from Bastard-Myrobalan, and two extracts either Yellow-Myrobalan or Emblica gave the lowest yield (5.83%). When thin layer chromatography (TLC) and spectrophotometry were used for qualitative and quantitative analyses, results showed that flavonoids, saponins and terpenoids were the major sweetness compounds found in these plants. The highest flavonoid content (7.644±0.310 mgCE/gDW) found in ethanolic Yellow-Myrobalan extracts. However, the highest saponin content (51.667±0.952 mgEE/gDW) and total sugar content (148.750±3.083 mg/gDW) were found in aqueous Bastard-Myrobalan and Yellow-Myrobalan extracts, respectively. Moreover, sugar composition, identified by High-Performance-Liquid-Chromatography-Evaporating-Light-Scattering-Detector (HPLC-ELSD), demonstrated that glucose and sucrose were the main sugars in three plant extracts.

Keywords: thin layer chromatography, sweeteners, HPLC-ELSD

บทคัดย่อ

ศึกษาการสกัดสารให้ความหวานจากผลของมะขามป้อม สมอไทย และสมอพิเภกจากตำรับตรีผลา สารสกัดเอทานอลของสมอไทยมีร้อยละผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 10.35) ขณะที่สารสกัดจากมะขามป้อมมีค่าต่ำที่สุด (ร้อยละ 2.88) สำหรับสารสกัดน้ำ สมอพิเภกให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 6.44) ขณะที่สารสกัดจากมะขามป้อมและสมอไทยมีค่าต่ำที่สุดเท่ากัน (ร้อยละ 5.83) ซึ่งสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิดที่สกัดด้วยเอทานอลและน้ำ จะมีสารฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และเทอร์ปีนอยด์ เป็นสารให้ความหวานหลัก เมื่อวิเคราะห์นี้ วิธีทินเลเยอร์โครมาโตกราฟีซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและใช้วิธีสเปกโตรโฟโตมิทรีซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยพบว่าสารสกัดเอทานอลของสมอไทยมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุด (7.644±0.310 mgCE/gDW) สารสกัดน้ำของสมอพิเภกมีปริมาณซาโปนินสูงที่สุด (51.667±0.952 mgEE/gDW) และสารสกัดน้ำของสมอไทยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด (148.750±3.083 mg/gDW) นอกจากนี้ องค์ประกอบน้ำตาลในสารสกัดวิเคราะห์โดยวิธี High-Performance-Liquid-Chromatography-Evaporating-Light-Scattering-Detector (HPLC-ELSD) พบว่า น้ำตาลกลูโคสและซูโครส เป็นองค์ประกอบหลักของพืชทั้ง 3 ชนิดนี้

คำสำคัญ: ทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี สารให้ความหวาน HPLC-ELSD

Introduction

Low-calorie sweeteners are commonly-used substitutes for caloric sugars such as high-fructose corn syrup and sucrose, which their role in weight management and health remain a topic of continued controversy (Whitehouse et al., 2008). Therefore, the non-nutritive natural sweeteners, the alternative for substitute the synthetic sweeteners, have been searching continuously for the new sweetener. However, the non-nutritive natural sweeteners might be classified into many phytochemical groups such as terpenoids, flavonoids and saponins (Surana et al., 2006).

Triphala, a common remedy in the Ayurvedic traditional system of medicine, is an herbal formula consisted of the same proportion of the dried fruits of *Phyllanthus emblica* L. (family: Euphorbiaceae), *Terminalia*

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

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

chebula Retz. (family: Combretaceae), and *Terminalia bellirica* Roxb. (family: Combretaceae) (Khushtar et al., 2015). These plants are commonly used as the herbal fruits of Thailand, which has been prescribed for various complications, including diabetes, diarrhea and dysentery (Krishnaveni and Mirunalini, 2010). Moreover, some studies report that these plants consist of the sweet taste, but the sweetness compounds have not been elucidated. Therefore, the aim of this study was to study the main sweetness compounds from these fruit plants which their qualitative analyses by thin layer chromatography (TLC), and quantitative analyses by spectrophotometric method. The sugar contents were identified by High-Performance-Liquid-Chromatography-Evaporating-Light-Scattering-Detector (HPLC-ELSD).

Materials and Methods

Sample preparations

Dried Thai Triphala plants including fruit of Emblica (*Phyllanthus emblica* L.), Yellow Myrobalan (*Terminalia chebula* Retz.) and Bastard Myrobalan (*Terminalia bellirica* Roxb.) were purchased from local market in Bangkok, Thailand. Three dried fruits were pulverized and sieved through a 40-mesh, then proximate analysis was performed as follows: moisture, ash, protein, lipid, fiber and carbohydrate by AOAC method (2000). The dried powder samples were used for extraction.

Solvent extraction

Thai dried fruit powders (10 g) were extracted with water (100 mL) at 80ºC compared with 95% ethanol (100 mL) at room temperature for 24 hr. The extracts were filtered and removed the solvent. The extracts were analyzed for percentage yield, qualification of main sweetness compounds by TLC and quantification of main sweetness compounds by spectrophotometric method.

Identification of sweetness compounds by thin layer chromatography (TLC)

Aqueous and ethanolic extracts were identified the main sweetness compounds consisted in forms of sugars, terpenoids, flavonoids, and saponins by TLC. TLC was performed on 0.2 mm thickness pre-coated silica gel plates. TLC60F254 (20cm×20 cm) were used for the qualification of the main sweetness compounds, using the method of Miroslaw and Monika (2008); Eljan et al. (2008); Sharma et al. (2012); Hajnos (2008); Rita et al. (2008) and Thales et al. (2008), respectively.

Quantitative analysis the sweetness compounds by spectrophotometric method

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

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

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

Results and Discussion

Proximate compositions of three Thai fruits are shown in Table 1. Bastard Myrobalan had the highest protein content (4.95%). Fiber content of Emblica was the greater (25.67%) than Yellow Myrobalan and Bastard Myrobalan (24.67 and 15.27%, respectively). Carbohydrate content of Bastard Myrobalan was the highest (65.82%), followed by Emblica (62.60%), and Yellow Myrobalan (58.29%). The aqueous and ethanolic yields of three fruits in Triphala formula are showed in Table 2, which ethanolic extraction gave a greater yield than water extraction, except Emblica extract. The aqueous extracted yield ranged between 5.83% to 6.44%, which extracted yield of Bastard Myrobalan was the highest (6.44%), and yields of Emblica and Yellow Myrobalan were 5.83, and 5.83%. However, the highest yield of ethanolic was in Yellow Myrobalan extract (10.35%) and ethanolic Emblica extract had the lowest yield of 2.88%.

Phytochemical analyses by qualification and quantification of the three plant extracts (Table 3 and Table 4) indicated the presence of diverse classes of secondary metabolites which have been implicated by various studies to be responsible for natural sweeteners of medicinal plant extracts, including flavonoids, saponins, terpenoids and sugars (Surana et al., 2006). For quantification, the sugar contents in the aqueous extracts were higher than the ethanolic extracts because the sugar molecules are absolutely dissolved in water. Flavonoid and saponin contents in aqueous and ethanolic extracts were varied, depending on aglycone and the number of glycones on the structures (Marston and Hostettman, 2006; Doughari, 2012). Major sugars of all plant aqueous extracts were fructose and glucose (Table 5), which might be the main glycone structure of natural sweeteners. Xylose and arabinose were slightly found in Emblica extracts. Sucrose only was found in Yellow Myrobalan extracts (15.04 mg/gDW) and xylose and arabinose were not found in Yellow Myrobalan and Bastard myrobalan extracts.

Summary

Emblica, Yellow Myrobalan and Bastard Myrobalan in aqueous and ethanolic extracts contained flavonoids, saponins, terpenoids, which used as natural sweeteners. The main sugars of all plants were glucose and fructose. These plants extracts are potential to use as natural sweeteners. However, more information is necessary to investigate in sweetening properties and structure characterization of the compounds containing in these plants.

Acknowledgements

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

Table 1 Chemical composition of three Thai plant fruits as the natural sweeteners (%dry weight basis)

Plants	Moisture	Ash	Protein	Lipid	Fiber	Carbohydrate
Emblica	7.17±0.07	1.63±0.15	2.52±0.19	0.41±0.19	25.67±0.70	62.60
Yellow Myrobalan	8.78±0.03	3.77±0.32	3.91±0.47	0.59±0.05	24.67±0.42	58.29
Bastard Myrobalan	8.94±0.06	4.40±0.30	4.95±0.30	0.63±0.31	15.27±0.23	65.82

Table 2 Percentage yields of Thai plant fruit extracts.

Parameters	Emblica		Yellow Myrobalan		Bastard Myrobalan	
	H_2O	EtOH	H_2O	EtOH	H_2O	EtOH
Yield (%)	5.83	2.88	5.83	10.35	6.44	6.88

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

Plants	Flavonoids		Saponins		Terpenoids		Sugars	
	EtOH	H_2O	EtOH	H_2O	EtOH	H_2O	EtOH	H_2O
Emblica	+	+	+	+	+	+	+	+
Yellow Myrobalan	+	+	+	+	+	+	+	+
Bastard Myrobalan	+	+	+	+	+	+	+	+

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

Table 4 Quantitative analysis of main sweetness compounds from Thai plant fruit extracts by spectrophotometric method

Plants	Flavonoids[a]		Saponins[b]		Total Sugars[c]	
	EtOH	H_2O	EtOH	H_2O	EtOH	H_2O
Emblica	5.19±0.25	5.56±0.17	26.57±0.53	21.77±0.42	24.50±2.50	102.33±0.92
Yellow Myrobalan	7.64±0.31	5.41±0.20	36.93±1.11	19.23±0.71	122.71±5.46	148.75±3.08
Bastard Myrobalan	7.07±0.27	4.02±0.41	31.60±0.52	51.67±0.95	123.54±4.77	110.83±4.11

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

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

Plants	Type of sugar (mg/ g DW)					
	Ribose	Xylose	Arabinose	Fructose	Glucose	Sucrose
Emblica	6.05	1.53	1.79	14.90	11.04	-
Yellow Myrobalan	5.74	-	-	58.95	71.35	15.40
Bastard Myrobalan	4.41	-	-	41.32	34.67	-

Literature Cited

AOAC, 2000, Association of official analytical chemists, 14, Washington D.C., Pages.

Chen, Y.-F., Roan, H.-Y., Lii, C.-K., Huang, Y.-C., and Wang, T.-S., 2011, Relationship between antioxidant and antiglycation ability of saponins, polyphenols, and polysaccharides in chinese herbal medicines used to treat diabetes, Journal of Medicinal Plants Research, 5(11): 2322-2331.

Dini, I., 2011, Flavonoid glycosides from *Pouteria obovata* (R. Br.) fruit flour, Food Chemistry, 124(3): 884-888.

Doughari, J. H., 2012, Phytochemicals – a global perspective of their role in nutrition and health, InTech. 1-32.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P. and Smith, F., 1956, Colorimetric method for determination of sugars and related substances, Analytical Chemistry, 28(3): 350-356.

Eljan, M., Ana, M., Marica, M.A. and Ivona, J., 2008, Application of TLC in the isolation and analysis of flavonoids, in thin layer chromatography in phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Hajnos, M.L, 2008, TLC of diterpenes, in thin layer chromatography in phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Hiai, S., Oura, H. and Nakajima, T., 1976, Color reaction of some sapogenins and saponins with vanillin and sulfuric acid, Planta Medica, 29(2): 116-122.

Jovanovic-Malinovska, R., Kuzmanova, S. and Winkelhausen, E., 2015, Application of ultrasound for enhanced extraction of prebiotic oligosaccharides from selected fruits and vegetables, Ultrasonics Sonochemistry, 22: 446-453.

Khushtar, M., Siddiqui, H., H., Dixit, R., K., Khan, S., Iqbal, D. and Rahman, Md., A., 2015, Amelioration of gastric ulcers using a hydro-alcoholic extract of Triphala in indomethacin-induced Wistar rats, European Journal of Integrative Medicine, Article in Press.

Krishnaveni, M. and Mirunalini, S., 2010, Therapeutic Potential of *Phylantalus Emblica* (Amla): the ayurverdic wonder, Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology, 21(1): 93-105.

Marston, A. and Hostettman, K., 2006, flavonoids: chemistry, biochemistry and applications, CRC Press, Boca Raton, USA.

Miroslaw, A.H. and Monika, W.-H., 2008, Application of TLC in the isolation and analysis of coumarins, in thin layer chromatography in phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Rita, R., Simla, B. and Angelika, K., 2008, TLC of mono- and sesquiterpenes, in thin layer chromatography in phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Sharma, O.P., Kumar, N., Singh, B. and Bhat, T.K., 2012, An improved method for thin layer chromatographic analysis of saponins, Food Chemistry, 132(1): 671-674.

Surana, S.J., Gokhale, S.B., Rajmane, R.A. and Jadhav, R.B., 2006, Non-saccharide natural intense sweeteners – an overview of current status, Natural Product Radiance, 5(4): 270-278.

Thales, R.C., Lauro, M.d.S., Marcello, I. and Guilherme, L.S., 2008, TLC of carbohydrates, in thin layer chromatography in phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

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

สภาวะที่เหมาะสมของการสกัดพรีไบโอติกส์จากเปลือกด้านในของทุเรียน

Optimization of the Prebiotics Extraction from Inner Rinds of Durian

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] ญาณาทิป เงาภู่ทอง[1] และ ภัทรา มาตรง[1]

Tanganurat, P.[1], Ngaoputong, Y.[1] and Matrong, P.[1]

Abstract

The optimum condition of prebiotic extraction from inner rinds of durian and its potential effects was investigated. Distilled water and 95% ethanol with dried sample to solvent ratios of 1:8 and 1:15 w/v were treated. Based on obtained yields of extracts, the optimal condition of distilled water with dried sample to solvent ratio of 1:15 was used for studying extraction times (60, 120 and 180 minutes) and extraction temperature (30, 50 and 60°C). Extracted prebiotic was determined the total solids (%yield), total sugar, reducing sugar and non-reducing sugar. Results showed that the optimal condition was at 30°C for 180 minutes, which gave maximal concentration of non-reducing sugars (23.74 mg/g dry extract). Extracted prebiotic was then used for replacing the carbohydrate source of MRS broth which it could enhance the growth of *Lactobacillus plantarum*, similar as the MRS medium.

Keywords: prebiotic, extraction, durian rind

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะเหมาะสมของการสกัดพรีไบโอติกส์จากเปลือกด้านในของทุเรียน และตรวจสอบความเป็นพรีไบโอติกส์ โดยใช้น้ำกลั่น และ 95% เอธานอล และใช้อัตราส่วนของตัวอย่างแห้งต่อตัวทำละลาย 1:8 และ 1:15 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมจากผลผลิตของสารสกัดที่ได้ คือ การใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย และอัตราส่วนของตัวอย่างแห้งต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:15 ซึ่งเมื่อนำมาศึกษาผลของระยะเวลา (60, 120 และ 180 นาที) และอุณหภูมิ (30, 50 และ 60°C) ในการสกัด จากผลของร้อยละผลผลิต น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลนอนรีดิวซ์ พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 180 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมให้น้ำตาลนอนรีดิวซ์สูงที่สุด (23.74 มิลลิกรัมต่อกรัมสารสกัด) แล้วนำสารสกัดไปใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร MRS broth ซึ่งสารสกัดพรีไบโอติกส์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ได้เช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS

คำสำคัญ: พรีไบโอติกส์ การสกัด เปลือกทุเรียน

คำนำ

พรีไบโอติก (prebiotic) คือสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีกลุ่มโมโนแซคคาไรด์ตั้งแต่ 3 หน่วยขึ้นไป ได้แก่ โอลิโกแซคคาไรด์และโพลีแซคคาไรด์ เช่น ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ กาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และอินนูลิน (สุพจน์, 2552) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโต และกิจกรรมของจุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่ (Machado และคณะ, 2015) โดยเฉพาะจุลินทรีย์โปรไบโอติก (probiotic) ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้ช่วยในการย่อยและการดูดซึมสารอาหารเข้าสู่ร่างกาย กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร (Rutella และคณะ, 2016) การรับประทานอาหารในกลุ่มพรีไบโอติกจะช่วยกระตุ้นและส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์โปรไบโอติก (Chaito และ Judprasong, 2014; Li และคณะ, 2015)

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว มีส่วนผสมของสารระเหยที่ประกอบไปด้วยเอสเทอร์ คีโตน สารประกอบกำมะถัน และยังพบว่าเปลือกของทุเรียนมีปริมาณโพลีแซคคาไรด์อยู่มาก (ธิติรัตน์ และสุนันท์, 2541; โศรดา และคณะ, 2553) แต่มีผู้สนใจสกัดพรีไบโอติกส์จากเปลือกทุเรียนน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดพรีไบ

---

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

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

โอติกส์จากเปลือกทุเรียนโดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน แปรอัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนกับตัวทำละลาย อุณหภูมิและเวลาในการสกัดที่มีต่อปริมาณสารพรีไบโอติกส์ที่สกัดได้ และศึกษาคุณสมบัติการเป็นพรีไบโอติกส์ต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดปริมาณของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเปลือกทุเรียน

คัดเลือกเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยเลือกเปลือกที่มีค่าความสว่าง (L*) ช่วงระหว่าง 18.4 ถึง 26.3 นำเปลือกทุเรียนเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อสีขาวมาล้างทำความสะอาด หั่นให้มีขนาด 2-10 มิลลิเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นเริ่มต้นของเปลือกทุเรียนจาก 98% เหลือความชื้น 2-4% หลังอบแห้งแล้ว

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของตัวทำละลายและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดพรีไบโอติกส์

นำเปลือกทุเรียนอบแห้ง 15 กรัม มาสกัดพรีไบโอติกส์โดยแปรชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำและเอทานอลเข้มข้น 95% และอัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนแห้งต่อปริมาณตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:8 และ 1:15 สกัดเป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 60°C การวางแผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in Completely randomized design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ นำสารละลายที่ได้มากรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบ นาน 3 นาที นำสาร ละลายส่วนใส (supernatant) ที่ได้จากการสกัดด้วยไประเหยตัวทำละลายด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปทำแห้งด้วยเครื่อง Freeze dryer (ดัดแปลงตามวิธีการของสุพจน์, 2552) คำนวณ %yield ของสารสกัดหลังจากทำแห้ง ต่อน้ำหนักแห้งเริ่มต้นของเปลือกทุเรียน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดพรีไบโอติกส์

จากการทดลองที่ 1 เลือกทรีตเมนต์ที่มี %Yield สูงที่สุด เพื่อนำมาศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดพรีไบโอติกส์ โดยแปรอุณหภูมิของการสกัดเท่ากับ 30, 50, 60°C และเวลา 60, 120 และ180 นาที วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ และนำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ด้วยวิธี Phenol sulfuric method (Dobois และคณะ, 1956) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Modified dinitrosalicylic acid method (Miller, 1959) ปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์ (non reducing sugar) ของน้ำตาลในกลุ่มโอลิแซกคาไรด์ และโพลีแซคคาไรด์ โดยสามารถคำนวณได้จากผลต่างของน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์

จากนั้นนำสารสกัดที่มีปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์สูงที่สุดมาทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของ *Lactobacillus plantarum* M29 ซึ่งแยกได้จากมะม่วงดอง (วินี, 2553) เปรียบเทียบระหว่างอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS กับอาหารเลี้ยงเชื้อที่เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสในสูตรอาหารเป็นสารสกัดจากเปลือกทุเรียนเป็นแหล่งคาร์บอนแทน (ดัดแปลงจาก Li และคณะ, 2015) เขี่ยเชื้อลงในอาหารเหลวทั้งสองชนิด และบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมา pour-plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Least Significant Difference (LSD) วิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) โดยโปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของชนิดตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนกับตัวทำละลายต่อปริมาณสารสกัดที่ได้

จากการสกัดพรีไบโอติกส์จากเปลือกทุเรียน โดยเปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลาย (น้ำกลั่น และเอทานอลเข้มข้น 95%) และอัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนกับตัวทำละลาย (1:8 และ 1:15) สกัดที่อุณหภูมิ 60°C เวลาในการ สกัด 60 นาที จะเห็นได้ว่าการสกัดด้วยน้ำกลั่น โดยมีอัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนกับตัวทำละลายเป็น 1:15 มี % Yield สูงที่สุดคือ 17.90 (Table 1) พบว่าการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารสกัดมากกว่าเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากน้ำกลั่นเป็นสารละลายมีขั้วสามารถจับโมเลกุลของน้ำตาลได้ดีกว่าทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงกว่าเอทานอล อีกทั้งการสกัดด้วยน้ำกลั่นทำให้มีต้นทุนที่ถูก แต่มีข้อเสียในส่วนของขั้นตอนของการระเหยน้ำที่ต้องใช้พลังงานสูงกว่าเอทานอล สำหรับอัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนกับตัวทำละลาย การใช้ตัวทำละลายในปริมาณที่น้อยเกินไปอาจทำให้เปลือกทุเรียนเกิดการดูดซึมได้ไม่เพียงพอ ในขณะที่ถ้าใช้ตัวทำละลายมากเกินไปส่งผลให้ได้สารสกัดลดน้อยลง (Kim และคณะ, 2003)

Table 1 Extracted yield from inner rinds of durian by different solvents and sample to solvent ratios (w/v).

Solvent Extraction	Sample to solvent ratios (w/v)	%Yield
Distilled water	1:8	8.40[b]
	1:15	17.90[a]
Ethanol	1:8	3.78[c]
	1:15	3.93[c]

Different letters in the same column indicate statistically significant differences at p≤0.05.

2. ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณสารสกัดที่ได้

จากการทดลองที่ 1 สภาวะที่ให้ % Yield สูงสุด คือ ตัวทำละลายเป็นน้ำกลั่น ใช้อัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนต่อตัวทำลาย เท่ากับ 1:15 นำมาศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันต่อปริมาณสารสกัด และวิเคราะห์ % Yield ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์ ผลแสดงดัง Table 2

Table 2 Extract yield and saccharides composition (mg/g) from inner rinds of durian at different extraction temperature and time.

Temperature (°C)	Time (min)	% Yield	Total sugars (mg/g)	Reducing sugars (mg/g)	Non-reducing sugars (mg/g)
30	60	9.10[d]	52.48[c]	44.82[bc]	7.66[e]
	120	12.27[b]	68.13[b]	48.91[b]	19.22[b]
	180	20.78[a]	78.96[a]	55.22[a]	23.74[a]
50	60	9.80[d]	55.49[c]	47.79[b]	7.70[e]
	120	11.14[c]	45.26[e]	38.67[c]	6.60[f]
	180	12.04[b]	63.32[b]	59.25[a]	4.06[g]
60	60	12.11[b]	41.05[e]	34.16[e]	6.89[f]
	120	10.97[c]	51.28[c]	38.30[e]	12.98[c]
	180	12.72[b]	57.90[c]	48.43[b]	9.47[d]

Different letters in the same column indicate statistically significant differences at p≤0.05.

การสกัดเปลือกทุเรียนโดยมีอัตราส่วนระหว่างน้ำกลั่น : เปลือกทุเรียนเป็น 1 : 15 ที่อุณหภูมิที่ต่างกันคือ 30, 50 และ 60°C และเวลาที่ต่างกัน 60, 120 และ 180 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 180 นาที มีปริมาณสารสกัดที่ได้สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มี % Yield อยู่ที่ 20.78

การใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้โมเลกุลของน้ำตาลมีการเสื่อมเสีย (Treybal, 1980) ทำให้ %yield ของสารสกัดต่ำ จึงไม่ควรสกัดพรีไบโอติกส์ที่อุณหภูมิสูงเกินไป และการใช้เวลาในการสกัดที่นานขึ้นส่งผลให้ได้สารสกัดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยก่อนหน้านี้รายงานว่า การสกัดที่อุณหภูมิสูงใช้ระยะเวลาในการสกัดน้อยลง (Lee และคณะ., 1987; Kim และคณะ, 2003) หากใช้อุณภูมิการสกัดที่อุณหภูมิ 30°C อาจต้องใช้เวลาในการสกัดที่นานขึ้น (Herodez และคณะ, 2003)

การสกัดพรีไบโอติกส์ด้วยน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนกับตัวทำละลายเป็น 1:15 ที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 180 นาที พบว่ามีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 78.96 mg/g น้ำตาลรีดิวซ์ 55.22 mg/g และน้ำตาลนอนรีดิวซ์ 23.74 mg/g สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และสารสกัดยังส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติค เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำตาลกลูโคสและสารสกัดแทนแหล่งคาร์บอนในสูตรอาหารเหลว MRS พบว่าจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติคที่ใช้สารสกัดจากเปลือกทุเรียนเป็นแหล่งคาร์บอน (6.56 logCFU/ml) มากกว่าน้ำตาลกลูโคส (5.74 logCFU/ml) แตกอย่างมีนัยสำคัญ (ไม่แสดงผลข้อมูล) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li และคณะ (2015) ที่ทดสอบความสามารถความเป็นพรีไบโอติกส์ของอินนูลินที่สกัดจากแก่นตะวัน พบว่า สารสกัดส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติคได้ดีกว่าชุดควบคุม

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดพรีไบโอติกส์จากเปลือกทุเรียน คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนกับน้ำกลั่นเป็น 1:15 ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 180 นาที ทำให้ได้ปริมาณสารสกัดและปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์มากที่สุด และสารสกัดใช้เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2559 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

ธิติรัตน์ ปานม่วง และสุนันท์ พงษ์สามารถ, 2541, การแยกสารโพลีแซคคาร์ไรด์จากเปลือกผลทุเรียน, วารสารสงขลานครินทร์, 21(3): 323-332.

วินี ตั้งอนุรัตน์, 2553, ความหลากหลายของแบคทีเรียกรดแลคติกจากผักและผลไม้ดองของไทยโดยใช้เทคนิคทางฟีโนไทป์และจีโนไทป์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 202 หน้า.

โศรดา วัลภา กถลรภัส วชิรศิริ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ และฐิติชญา สุวรรณทัพ, 2553, ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของขนมปังขาว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ), 40(3): 205-208.

สุพจน์ นวลละออง, 2552, การสกัดสารพรีไบโอติกส์จากพืชเกษตร, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 131 หน้า.

Chaito, C. and Judprasong, K., 2014, Fructooligosaccharides in food and commercial food products in Thailand, KKU Research Journal, 19(3):430-440.

Dobois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F., 1956, Colorimetric method of determination of sugars and related substances, Analytical Chemistry, 28: 350-356.

Herodez, S. Hadolin, M. Skerget, M. and Knez, Z., 2003, Solvent extraction study of antioxidants from balm (*Melissa offcinalis* L.) leaves, Food Chemistry, 80: 275-282.

Kim, S. Kim, W. and Hwang, In K., 2003, Optimization of the extraction and purification of oligosaccharides from defatted soybean meal, International Journal of Food Science and Technology, 38: 337-342.

Lee, Y.H., Jung, H.O. and Rhee, C.O., 1987, Solids loss with water uptake during soaking of soybeans, Korean Journal of Food Science and Technology, 19: 492-498.

Li, W., Zhang, J., Yu, C., Li, Q., Dong, F., Wang, G., Gu, G., Guo., Z., 2015, Extraction, Degree of Polymerization Determination and Prebiotic Effect Evaluation of Inulin from *Jerusalem artichoke*, Carbohydrate Polymer, 121: 315-319.

Machado, M.T.C., Eca, K.S., Vieira, G.S., Menegalli, F.C., Martinez, J. and Hubinger, M.D., 2015, Prebiotic oligosaccharides from artichoke industrial waste: evaluation of different extraction methods, Industrial Crops and Products, 76: 141-148.

Miller, G.C., 1959, Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar, Analytical Chemistry, 31: 426-428.

Rutella, G.S., Tagliazucchi, D. and Solieri, L., 2016, Survival and bioactivities of selected probiotic lactobacilli in yogurt fermentation and cold storage: New insights for developing a bi-functional dairy food, Food Microbiology, 60: 54-61.

Treybal, R.E., 1980, Mass-transfer operation (3rd ed.), U.K. :McGraw-Hill, 784 pp.

พรรณไม้ลูกผสมข้ามชนิด (มะป่วน x กลาย) สกุลมหาพรหม วงศ์กระดังงา

The Interspecific Hybrid Plants (*Mitrephora tomentosa* x *keithii*) in Genus *Mitrephora* of Annonaceae Family

อนันต์ พิริยะภัทรกิจ[1] ปิยะ เฉลิมกลิ่น[1] และ ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์[2]

Piriyaphattarakit, A.[1], Chalermglin, P.[1] and Taychasinpitrk, T.[2]

Abstract

The morphology and flowering development of the hybrid plants (*Mitrephora tomentosa* x *keithii*) were studied at Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Pathum-Thani province since 2013-2016. Results showed that hybrid plants had the highest germination rate within 3 months. The characters of hybrids were small shrubs and able to grow well under full sunlight. Its leaves were dark green with dominant reticular veins as *M. tomentosa* but leaves were smaller and similar to *M. keithii*. The hybrid plants grown for two year could flower with its sizes were similar to *M. tomentosa.* Flower structure of the hybrid was the same as *M. keithii* which its outer petals were yellow with red line and line outer petals were red stripe. During the full bloom, color of hybrid flower was dark yellow which its genetic characters were similar to *M. tomentosa* than the *M. keithii*.

Keywords: *Mitrephora tomentosa* Hook.f. & Thomson, *M. keithii* Ridl., genus *Mitrephora,* Annonaceae Family

บทคัดย่อ

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และพัฒนาการของดอกพรรณไม้ลูกผสม (มะป่วน x กลาย) โดยใช้มะป่วนเป็นแม่พันธุ์และกลายเป็นพ่อพันธุ์ ซึ่งอยู่สกุลมหาพรหม วงศ์กระดังงา ทำการทดลองและปลูกเลี้ยง ณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จ.ปทุมธานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2559 พบว่า ลูกผสม มีลักษณะที่เมล็ดมีอัตราการงอกสูง ระยะเวลางอกเฉลี่ย 3 เดือน ทรงพุ่มมีขนาดเล็ก และสามารถจะเจริญเติบโตได้ดีในที่มีแสงแดดจัด ลักษณะโครงสร้างใบและเส้นใบเป็นร่างแหชัดเจนสีเขียวเข้มเหมือนมะป่วน แต่ไปมีขนาดเล็กเท่ากับพืชกลาย หลังจากเมล็ดลูกผสมงอกเพียง 2 ปี ออกดอกได้และมีขนาดดอกไม่แตกต่างจากมะป่วน ลักษณะโครงสร้างดอกเหมือนกลาย เมื่อแรกบานกลีบดอกชั้นนอกสีเหลืองอ่อน มีเส้นลายแดงตามยาวเล็กน้อย ปลายกลีบดอกชั้นในลายแดง เมื่อดอกบานเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม ลักษณะทางพันธุกรรมพืชดีเอ็นเอเหมือนกับมะป่วนมากกว่ากลาย

คำสำคัญ: มะป่วน กลาย สกุลมหาพรหม

คำนำ

พรรณไม้วงศ์กระดังงา (Annonaceae) ส่วนใหญ่มักเป็นไม้ยืนต้น หรือไม้พุ่ม แต่มีบางชนิดที่เป็นไม้เถาเนื้อแข็ง ใบเดี่ยวเรียงสลับสองข้างในระนาบเดียวกัน (Kessler, 1993) ดอกเดี่ยว หรือบางชนิดออกเป็นช่อ กลีบเลี้ยง 3 กลีบ กลีบดอก 6 กลีบ เรียงกันอยู่สองชั้น เช่น มหาพรหม กลาย และลำดวน เป็นต้น แต่มีบางสกุลที่มีกลีบดอกมากกว่า 6 กลีบ ตัวอย่างเช่น กระดังงาไทย กระดังงาสงขลา และสายหยุด เป็นต้น ภายในดอกจะมีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียจำนวนมาก ผลกลุ่ม มีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อนชื้น บางชนิดนิยมนำมาปลูกเลี้ยงเป็นไม้ประดับตามบ้าน เนื่องจากดอกมีสีสันสวยงาม และกลิ่นหอม เช่น ลำดวน สายหยุด พรหมขาว นมแมว ฯลฯ บางสกุลจัดเป็นพรรณไม้หายากนิยมปลูกเลี้ยงเฉพาะกลุ่ม เนื่องจากราคาสูง และหาซื้อค่อนข้างยาก แต่ดอกสวย และกลิ่นหอม เช่น พรรณไม้ในสกุลมหาพรหม ได้แก่ กลาย (*Mitrephora keithii* Ridl.) เป็นพรรณไม้ที่มีทรงพุ่มขนาดเล็ก ใบเดี่ยวเรียงสลับ แผ่นใบเกลี้ยงเป็นมันทั้งสองด้าน ดอกเดี่ยว กลีบชั้นนอกสีเหลือง ผลย่อยรูปทรงกระบอก เมล็ดกลม ออกดอกตลอดปี (ปิยะ, 2544) และอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาปลูกเลี้ยงเนื่องจากทรงพุ่มสวย และลำต้นขนาดใหญ่ คือ มะป่วน (*Mitrephora tomentosa* Hook.f. & Thomson.)

---

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

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

[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

ลักษณะใบค่อนข้างหนา เส้นใบเด่นชัด ดอกเดี่ยว กลีบดอกชั้นนอกสีเหลือง ชั้นในสีเหลืองลายแดง ขอบกลีบดอกเป็นคลื่นเล็กน้อย (Zhou และคณะ, 2009)

ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์พืชในวงศ์กระดังงามีเพียงการผสมในพืชสกุลน้อยหน่า (*Annona*) (เรืองศักดิ์, 2547) เพื่อให้ได้ลักษณะผลสวย และรสชาติดี ส่วนพรรณไม้ในสกุลอื่นๆ ที่ดอกมีกลิ่นหอมหรือเป็นไม้พุ่มประดับสวยงาม ยังมีการพัฒนาพันธุ์อยู่ในวงจำกัด ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาการผสมข้ามชนิด ในสกุลมหาพรหม เพื่อให้เกิดความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ รวมทั้งคัดเลือกลูกผสมชนิดใหม่ๆ ที่มีลักษณะสวยงามสามารถนำไปใช้พัฒนาเป็นไม้ดอกไม้ประดับต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกพรรณไม้ วงศ์กระดังงา สกุลมหาพรหม จำนวน 2 ชนิด คือ มะป่วน (*M. tomentosa*) (*MT*) (แม่พันธุ์) และกลาย (*M. keithii*) (*MK*) (พ่อพันธุ์) นำมาปลูกเลี้ยง และปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการผสมเกสรข้ามชนิด ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เทคโนธานี จ. ปทุมธานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 – 2559

บันทึกขนาดผลตั้งแต่ผลอ่อนกระทั่งผลแก่ภายหลังการผสมติด อัตราการงอกของเมล็ด ระยะเวลาที่เมล็ดลูกผสมงอก รวมทั้งระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นกล้า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของทรงพุ่มต้น ใบ และดอก ของสายพันธุ์ลูกผสม (มะป่วน x กลาย) กับแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การผสมเกสรข้ามชนิด โดยใช้มะป่วน (แม่พันธุ์) กับกลาย (พ่อพันธุ์) พบว่า อัตราการผสมติด เฉลี่ย 21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมตัวเองในมะป่วน (พันธุ์แท้) และกลาย (พันธุ์แท้) มีอัตราการผสมติดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 23 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะเวลาการเจริญเติบโตของผลภายหลังการผสมติด ตั้งแต่ผลอ่อนถึงผลแก่ พบว่า ผลของมะป่วน และคู่ผสม (มะป่วน x กลาย) มีระยะเวลาดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 76 และ 74 วัน ตามลำดับ

ลักษณะผลของคู่ผสม (มะป่วน x กลาย) พบว่า ผลย่อยมีลักษณะและขนาดผลเหมือนกับผลของมะป่วนชนิดพันธุ์แท้ และจำนวนผลย่อยในแต่ละผลมีจำนวนไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 5.10 และ 5.40 ผล ตามลำดับ ส่วนกลายมีจำนวนผลเฉลี่ย 4.50 ผล ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนาดดอก และละอองเรณูของทั้งสองพันธุ์มีขนาดเท่ากัน รวมทั้ง เปอร์เซ็นต์การผสมติดไม่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การติดผลย่อยไม่ต่างกันด้วย

ระยะเวลาและความงอกของเมล็ด พบว่า มะป่วน กลาย และคู่ผสม (มะป่วน x กลาย) มีระยะเวลาที่เมล็ดงอกไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 65 60 และ 63 วัน ตามลำดับ สำหรับการงอกของเมล็ด พบว่า มะป่วน (แม่พันธุ์) และเมล็ดคู่ผสม (มะป่วน x กลาย) มีความงอกไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 10 และ 11 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลาย (พ่อพันธุ์) เมล็ดมีความงอกน้อยที่สุด 5 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

การเจริญเติบโตของต้นลูกผสม (มะป่วน x กลาย) พบว่า ภายหลังการงอก อายุ 1 สัปดาห์ ต้นกล้ามีความสูงเฉลี่ย 5 เซนติเมตร ใบมีจำนวน 3 ใบ ขนาดความยาว 3 เซนติเมตร ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 5 เซนติเมตร เมื่ออายุ 90 วัน ความสูงของลำต้นเฉลี่ย 15 เซนติเมตร ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 10 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 7 ใบ สำหรับต้นกล้าอายุ 280 วัน ความสูงเฉลี่ย 40 เซนติเมตร ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 25 เซนติเมตร ทั้งนี้ยังพบว่าต้นกล้าเริ่มแตกกิ่งใหม่ จำนวน 2 กิ่ง หลังจากนั้นต้นลูกผสม (มะป่วน x กลาย) จะเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับต้นกล้าของมะป่วน เมื่ออายุ 360 วัน ความสูงเฉลี่ย 50 เซนติเมตร ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 35 เซนติเมตร และเริ่มออกตาดอกบริเวณตรงข้ามใบ (Figure 1)

Table 1 Percentage of pollination, number of sub fruit and Days of germinate of *M. tomentosa, M. keithii*

Species	Percentage of pollination (%)	Number of sub fruit [1/] (fruits)	Days of germinate (days)
M. tomentosa	23	5.40 a	65
M. keithii	25	4.50 b	60
M. hybrid (*MT* x *MK*)	21	5.10 a	63
F-test	ns	**	ns
% C.V.	1.95	1.26	1.21

ns = non significant

** = Significant at the level of P $\leq$ 0.01

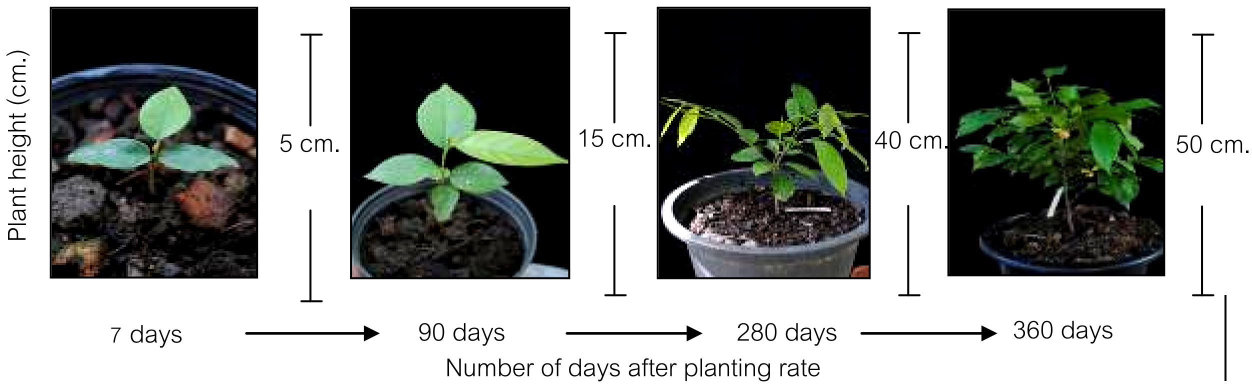


Figure 1 Growth rate of *M.* hybrid in different timeframes.

ลักษณะโครงสร้างและขนาดใบของลูกผสม (มะป่วน x กลาย) พบว่า ต้นลูกผสม ใบมีสีเขียวเข้มสามารถมองเห็นเส้นใบชัดเจน และมีขนอ่อนปกคลุมบริเวณปลายยอดเช่นเดียวกับมะป่วน เมื่อเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบจะพบว่า มะป่วนใบมีขนาดใหญ่ที่สุด รองลงมาคือ ลูกผสม (มะป่วน x กลาย) ส่วนกลายใบมีขนาดเล็กที่สุด ความยาวใบเฉลี่ย 17.50, 14.50 และ 11.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ดอกของต้นลูกผสม (มะป่วน x กลาย) มีลักษณะเด่นกว่าแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ กล่าวคือ กลีบดอกชั้นนอกมีขนาดใหญ่และยาวเช่นเดียวกับมะป่วน ขอบกลีบเรียบเช่นเดียวกลาย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก เฉลี่ย 4.30 เซนติเมตร กลีบดอกหนา แต่บริเวณกลีบดอกชั้นนอกจะมีลายสีแดงแทรกอยู่ตามยาว กลีบดอกชั้นในสีแดงเข้มเด่นชัด (Figure 2)

ลักษณะดีและเด่นของสายพันธุ์ลูกผสม (มะป่วน x กลาย) พบว่า ขนาดของทรงพุ่มเล็กและลำต้นเตี้ย กิ่งแน่น ใบสีเขียวเข้ม สามารถออกดอกได้เร็ว อายุการออกดอกประมาณ 1 ปี ภายหลังเมล็ดงอก นอกจากนี้ยังพบว่า ดอกต่อกิ่งมีจำนวนมาก อีกทั้งดอกยังมีกลิ่นหอม สามารถปลูกเลี้ยงกลางแจ้งแสงแดดจัด และออกดอกได้ดีตลอดทั้งปี

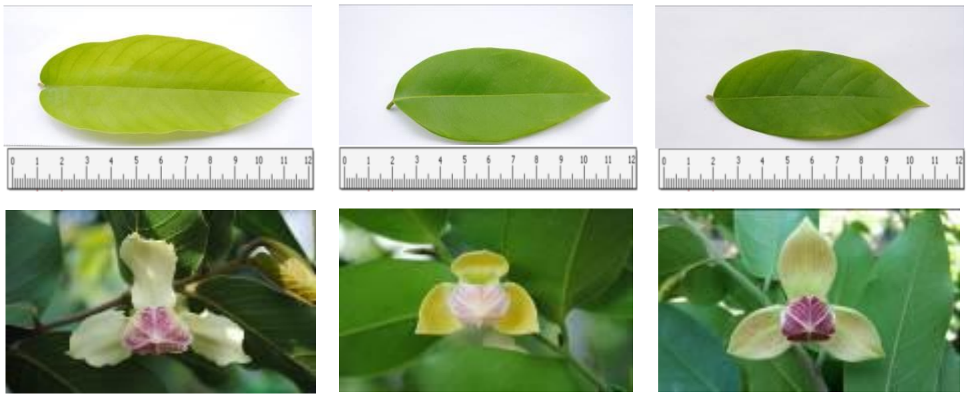


Figure 2 Characteristic of leaves and flowers of *M. tomentosa*, *M. keithii* and *M.* hybrid (*MT* x *MK*)

สรุปผล

ต้นลูกผสม (มะป่วน x กลาย) มีขนาดทรงพุ่มเล็กเช่นเดียวกับกลาย ลักษณะใบเหมือนกับมะป่วน (แม่พันธุ์) เส้นผ่านศูนย์กลางใบของลูกผสมเล็กกว่ามะป่วนเล็กน้อย แต่มีขนาดใหญ่กว่ากลาย (พ่อพันธุ์) ดอกมีขนาดเท่ากับมะป่วน แต่มีลักษณะเด่นคือ กลีบดอกชั้นนอกมีลายสีแดงประ หนา และขอบกลีบเรียบ กลีบดอกชั้นในสีแดงเข้ม ปริมาณดอกต่อกิ่งมาก เริ่มออกดอกเมื่ออายุเพียง 1 ปี ความสูงของลำต้น 50 เซนติเมตร ซึ่งเร็วกว่าต้นแม่และพ่อพันธุ์ ดอกดก และสามารถออกดอกตลอดทั้งปี ลักษณะทางพันธุกรรมพืช (DNA) ของลูกผสมเหมือนกันทั้งมะป่วน (แม่พันธุ์) กับกลาย (พ่อพันธุ์) แสดงถึงความชัดเจนในการเป็นสายพันธุ์ลูกผสม F1

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่เอื้อเฟื้อในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2544, พรรณไม้วงศ์กระดังงา, บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพ ฯ.

เรืองศักดิ์ กมขุนทด และฉลองชัย แบบประเสริฐ, 2547, การปรับปรุงพันธุ์ไม้ผลสกุลน้อยหน่า, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 497 – 505 น.

Kessler, P.J.A., 1993, Annonaceae, *In* Kubitzki, K., Rohwer J.G. and Bittrich, V., The families and genera of vascular plants, flowering plant : Dicotyledons, Spinger-Verlag, Berlin, 2: 93-129.

Zhou, L., Su, Y.C.F., and Saunders, R.M.K., 2009, Molecular phylogenetic support for a broader delimitation of *Uvaria* (Annonaceae), inclusive of *Anomiathus, Cyathostemm, Ellipeia, Ellipeiopsis* and *Rauwenhoffia.* Systematics and Biodiversity, 3: 249-258.

การศึกษาการเจริญและพัฒนาของผลแก้วมังกร *Hylocereus undatus* (Haw.) Britt. & Rose

Study on Growth and Development of Dragon Fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britt. & Rose

กาญจนา เหลืองสุวาลัย[1] พงศธร ลี้สธนกุล[1] สุนทรียา กาละวงศ์[1] และเพ็ญแข รุ่งเรือง[1]

Luangsuwalai, K.,[1] Leesatanakul, P.[1], Kalawong, S[1]. and Rungrueng, P.[1]

Abstract

This study was conducted to study on the fruit growth and harvesting indices of the white fleshed dragon fruit (*Hylocereus undatus*). The experiment was conducted at a private orchard in Banpaew District, Samutsakorn Province during November 2014 to November 2015. The results found that the peel color of 26 DAP fruits change from green (b *= 31.85) to red (a * = 41.41). The flavor of 30-33 days after pollination (DAP) fruit was acceptable. The total soluble solids (TSS) increased with fruit age. The titable acidity (TA) of the juice has changed in the opposite direction to the TSS resulting TSS and TA ratio (TSS/TA) increased. The average weight of 30 DAP fruit was 260.47±12.96 g. and the average of TSS/TA was 2.13±0.48.

Keywords: dragon fruit, fruit development, harvesting indices

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญ และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว (*Hylocereus undatus*) ที่ปลูกในสวนผลไม้ อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2557 – พฤศจิกายน 2558 พบว่า ผิวผลแก้วมังกรเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียว (b*=31.85) เป็นสีแดง (a*= 41.41) เมื่อผลมีอายุ 26 วันหลังจากผสมเกสร ผลแก้วมังกรอายุ 30-33 วันหลังจากผสมเกสร มีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) เพิ่มขึ้นตามอายุผล ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามกับ TSS ทำให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TSS/TA) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผลแก้วมังกรมีอายุมากขึ้น ผลแก้วมังกรที่มีอายุ 30 วันหลังการผลเกสรมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 260.47±12.96 กรัม และมีค่า TSS/TA เฉลี่ย 2.13±0.48

คำสำคัญ: แก้วมังกร การพัฒนาของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยว

คำนำ

ปัจจุบันแก้วมังกร (dragon fruit หรือ pitaya) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมบริโภคทั้งในและต่างประเทศเพิ่มขึ้น เนื่องจากแก้วมังกรเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีรสชาติดี (Harivaindaran และคณะ, 2008) คือ มีรสเปรี้ยวอมหวาน และให้พลังงานต่ำ จึงเป็นผลไม้ที่เหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศวัย แก้วมังกรมีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกาใต้ แต่นิยมปลูกมากในเวียดนามจนกลายมาเป็นผลไม้ส่งออกของเวียดนาม และมีแพร่หลายในตลาดเอเชีย เช่น สิงคโปร์ ฮ่องกง ไต้หวัน และมาเลเซีย (Hoa และคณะ, 2006) มีการนำพันธุ์แก้วมังกรจากเวียดนามเข้ามาปลูกในประเทศไทยเป็นเวลานานแล้ว และมีการพัฒนาสายพันธุ์จนเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในปัจจุบัน (สุรพงษ์, 2545) เนื่องจากแก้วมังกรเป็นผลไม้ที่ปลูกง่าย สามารถให้ผลผลิตได้ในทุกสภาพพื้นที่ มีปัญหาโรคและแมลงศัตรูน้อย ให้ผลตอบแทนเร็ว และให้ผลผลิตสูงถึง 8,000 ถึง 12,000 กิโลกรัมต่อไร่ (ชาวสวนพเนจร, 2541) จึงได้รับความนิยมปลูกกันมากเกือบจะทุกจังหวัดของประเทศ แต่พื้นที่ปลูกมากคือแถบภาคตะวันออก ปัจจุบันยังมีแหล่งปลูกแก้วมังกรแหล่งใหญ่อยู่ที่ อ. ภูเรือ จ. เลย อีกด้วย นอกจากนี้ทั้งภาครัฐฯและเอกชนมีการสนับสนุนให้แก้วมังกรเป็นผลไม้เพื่อการส่งออก เนื่องจากแก้วมังกรเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะพัฒนาและส่งเสริมการผลิตให้เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ของไทย ทำให้ได้รับความสนใจทั้งจากเกษตรกรผู้ผลิต ผู้ค้า นักวิชาการและผู้สนใจทั่วไปเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรไทยและเพิ่มรายได้ให้แก่ประเทศชาติทางหนึ่ง พันธุ์แก้วมังกรที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เนื้อขาว และพันธุ์เนื้อแดง ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศไต้หวัน รสชาติหอมหวาน ให้ผลผลิตและคุณภาพสูง สำหรับแก้วมังกรพันธุ์เนื้อเหลืองไม่ค่อยได้รับความนิยมปลูก

[1] **สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ เจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10160**

[1] Department in agriculture, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, 10160

มากนักเนื่องจากต้นอ่อนแอและให้ผลผลิตต่ำ (เปรมปรี, 2542) ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลผลิตแก้วมังกรที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคจึงได้ทำการศึกษาการเจริญและการพัฒนาของผล รวมทั้งดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว ที่ปลูกในเขตภาคกลาง

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นแก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีขาวเปลือกสีแดงที่ปลูกในสวนของเกษตรกร อ. บ้านแพ้ว จ. สมุทรสาคร โดยติดเครื่องหมายผลแก้วมังกรภายหลังจากการผสมเกสรเพื่อให้ทราบอายุผล หลังจากนั้นสุ่มเก็บเกี่ยวผลในระหว่างการเจริญทุก 3 วัน ครั้งละ 10 ผล เพื่อศึกษาลักษณะภายในและภายนอกของผล บันทึกข้อมูลดังนี้

1. วัดขนาดของผล ความหนาของเปลือก โดยใช้ vernier calipers ชั่งน้ำหนัก วัดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลทุก 3 วัน จนกระทั่งผลแก่เต็มที่ โดยใช้เครื่อง Chroma Meter CR-400/DP-400
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะเปลือก เนื้อและเมล็ด
3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีภายในผล ทำโดยเมื่อผิวผลแก้วมังกรเปลี่ยนเป็นสีแดง ทำการเก็บเกี่ยวผลแก้วมังกรอายุต่างๆ ครั้งละ 10 ผล นำน้ำคั้นที่ได้จากเนื้อจากส่วนกลางผลมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) โดยใช้ hand refractometer ATAGO® รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) และนำน้ำคั้นมาไตเตรทกับสารละลายด่างมาตรฐานแล้วคำนวณหาค่าร้อยละของกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity; TA) ตามวิธีของ AOAC. (2000) และหาอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA
4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลกับปริมาณ TSS, TA และ TSS/TA

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญและพัฒนาการของผลแก้วมังกร พบว่าเมื่อผลแก้วมังกรมีอายุ 3 วันหลังการผสมเกสร (day after pollination; DAP) มีความกว้าง และยาวเฉลี่ย 3.16±0.15 และ 7.55±0.31 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลจะมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลเจริญเต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยว เมื่อผลแก้วมังกรมีอายุประมาณ 30 วัน มีความกว้างและยาว 6.70±0.81 และ 12.29±1.14 เซนติเมตร สอดคล้องกับรายงานของ Nerd และ Mizrahi (1997) ที่พบว่าแก้วมังกรที่ปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกาใช้เวลาในการพัฒนาผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยว 30 วันนับจากดอกบาน ซึ่งต่างจากการศึกษาในแก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีแดง ที่พบว่าผลแก้วมังกรเนื้อสีแดงพร้อมเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 31 วัน โดยผลมีความกว้างและยาวเท่ากับ 6.55 และ 7.71 เซนติเมตร (ปริญญา และฉลองชัย, 2548) ทั้งนี้เนื่องจากแก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีขาวและเนื้อสีแดงมีลักษณะทรงผลที่แตกต่างกัน คือพันธุ์เนื้อสีขาวจะมีลักษณะผลกลมรีแต่พันธุ์เนื้อสีแดงมีลักษณะทรงผลกลม สำหรับการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของผลแก้วมังกร พบว่าช่วงผลอายุ 3-24 วัน ผิวผลมีสีเขียว มีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 54.39-60.08 และค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 29.97-34.08 แต่ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วงติดลบ เนื่องจากสีผลยังคงเขียวอยู่ เมื่อผลมีอายุ 26 วัน สีผิวผลเริ่มมีสีแดง โดยการเปลี่ยนสีจะเริ่มจากบริเวณเปลือกด้านในออกไปสู่ผิวเปลือกด้านนอก วัดค่าสีแดง ได้ 30.27 ค่าความสว่าง และค่าสีเหลือง เท่ากับ 44.31 และ 12.52 ตามลำดับ โดยค่าความสว่างและค่าสีเหลืองจะลดลงอย่างต่อเนื่องในทางกลับกันค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลแก้วมังกรมีอายุมากขึ้น เมื่อผลอายุ 30 วัน ผิวผลจะมีสีแดงทั้งผล ยกเว้นบริเวณกลีบเลี้ยงที่ยังคงมีสีเขียวปรากฏอยู่ โดยมีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง เท่ากับ 44.23 41.41 และ 7.54 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ ปริญญา และฉลองชัย (2548) ที่พบว่าผลแก้วมังกรเริ่มมีการเปลี่ยนสีเมื่อมีอายุ 25-28 วัน โดยผิวผลมีสีเขียว (GG 143C) และเริ่มมีสีม่วงแดง (RP 58A) ปรากฏบริเวณปลายผล โดยมีค่าความสว่างเท่ากับ 29.3 และ 9.8 ตามลำดับ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Nerd และคณะ (1999) พบว่าแก้วมังกรชนิด *H. polyrhizus* จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลเมื่อผลมีอายุ 26-27 วัน และสีผิวผลจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงทั้งผลใช้เวลา 5 วันหลังจากที่ผลเริ่มมีการเปลี่ยนสี

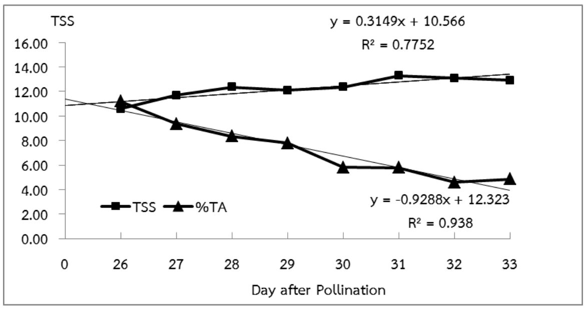
การเปลี่ยนแปลงลักษณะเปลือก เนื้อและเมล็ด จากการวัดความหนาเปลือกของผลแก้วมังกร โดยผ่าแบ่งครึ่งตามความยาวของผล พบว่าผลอายุ 3-21 วัน มีความหนาเปลือกเพิ่มขึ้น จาก 5.84±0.54 เป็น 7.31±0.35 มิลลิเมตร ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดเนื้อภายในผล (ส่วนที่รับประทานได้) ความหนาเปลือกเริ่มลดลง เมื่อผลมีอายุมากขึ้น โดยผลที่มีอายุ 30 วัน เปลือกหนา 2.19±0.35 มิลลิเมตร น้ำหนักเปลือก 82.26±9.30 กรัม คิดเป็นร้อยละ 31.58 ของน้ำหนักทั้งผล สำหรับส่วนที่รับประทานได้มีความกว้างและความยาว 56.57±1.76 และ 90.97±4.08 มิลลิเมตร ตามลำดับ น้ำหนักเนื้อ 178.21±15.64 กรัม คิดเป็นร้อยละ 68.17 ของน้ำหนักทั้งผลซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของปริญญา และฉลองชัย (2548) จากการสังเกตส่วนที่รับประทานได้ คือเนื้อและเมล็ดในผลที่อายุผลต่างๆ พบการเปลี่ยนแปลง คือ ผลที่มีอายุ 3 วัน มีเมล็ดอ่อนสีขาวติด

อยู่ที่ส่วนปลายของก้านออวุล (ovule) เป็นจำนวนมากอัดตัวกันชิดกับผนังผลด้านใน เมล็ดมีขนาดเล็กมาก เมื่ออายุผลมากขึ้นเมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้นและเปลือกหุ้มเมล็ดจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อผลมีอายุ 18 วัน และเริ่มมีเนื้อสีขาวขุ่นล้อมรอบเมล็ด ซึ่งเนื้อผลนี้เจริญมาจากก้านชูเมล็ด (funiculi) หรือเยื่อหุ้มเมล็ด (aril) (Figure 1)

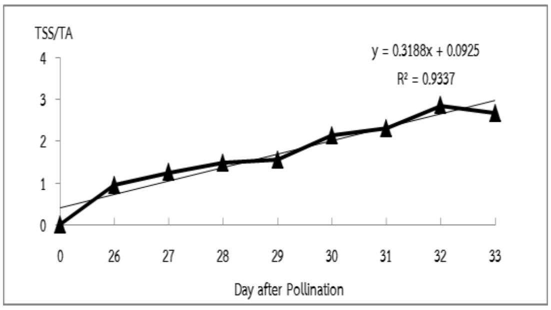
3 DAP 9 DAP 15 DAP 21 DAP 27 DAP 30 DAP

Figure 1 Visual aspects of representative each stage of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) growth.

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมี เริ่มทำการศึกษาเมื่อผลแก้วมังกรเริ่มมีการเปลี่ยนสีผิวผลจากสีเขียวเป็นสีแดง คือผลมีอายุ 26 วัน พบว่าปริมาณ TSS มีค่าเฉลี่ย 10.58±0.99 °Brix และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออายุผลมากขึ้นโดยในผลที่อายุ 30 วัน มีค่า TSS เฉลี่ย 12.36±1.07 °Brix (Table 1) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอายุผล (x) กับปริมาณ TSS (y) ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น y = 0.3149X + 10.566 และมีค่าสัมประสิทธิการกำหนด (coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.7752 (Figure 2A) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) จากน้ำคั้น และคำนวณในรูปของกรดซิตริกมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกับ TSS โดยพบว่า เมื่อผลแก้วมังกรมีอายุมากขึ้นปริมาณ TA จะลดลง โดยผลที่อายุ 26 วัน มีปริมาณ TA สูงที่สุด เฉลี่ยร้อยละ 11.19±0.99 และปริมาณ TA ลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อผลมีอายุ 30 วัน ปริมาณ TA เฉลี่ย ลดลงเหลือร้อยละ 5.80±0.91 และTA ยังคงลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น (Table 1) เช่นเดียวกับปริมาณ TA ในน้ำคั้นจากผลทับทิม ก็มีค่าลดลงเมื่อผลมีความบริบูรณ์ขึ้น (Mphahlele และคณะ, 2016) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของปริญญา และฉลองชัย (2548) To และคณะ (2000) และ ภวีณา และคณะ (2554) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอายุผลหลังดอกบาน (x) กับปริมาณ TA (y) ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น y = -0.9288x+12.323 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.938 (Figure 2A) หมายความว่าอายุของผลแก้วมังกร มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TA ของผลแก้วมังกร โดยเมื่ออายุวันหลังดอกบานเพิ่มขึ้นปริมาณ TA จะลดลง สัดส่วน TSS/TA เพิ่มขึ้นเมื่อผลมีอายุมากขึ้น โดยเพิ่มจาก 0.95±0.08 ในผลที่มีอายุ 26 วัน จนกระทั่งมีค่าเป็น 2.85±0.94 เมื่อมีผลอายุ 32 วัน และยังคงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีความบริบูรณ์มากขึ้น เนื่องจาก TA มีค่าลดลง (Table 1) ซึ่งเมื่อนำค่า TSS/TA มาเปรียบเทียบกับการชิมรส พบว่า ในผลแก้วมังกรที่มีค่า TSS/TA ต่ำกว่า 2.0 มีรสชาติเปรี้ยวมาก แต่เมื่อค่า TSS/TA สูงกว่า 2.0 พบว่าเนื้อผลเริ่มมีรสเปรี้ยวอมหวาน ซึ่งเป็นรสชาติที่ผู้บริโภคยอมรับมากขึ้น (ไม่ได้แสดงข้อมูล) และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างอายุวันหลังดอกบาน (x) กับ สัดส่วน TSS/%TA (y) ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง y = 0.3188x + 0.0925 และมีค่า R^2 เท่ากับ R^2 = 0.9337 (Figure 2B) เมื่อนำค่า R^2 ของ TSS TA และ TSS/TA มาเปรียบเทียบกัน พบว่า อายุของผลแก้วมังกร มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ในผล น้อยกว่า TA และ TSS/TA จึงควรใช้วิธีการนับอายุผล ร่วมกับ TSS/TA เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวผลแก้วมังกร มากกว่ากว่าการใช้ค่า TSS หรือ TA เพียงอย่างเดียว



A



B

Figure 2 The relationship between the fruit age with amount TSS and TA (A) and the relationship between the fruit age with TSS and TA ratio (B).

Table 1 The width and length within the fruit (Part get eaten), fruit weight, TSS, TA, and the ratio of TSS and TA

Age (after flower)	Width within ovary (mm)	Length within ovary (mm)	Weight (g)	TSS (^{0}Brix)	TA (%)	TSS/TA
26	47.99±2.05	86.83±5.80	212.56±20.73	10.58±0.99	11.19±0.99	0.95±0.08
27	52.88±1.77	90.58±3.20	255.78±14.71	11.69±0.77	9.37±0.82	1.25±0.20
28	51.48±1.86	90.08±5.08	236.80±18.20	12.35±0.90	8.35±2.11	1.48±0.45
29	55.57±2.03	93.55±4.79	268.69±14.63	12.11±0.61	7.79±0.76	1.55±0.23
30	56.57±1.76	90.97±4.08	260.47±12.96	12.36±1.07	5.80±0.91	2.13±0.48
31	-	-	-	11.29±0.82	5.79±0.72	2.30±0.38
32	-	-	-	13.10±0.89	4.59±0.88	2.85±0.94
33	-	-	-	12.91±0.79	4.84±1.26	2.67±0.90

สรุปผล

ดัชนีที่สามารถใช้ในการเก็บเกี่ยวแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว คือ การนับอายุผล (จำนวนวันหลังการผสมเกสร หรือจำนวนวันหลังจากดอกบาน) ร่วมกับอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) กับปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) โดยระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว คือผลมีอายุตั้งแต่ 30 วันขึ้นไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณไชยา ลี้สธนกุล และห้องปฏิบัติการพืชศาสตร์ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ชาวสวนพเนจร. 2541. บุกทะลวงเวียดนามตามหาดรากอนฟรุท. เคหการเกษตร. 22(6): 79–92.

ปริญญา เชื้อชูชาติ และฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2548. ศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาพืช. กรุงเทพฯ, 762 หน้า.

เปรมปรี ณ. สงขลา. 2542. แก้วมังกรอิสราเอล. เคหการเกษตร. 23(11): 95-98.

ภวีณา ดวงทวีทรัพย์ อนุวัตร แจ้งชัด และ พิสิฏฐ์ ธรรมวิถี, 2554, ดัชนีคุณภาพของแก้วมังกรต่อการยอมรับของผู้บริโภค. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ, 686 หน้า.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2545. แก้วมังกร ผลไม้สุขภาพ-ไม้ผลเศรษฐกิจตัวใหม่.*ใน* การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 2 :ขอนแก่น. 50น.

Hoa, T.T., Clark, C.J., Waddell, B.C. and Woolf, A.B., 2006, Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfesting hot air treatments, Postharv Biol Technol, 41: 62-69.

Harivaindaran, K.V., Rebecca, O.P.S. and Chandran, S., 2008, Study of optimal Temperature, pH and stability of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel for use as potential natural colorant, Pakistan J Biological Sciences, 11(18): 2259-2263.

Mphahlele, R.R., Caleb, O.J., Fawole, O.A., and Opara, U.L., 2016, Effects of different maturity stages and growing locations on changes in chemical, biochemical and aroma volatile composition of 'Wonderful' pomegranate juice, J Sci Food Agric, 96(3): 1002-1009.

Nerd, A., Gutman, F. and Mizrahi, Y., 1999, Ripening and postharvest behavior of fruits of two Hylocereus species (Cactaceae), Postharv Biol Technol, 17: 39 -45.

Nerd, A. and Mizrahi, Y., 1997, Reproductive Biology of Cactus Fruit Crops, Horticultural Reviews, 18: 321-346.

To, L.V., Ngu, N., Duc, N.D., Trinh, D.T.K., Thanh, N.C., Mien, D.V.H., Hai, C.N. and Long, T.N., 2000, Quality Assurance System for Dragon Fruit, Post-Harvest Technology Institute, Vietnam.

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดควินซ์จีน (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.)
Identification of Phenolic Profile of Chinese Quince Seed (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.)

Lia Angraeni[1], Lupita Kemala Sari[1], Yasunori Hamauzu[2], **วิรงรอง ทองดีสุนทร**[1] **และ มัชฌิมา นราดิศร**[1]
Angraeni, L.[1], Sari, L.K.[1], Hamauzu, Y.[2], Tongdeesoontorn, W.[1] and Naradisorn, M.[1]

Abstract

The phenolic compounds of Chinese quince (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.) aqueous seed extract were evaluated. The analysis of phenolic compounds was performed by High-Performance Liquid Chromatography with Diode-Array Detection (HPLC/DAD) and the phenolic compounds were identified through Liquid Chromatography Coupled to Mass Spectrometry (LC-MS). The major phenolic compounds found in Chinese quince seed extract were lucenin-2, vicenin-2, isoschaftoside and schaftoside. This study suggests that utilization of Chinese quince seed, an agricultural waste, may be worth of further investigation since it contains phenolic compounds.

Keywords: Chinese quince, seed extract, phenolic compounds

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดควินซ์จีน โดยนำเมล็ดควินซ์จีน (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.) มาสกัดด้วยน้ำและวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกโดยวิธี High-Performance Liquid Chromatography with Diode-Array Detection (HPLC/DAD) และจำแนกสารประกอบฟีนอลิกโดยวิธี Liquid Chromatography Coupled to Mass Spectrometry (LC-MS) พบว่า ในเมล็ดควินซ์จีนมีสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบอยู่มาก และสารประกอบที่พบมากในเมล็ดควินซ์จีน คือ lucenin-2, vicenin-2, isoschaftoside และ schaftoside ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่รายงานสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดควินซ์จีน สามารถนำไปศึกษาต่อยอดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเมล็ดควินซ์จีนซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

คำสำคัญ: ควินซ์จีน สารสกัดจากเมล็ด สารประกอบฟีนอลิก

Introduction

Chinese quince (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.) is native to China and widely distributed in China and Japan (Hamauzu et al., 2007). The fruit is possibly consumed after processing such as liquor, syrup, jam, jelly and candy due to its flesh hardness, strong acidity and astringency (Hamauzu et al., 2005). Chinese quince pulp had total phenolic content at 1280 mg/ 100 g of fresh weight, fourth times higher than total phenolic content in normal quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (302.7 mg/ 100 g of fresh weight) with polymeric procyanidins (a kind of proanthocyanidin) as the main composition to its total phenolic profile (Hamauzu et al., 2005).

The seeds are by-products of food processing that might be potential as a good and cheap source of antioxidants which can be of interest to explore. Our previous study showed that aqueous extraction of Chinese quince seed promote antifungal effect against *Colletotrichum* sp., the causal agent of anthracnose disease on mango fruit, under *in vitro*. This experiment is focused in the identification of phenolic profile of Chinese quince seed extract to investigate its potential as source of natural compounds for other purpose.

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการผลิตผลการเกษตร สำนักวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย 57100
[1] Technology Management of Agricultural Produces, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand, 57100
[2] Graduate School of Agriculture, Shinshu University, 8304 Minami-minowa, Kami-ina, Nagano, Japan

Materials and Methods

Plant Materials

Chinese quince seed was obtained from Nagano Prefecture, Japan. The seeds were oven-dried at 50°C until constant weight was obtained and were then ground into fine powder.

Preparation of Chinese Quince Seed Extract

Chinese quince seed powder was mixed with distilled water (1:10, w/v). The mixture was shaken vigorously on shaker (Shel Lab, Shaking Incubators/ 3-2, Sheldon Manufacturing Inc., USA), maintained at 150 rpm and 40°C for 24 h (Alizadeh et al., 2013). The solution was filtered out through muslin cloth and concentrated by using rotary evaporator (Eyela Rotary Evaporator N-1000, Eyela Oil Bath OSB 2000, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Japan) at 40°C. The extract was stored in amber bottle at 4°C until further use.

Preparation of Sample for HPLC Analysis

One gram of liquid sample was mixed with 20 mL of 70% ethanol (Nacalai Tesque Inc., Kyoto, Japan) and centrifuged (Tomy MX-300, Tomy Kogyo Co. Ltd, Japan) at 12,000 rpm for 10 min. Suspension was condensed with rotary evaporator at 40°C and filtered through 0.45 µm PTFE filters (Chromacol, UK) for further analysis by using HPLC.

Reverse Phase High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) Conditions

HPLC condition was prepared according to the method described by Hamauzu et al. (2005) with slight modification. Polyphenols separations were carried out with Waters Alliance 2695 HPLC system (Waters, Milford, MA, USA) and a Luna 5µ C18 column 100A (150 x 4.6 mm, Phenomenex, Torrance, CA, USA) with a security guard cartridge (3.0 x 4.6 mm) at 40°C. The mobile phase was composed of 2 solvents: 0.5% formic acid in 5% acetonitrile (A) and 0.5% formic acid in 100% acetonitrile (B). The flow rate was 0.5 mL/ min, and the injection volume was 20 µL. Detection was carried out at 280 nm on Waters 2996 photodiode array detector. Compounds were identified by comparison of the retention times and UV/VIS spectra with the available standards.

Liquid Chromatography – Electrospray Ionization – Mass Spectrometry (LC-ESI-MS) condition

Identification of phenolic compound by LC-ESI-MS (Acquity UPLC connected with Quattro micro API mass detector) was carried out by using the same HPLC condition. The solvents free from acid (water and acetonitrile only) were used. Detection was carried out by using ESI conducted in negative mode with a capillary voltage of - 3 kV and cone voltage of - 25 V. A source temperature of 120°C and a desolvation temperature of 400°C were applied. The cone gas flow was 50 L/ h and desolvation gas flow was 800 L/ h. The main peak of the single components was characterized via the retention time and molecular mass $[M - H]^-$ in the negative mode. The data obtained from LC-MS were subsequently entered into MassLynx 4.1 software.

Results

Identification of Phenolic Compounds by HPLC Analysis

There was some important peaks detected at wavelength 280 nm, identified as peak 1 (Rt = 25.90), peak 2 (Rt = 27.33), and peak 3 (Rt = 28.68) (Figure 1). The sample was further analyzed by using LC-ESI-MS in order to gain more information about the phenolic profile of the extract.

Identification of Phenolic Compounds by LC-ESI-MS

The phenolic compound identification was carried out according to retention times and peak areas. The main peak forming of the compounds at 280 and 350 nm chromatographic profiles were not different (Figure 2). The compounds were identified by comparison of the retention times, UV/vis spectra and molecular weight of the phenolic compound with available reference (Table 1). There was four main peaks matched with the referenced compounds, namely peak 1: lucenin-2; peak 2: vicenin-2, peak 3 and peak 4: isoschaftoside

and schaftoside. Mass spectrometric detection resulted in mass chromatograms for ions ($[M - H]^-$ at *m/z* ratios similar to those mentioned with reference. These identified compounds were corresponded to compounds found in quince seed (Silva et al., 2004; Mahalgaes et al., 2009).

Discussion

Quince (*C. oblonga*) seed methanolic extract was characterized by the presence of 9 phenolic compounds: 3-O-caffeoylquinic acids, 5-O-caffeoylquinic acids, lucenin-2, vicenin-2, stellarin-2, isoschaftoside, schaftoside, 6-C-pentosyl-8-C-glucosyl chrysoeriol and 6-C-glucosyl-8-C-pentosyl chrysoeriol, with C-glycosil flavones as the major phenolic compounds (85%) and stellarin-2 as the most abundant (18%) compound (Mahalgaes et al., 2009). The small amount of 4-O caffeoylquinic and 3,5-O dicaffeoylquinic acids were also detected in quince seeds (Silva et al., 2004).

Previous study reported the antioxidant activity effect of phenolic compound that similar to the compound found in Chinese quince seed extract. The C-glycosyl flavones isolated from tangelo (*Citrus reticulata* x *Citrus paradise*) juice showed DPPH radical scavenging activity at ca. 13%, the FRAP assay for up to 50% of the flavonoid activity and ABTS assay for up to ca. 14% (Barreca et al., 2013).

Different extraction method and solvent may result in different class of phenolic compound extracted. It was also depended on the complexity of various natural mixtures of phenolic compounds. Quince *C. oblonga* seeds aqueous extract was found to show antimicrobial effect against *Enterobacter aerogenes* (Silva and Oliveira, 2013) while the ethanolic extract was reported to exhibit antibacterial activity against *Staphylococcus aureus, S. epidermids, Klebsiella pneumonia, Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* (Alizadeh et al., 2013).

Summary

The present study showed that Chinese quince seed extract may contain similar compounds to that of normal quince seed. It could also be assumed that this extract might have similar benefit to those reported for quince seed.

Acknowledgements

We thank Mae Fah Luang University for funding the research and Shinshu University for providing laboratory equipment for this experiment.

Literature Cited

Alizadeh, H., Rahnema, M., Semnani, S. N. and Hajizadeh, N. 2013. Detection of compounds and antibacterial effect of quince (*Cydonia oblonga* Miller) extracts *in vitro* and *in vivo*. Journal of Biologically Active Products from Nature, 3 (5-6): 303–309.

Barreca, D., Bisignano, C., Ginestra, G., Bisignano, G., Leuzzi, U., Gattuso, G., Bellocco, E. 2013. Polymethoxylated, C- and O-glycosyl flavonoids in tangelo (*Citrus reticulata* x *Citrus paradisi*) juice and their influence on antioxidant properties. Food Chemistry, 141: 1481–1488.

Hamauzu, Y., Yasui, H., Inno, T., Kume, C. and Omanyuda, M. 2005. Phenolic profile, antioxidant property, and anti-influenza viral activity of Chinese quince (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.), quince (*Cydonia oblonga* Mill.), and apple (*Malus domestica* Mill.) fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 928–934.

Hamauzu, Y., Kume, C., Yasui, H. and Fujita, T. 2007. Reddish coloration of Chinese quince (*Pseudocydonia sinensis*) procyanidins during heat treatment and effect on antioxidant and antiinfluenza viral activities. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 1221–1226.

Mahalgaes, A. S., Silva, B. M., Pereira, J. A., Andrade, P. B., Valentao, P. and Carvalho, M. 2009. Protective effect of quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit against oxidative hemolysis of human erythrocytes. Food and Chemical Toxicology, 47: 1372-1377.

Silva, M., Andrade, P. B., Valentao, P., Ferreres, F., Seabra, R. M. and Ferreira, M. A. 2004. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52*:* 4705-4712.

Silva, F. G. and Oliveira, G. L. 2013. Popular knowledge and antimicrobial activity of *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae). Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 15(1): 98-103.

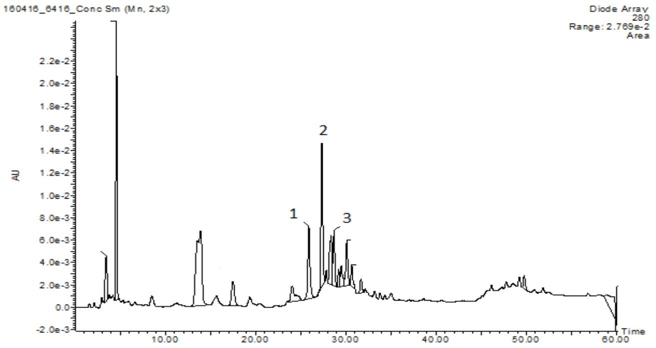


Figure 1. HPLC profile of Chinese quince seed aqueous extracts detected at 280 nm.

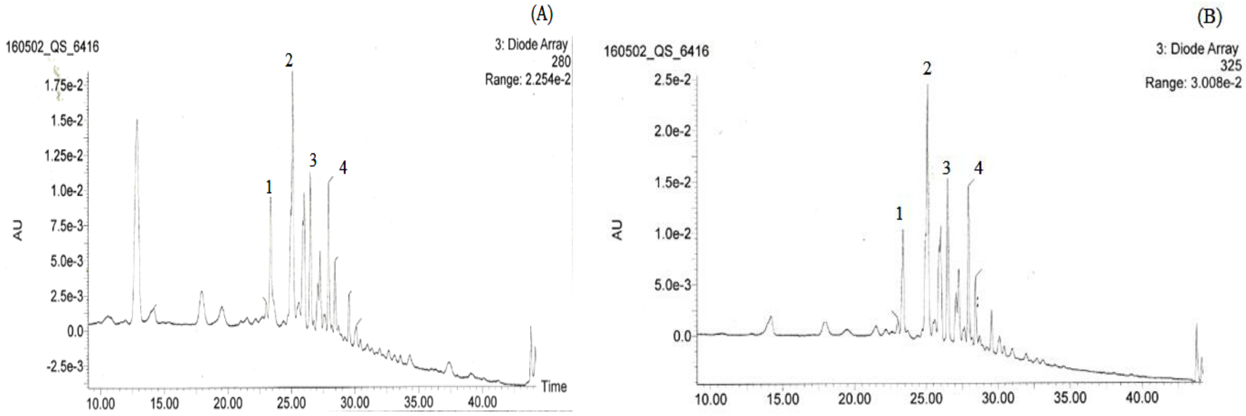


Figure 2. LC-ESI-MS profile of Chinese quince seed aqueous extracts detected at 280 (**A**) and 325 nm (**B**).

Table 1. LC-ESI-MS analysis of main phenolic in Chinese quince seed extracts.

Peak No	Av. Rt (min)	λ_{max} (240-500 nm)	$[M-H]^-$ (m/z)	M weight	Identity*
1	23.433	346.75	609.33	610.33	Lucenin-2
2	25.128	341.75	593.38	594.38	Vicenin-2
3	26.501	341.75	563.16	564.16	Isoschaftoside or Schaftoside
4	27.994	341.75	563.30	564.30	Isoschaftoside or Schaftoside

*Silva et al., 2004; Silva et al., 2005; Mahalgaes et al., 2009

การลด CO_2 ใน Biogas ที่ได้จากการหมักมูลนกกระทาร่วมกับเปลือกข้าวโพดโดยใช้ KOH(aq) และ NaOH(aq)

CO_2 Reduction in Biogas from Digestion of Quail Dung using KOH(aq) and NaOH(aq)

ธนัชพร ธานี[1] รัตนชัย ไพรินทร์[2] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]
Thanee, T.[1], Pairintra, R[2] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

To improve quality of biogas produced by quail dung and corn husks, the cow manure and 0.75 M KOH(aq)and NaOH(aq) were added for increasing CH_4 gas production. Results showed that the quail dung: cow manure at ratio of 1:2 yielded an average of CH_4 of 60.50% and the maximum of CH_4 of 76.26%, with average pH at 7.2. As a results, CO_2 levels could reduce by the addition of 0.75 M KOH(aq) and NaOH(aq).). The KOH(aq) had a greater effective in CO_2 reduction than NaOH(aq), which KOH(aq) could increase the CH_4 production up to 81.27% with an average CH_4 of 61.07%, and average CH_4 with NaOH(aq) was 64.98%. KOH(aq) increased CH_4 more than NaOH(aq) (16.29%). Moreover, the residue from the fermentation process could be used as a fertilizer.

Keywords: biogas, quail dung, corn husks, quality of biogas, KOH(aq) and NaOH(aq)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพของแก๊สชีวภาพที่ผลิตจากมูลนกกระทาและเปลือกข้าวโพด โดยการเติมมูลวัว และ KOH(aq) และNaOH(aq) ความเข้มข้น 0.75 M เพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์แก๊ส CH_4 จากการวิจัยพบว่าอัตราส่วนมูลนกกระทาต่อมูลวัว 1:2 (w/w) สามารถผลิตแก๊สชีวภาพที่ให้เปอร์เซ็นต์ CH_4 เฉลี่ย 60.50 และมี CH_4 สูงสุดเท่ากับ 76.26% และมี pH เฉลี่ยเท่ากับ 7.2 และผลการลด CO_2 ด้วย KOH(aq) และ NaOH(aq) พบว่า KOH(aq) มีประสิทธิภาพในการลด CO_2 ได้มากกว่า NaOH(aq) โดยสามารถเพิ่ม CH_4 สูงสุด 81.27% และ CH_4 เฉลี่ยเท่ากับ 61.07% ในขณะที่ NaOH(aq)เพิ่มCH_4 สูงสุดเพียง 64.98% ซึ่งการลดCO_2ด้วย KOH(aq) เพิ่ม CH_4 มากกว่า NaOH(aq) 16.29% และผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุด 696.15 ml/day มีค่าความร้อนเท่ากับ 0.0147 MJ/m^3 หากขยายสเกลเป็นถังหมักขนาด 200 ลิตร มูลจากนกกระทา 500 ตัวจะสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 53 m^3/year มีค่าความร้อนเท่ากับ 1113 MJ/m^3 สามารถทดแทนแก๊สหุงต้ม (LPG) ได้ 36.68 kg/year ทดแทนน้ำมันเตาได้ 40.15 L/year และทดแทนพลังงานไฟฟ้าได้ 80.3 kWh นอกจากนั้นแล้วน้ำหมักที่ผ่านกระบวนการหมักแล้วยังสามารถนำมาผสมกับน้ำเปล่าทำเป็นปุ๋ยเพื่อใช้บำรุงดินได้อีกด้วย

คำสำคัญ: แก๊สชีวภาพ มูลนกกระทา เปลือกข้าวโพด การปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพ สารละลาย KOH

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรในประเทศไทยนิยมทำฟาร์มนกกระทากันมากขึ้น จากข้อมูลของกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ระบุว่า ในปี 2550 มีจำนวนประชากรนกกระทาสูงถึง 5,296,054 ตัว โดยนกกระทา 1 ตัวจะถ่ายมูลประมาณ 7.8 กรัม/ตัว/วันหรือ 414ตัน/ปี (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551) (ขาดเอกสารอ้างอิง) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาได้แก่ กลิ่นมูลนกกระทา แมลงพาหะนำเชื้อโรค ดังนั้นการนำมูลนกกระทานมาผลิตเป็นแก๊สชีวภาพ นอกจากจะลดปัญหาดังกล่าวยังสามารถเปลี่ยนมูลนกให้กลายมาเป็นพลังงานทดแทน เช่น แก๊สชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วย CH_4 50-75% และ CO_2 36-39 %(Nghiem et al., 2014) นอกจากนั้นยังมีเปลือกข้าวโพดซึ่งเป็นของเสียทางการเกษตรที่ถูกทิ้งให้เป็นขยะมูลฝอยโดยข้อมูลจากสมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป (การพัฒนาอุตสหกรรมข้าวโพดหวานไทย) ระบุว่า ในปี 2556 มีผลผลิตประมาณ 365.061 ตัน (Nghiem et al., 2014) (ขาดเอกสารอ้างอิง) และเพื่อเป็นการลด CO_2 ซึ่งเป็นสาเหตุของสภาวะโลก

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140
[1] Department Energy Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi
[2] สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน 10150
[2] Department Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

ร้อนและเพื่อกักเก็บCH_4 ให้มากที่สุด งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการปรับลด CO_2 จากการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อเป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ CH_4 ซึ่งจะช่วยให้แก๊สชีวภาพมีค่าความร้อนมากขึ้นทำให้จุดติดไฟต่อเนื่อง :ซึ่งแก๊สชีวภาพที่สามารถจุดติดไฟต้องมีสัดส่วนของCH_4 สูงกว่าร้อยละ 50 การเพิ่มคุณภาพแก๊สชีวภาพโดยการลด CO_2 มีผลต่อการจุดติดไฟ แก๊สชีวภาพที่มีปริมาณ CO_2 สูงมากจะไม่สามารถจุดติดไฟได้ ดังนั้นเพื่อเพิ่มความเข้มข้น CH_4 โดยการลดปริมาณ CO_2 ซึ่งการปรับลด CO_2 มีหลายวิธี เช่น water scrubber, pressure swing adsorption, membrane separation และ chemical adsorption ซึ่งเป็นการใช้สารเคมีดูดซับ CO_2 ในปี 2558 Tippayawong และคณะ ศึกษาการกำจัด CO_2จากแก๊สชีวภาพโดยการใช้ $Ca(OH)_2$ กับ NaOH และโมโนเอทาโนลาไมน์ พบว่าสามารถกำจัด CO_2ออกจากแก๊สชีวภาพได้มากกว่า 90% และ mono ethanolamine มีประสิทธิภาพเวลาในการดูดซับสูงกว่า NaOH ที่มีระยะเวลาในการดูดซับ 100 นาที และ $Ca(OH)_2$ มีระยะเวลาการดูดซับ 50 นาที สำหรับการศึกษาโดยเดชา (2557) ที่ศึกษาการแยก CO_2 ออกจากแก๊สชีวภาพ โดยแก๊สชีวภาพที่ไม่ปรับลด CO_2 มี CH_4 เฉลี่ยเท่ากับ 52.86% ผลการใช้สารละลาย NaOH และ $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้น 0.75 M ส่งผลให้มี CH_4 เฉลี่ยเท่ากับ 65.52% และ 61.18% ตามลำดับ โดยผลเปรียบเทียบระหว่างการใช้สารละลาย NaOH กับ $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้น 0.1 M, 0.25 M, 0.50 M และ 0.75 M พบว่าสารละลาย NaOH ดูดซับ CO_2ได้ดีกว่า $Ca(OH)_2$ อยู่ 6.97%, 11.59%, 9.23%, และ 12.44% ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการนำมูลนกกระทาและเปลือกข้าวโพดซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ และเพื่อปรับปรุงคุณภาพของ biogas ที่ผลิตได้โดยการลด CO_2 จาก biogas ด้วย KOH(aq) และ NaOH(aq)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้คือ มูลนกกระทา มูลวัวและเปลือกข้าวโพด โดยใช้มูลวัวเป็นหัวเชื้อ (1% โดยปริมาตร) ซึ่งเปลือกข้าวโพดมี C/N ratio สูงเท่ากับ 40 ในขณะที่มูลนกกระทามี C/N ratio เท่ากับ 10 ดังนั้นเมื่อนำเปลือกข้าวโพดที่มี C/N ratio สูงมาหมักร่วมกับวัตถุดิบที่มี C/N ratio ต่ำ (มูลนกกระทา) ทำให้ C/N ratio อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (20-30) โดยหมักในถังหมักขนาด 5 ลิตรโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการหมักมูลกระทากับมูลวัว โดยใช้ 3 อัตราส่วน (โดยปริมาตร) คือ 1:1, 1:2 และ 1:3 ในปริมาตรการหมักทั้งหมด 4 ลิตร ปรับ pH เริ่มต้นให้เท่ากับ 10 ด้วย NaOH(aq) วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ได้แก่ pH ปริมาณแก๊สชีวภาพ และองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ ส่วนที่ 2 การปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพโดยเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการทดลองส่วนที่ 1 มาหมักอีกครั้ง โดยทดลองเหมือนเดิม ใช้ KOH(aq) และ NaOH(aq) ความเข้มข้น 0.75 M ในการลด CO_2 โดยใช้สารละลายนี้แทนน้ำ วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆคือ pH ปริมาณแก๊สชีวภาพ องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ ค่า COD และ BOD

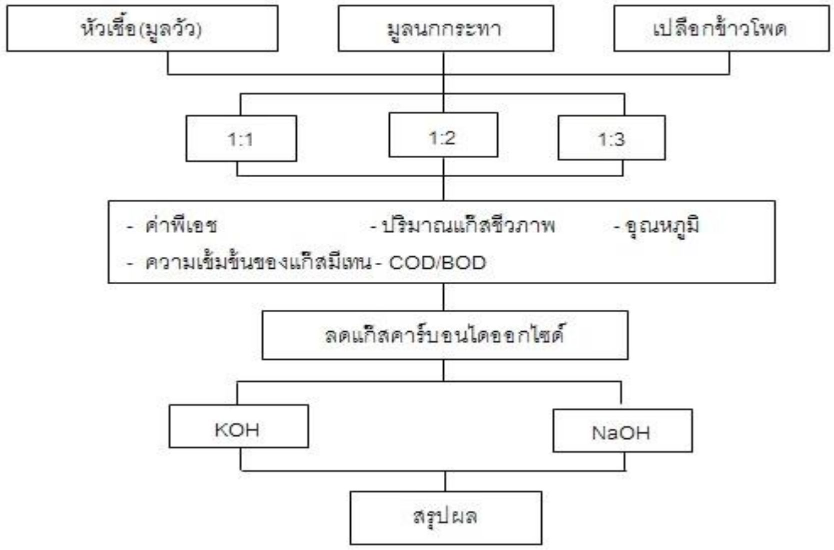


Figure 1 Experiment diagrams

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง Figure 2 pH เริ่มต้นของการหมักมูลนกกระทาร่วมกับเปลือกข้าวโพดทั้ง 3 อัตราส่วนถูกปรับให้เท่ากับ 10 ด้วยสารละลาย NaOH เพื่อป้องกันระบบล้มเหลวเนื่องจากช่วง Hydrolysis จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ pHลดลง ทุกอัตราส่วนของการทดลอง โดย pH เฉลี่ย เท่ากับ 7.2 ในขณะที่ อัตราส่วน 1: 1 หลังจากวันที่ 24 pH ลดลง เท่ากับ 6 ซึ่งอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดเพราะมีมูลนกกระทามากเกินไป ซึ่งในมูลนกกระทามีไนโตรเจน 9.28 % และมี pHเริ่มต้นเท่ากับ 5 จากการทดลองของ Apple และคณะ (2551) รายงานว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมของต่อการทำงานของจุลินทรีย์พวกเมทาโนเจน (Methanogen bacteria) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในการผลิตแก๊สมีเทนคือ 6.5-7.2

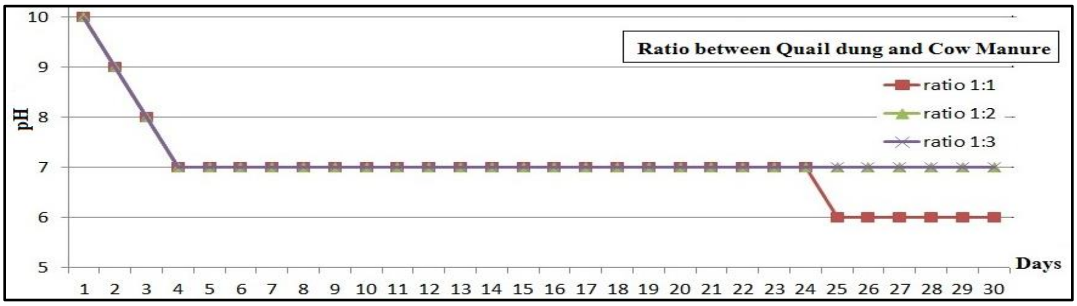


Figure 2 Daily pH value

จาก Figure 3 เปอร์เซ็นต์ CH_4ของอัตราส่วน 1:2 มีแนวโน้มสูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆโดยอัตราส่วน 1:1 มี CH_4เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 43% เพราะมีปริมาณเปลือกข้าวโพดมาก ซึ่งมี C/N Ratio เท่ากับ 25 ในขณะที่อัตราส่วน 1:2 และ 1:3 นั้นมี CH_4สูงสุดเท่ากับ 76.26 และ 76.95 ตามลำดับแต่ CH_4โดยเฉลี่ยของอัตราส่วน 1:2 นั้นมากกว่า 1:3 ถึง 12.04% และผลการวิเคราะห์ COD, BOD เริ่มต้นและหลังการหมักนั้นค่า COD ลดลง 31.13% ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์และค่า BOD มีค่าลดลง 41.05 % จากการทดลองของชัยณรงค์ (2551) ศึกษาการหมักแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ปีกร่วมกับมูลสัตว์ชนิดอื่น พบว่า มูลนกพิราบ มูลค้างคาว มูลนกผสมมูลวัว และมูลนกพิราบผสมมูลค้างคาวให้ CH_4 เท่ากับ 63%, 67% , 68% และ 75% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามูลนกเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ และการหมักมูลนกร่วมกับมูลวัวก็สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ CH_4 เพราะมูลนกและมูลวัวนั้นมีค่า C/N Ratio เท่ากับ 10 และ 24 ตามลำดับ เมื่อนำมาหมักร่วมค่า C/N Ratio จึงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (C/N Ratio ที่เหมาะสมเท่ากับ 20-30) ดังนั้นอัตราส่วน 1:2 มีค่า C/N Ratio เท่ากับ 30 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มี C/N Ratio เท่ากับ 25 และ 32.5 ตามลำดับและผลการลด CO_2 ดัง Figure 4 สำหรับอัตราส่วน 1:2 ด้วย KOH(aq) และ NaOH(aq) 0.75 M พบว่า KOH(aq) สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ CH_4 ได้สูงสุด และสูงกว่า NaOH(aq) 16.29% และมากกว่าน้ำธรรมดา 5.01% ทั้งนี้เพราะว่าการใช้สารละลายด่างหรือเบสแทนน้ำจะทำให้แก๊ส CO_2 ที่ไหลผ่านเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นกรดอ่อน จึงทำให้มีสภาวะเป็นกลาง และเนื่องจาก KOH(aq) เป็นเบสแก่ที่มี Base strength มากกว่า NaOH(aq) ซึ่งสามารถเรียงลำดับความแรงของเบสได้ตามตารางธาตุจากล่างขึ้นบน (พิทยาและคณะ, 2559) ดังนั้นจึงทำให้แตกตัวได้ดีกว่าและสามารถดูดซับ CO_2 ได้มากกว่า

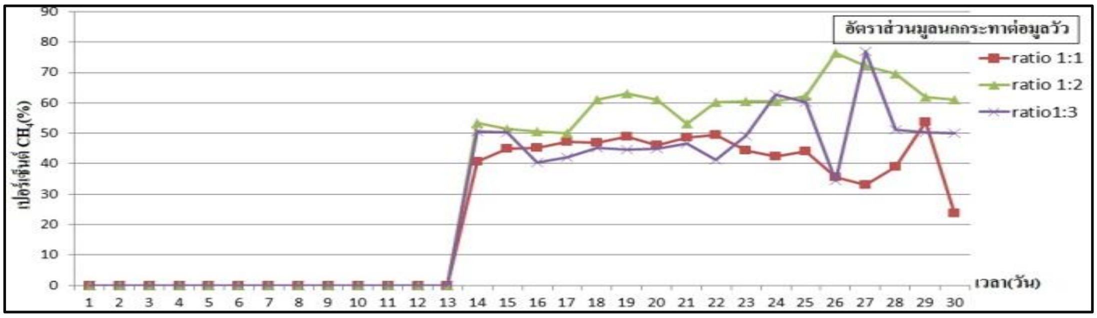


Figure 3 Methane production(%) before reduce CO_2

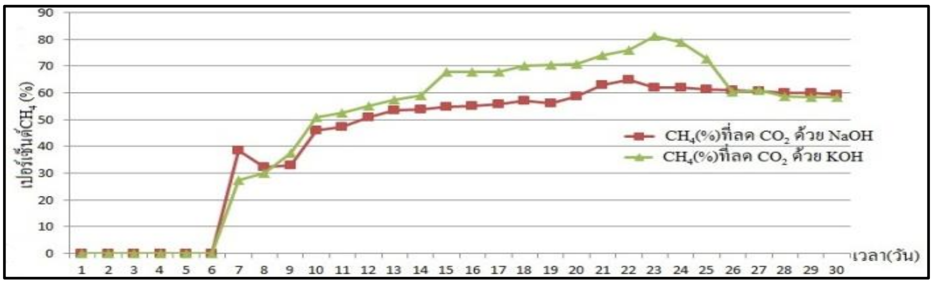


Figure 4 Methane production(%) after reduced CO_2 by NaOH(aq) and KOH(aq) 0.75 M

สรุปผล

จากการวิจัยพบว่าการหมักมูลนกกระทาต่อเปลือกข้าวโพดที่อัตราส่วน 1:2 นั้นคืออัตราส่วนที่เหมาะสมเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ CH_4 เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 60.50% และเปอร์เซ็นต์ CH_4 สูงที่สุดเท่ากับ 76.26 ในวันที่ 26 และมี pH เฉลี่ยเท่ากับ 7.2 และจากการทดลองลด CO_2 โดย KOH(aq) และ NaOH(aq) 0.75 M นั้นสรุปได้ว่า KOH(aq) มีประสิทธิภาพในการดูดซับ CO_2 มากกว่า NaOH(aq)โดยสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ CH_4 สูงสุดเท่ากับ 81.27 และ CH_4 เฉลี่ยเท่ากับ 61.07% ซึ่งมากกว่าการใช้ NaOH(aq) 7.88% สำหรับถังหมักขนาด 5 ลิตรสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุด 696.15 ml./day มีค่าความร้อนเท่ากับ 0.0147 MJ/m^3 หากขยายสเกลเป็นถังหมักขนาด 200 ลิตร มูลจากนกกระทา 500 ตัว (ถ่ายมูลเท่ากับ 1.42 tons/year) สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 53 m^3/year มีค่าความร้อนเท่ากับ 1113 MJ/m^3 สามารถทดแทนแก๊สหุงต้ม (LPG) ได้ 36.68 kg/year ทดแทนน้ำมันเตาได้ 40.15 L./year และทดแทนพลังงานไฟฟ้าได้ 80.3 kWh นอกจากนั้นกากตะกอนที่เหลือจากการหมักสามารถนำไปทำเป็นปุ๋ยน้ำโดยผสมกากตะกอนกับน้ำเปล่าเพื่อเจือจางความเข้มข้นและนำไปใช้บำรุงดินส่วน KOH(aq) และ NaOH(aq) ที่ผ่านการใช้งานในการลด CO_2 แล้วสามารถนำกลับมาใช้เพื่อสารละลายเบสในการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นได้หรือสามารถนำกลับมาใช้ลด CO_2 ซ้ำได้อีกซึ่งประสิทธิภาพในการดูดซับ CO_2 ก็จะลดลงตามจำนวนครั้งที่นำกลับมาใช้ สำหรับการทดลองครั้งต่อไปควรใช้สารละลายเบสที่เป็น Heterogeneous เช่น CaO ซึ่ง CaO สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีกและควรศึกษาการนำกระดูกและเปลือกไข่นกกระทามาเผาเพื่อให้ได้ CaO และนำมาใช้ในการลด CO_2

เอกสารอ้างอิง

Appels, L., Baeyens, J., Degreve, J. and Dewil, R., 2008. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. Progress in Energy and Combustion Science, 34, 755–781.

Nghiem, L. Nguyen, T. Manassa, P. Fitzgerald, S. Dawson, M. and Vierboom, S. 2014, “Co-digestion of sewage sludge and crude glycerol for on-demand biogas production”, International Biodeterioration & Biodegradation, Vol. 95, PP. 160-166.

Tippayawong, N. Thanompongchart, P. 2010, “Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO_2 and H_2S in a packed column reactor”, Energy, pp.4531-4535. Available: Science Direct [2015, August 5].

เดชา โฉมงามดี, 2557, ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพด้วยการแยกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากแก๊สชีวภาพ, ปัญหาพิเศษปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี[30 ตุลาคม 2558]

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551, “ข้อมูลสถิติปศุสัตว์”, [Online], Available : http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/13-statistic [30 ตุลาคม 2558]

ชัยณรงค์ ธรรมกูล, 2551, ถังหมักแก๊สชีวภาพขนาดเล็กจากมูลนกพิราบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี[30 ตุลาคม 2558]

พิทยา สีสดลและคณะ, 2559, เคมีเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 4, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง , กรุงเทพมหานคร

วรวัธน์ อัสดรนิธีและศศิธร ชิ้มประเสริฐ, 2557, การพัฒนาอุตสหกรรมข้าวโพดหวานไทย, [Online], Available : http://www.ap.mju ac.th/webpage/seminar/download/26%20feb%202014.pdf

การผลิตหัวเชื้อเหลวของเห็ดยานางิ (*Agrocybe cylindracea* (Dc. ex. Fr.) Maire.) ในอาหารเหลวราคาถูก

Production of Low-Cost Liquid Medium of Liquid Spawn of Yanagi Mushroom (*Agrocybe cylindracea* (Dc. ex. Fr.) Maire.)

กชพร คุ้มวงษา[1] และ เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง[1]
Khumwongsa, K.[1] and Mekvichitsang, P.[1]

Abstract

The aim of this study is to produce low-cost liquid medium of liquid spawn of yanagi mushroom and to investigate its ability to colonize in the substrate cultured bag. The liquid spawn was produced in medium which contained mainly rice flour and sugar by shake flask culture. After 7 days of cultivation, mycelial dry weight was 8.16±0.28 g/l which is three times higher than that obtained with potato glucose broth medium, and lowered raw material costs 4 times. Ten ml of inoculum was inoculated to substrate bags around 800-1000 g in weight. Full mycelial colonization without contamination in culture bag was achieved 5 days earlier with the liquid spawn than with the sorghum grain spawn.
Keywords: Yanagi mushroom, liquid spawn

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตหัวเชื้อเหลวของเห็ดยานางิในอาหารเหลวราคาถูกและใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับใส่ในถุงอาหารเพาะเห็ด การผลิตหัวเชื้อเหลวในอาหารที่มีส่วนประกอบหลักคือแป้งข้าวเจ้าและน้ำตาลทรายในฟลาสค์แบบเขย่า เป็นเวลา 7 วัน ทำให้เชื้อเจริญได้น้ำหนักแห้งเส้นใยเท่ากับ 8.16±0.28 กรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่า 2 เท่าเมื่อเทียบกับอาหาร Potato glucose broth อีกทั้งยังมีราคาต้นทุนวัตถุดิบถูกกว่า 4 เท่า เมื่อใส่หัวเชื้อเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในถุงอาหารสำหรับ เพาะเห็ดขนาด 800-1000 กรัม พบว่าเชื้อสามารถเจริญจนเส้นใยเต็มถุงโดยไม่พบการปนเปื้อนเชื้ออื่นและใช้เวลาเร็วกว่า 5 วัน เมื่อเทียบหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง
คำสำคัญ: เห็ดยานางิ หัวเชื้อเหลว

คำนำ

เห็ดยานางิหรือเห็ดโคนญี่ปุ่นมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Agrocybe cylindracea* (Dc. Ex. Fr.) Maire มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Yanagi-mutsutake (ปรีชา,2551) เป็นเห็ดกินได้และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Cheung, 2008) สามารถเพาะจากก้อนเชื้อถุงเห็ดและมีราคาขายสูงกว่า 100 บาทต่อกิโลกรัม การผลิตหัวเชื้อเห็ดบนเมล็ดข้าวฟ่างมีวิธีการเตรียมหลายขั้นตอน ใช้บ่มเชื้อเวลานาน 10-12 วัน (ปรีชา, 2551) และมีโอกาสปนเปื้อนเชื้ออื่นสูง จึงมีการพัฒนาการผลิตหัวเชื้อเห็ดในอาหารเหลว ซึ่งสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อภายใต้สภาวะปิดได้ การใช้หัวเชื้อเหลวจะมีข้อดี เช่น หัวเชื้อ กระจายในถุงอาหารผสมสำหรับเพาะเห็ดได้ดี ได้ดอกเห็ดเร็วและปริมาณมาก (Abdullah และคณะ, 2013) โดย Cheong และคณะ (2003) รายงานว่าหัวเชื้อเห็ดยานางิในอาหารเหลว PSB (potatoes extract sugar broth) สามารถเจริญในขวด เพาะเห็ดเร็วกว่าหัวเชื้อบนขี้เลื่อย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีการผลิตหัวเชื้อเหลวของเห็ดยานางิในอาหารเหลวราคาถูก เมื่อเทียบกับอาหาร potatoes glucose broth (PGB) และนำมาใช้เป็นหัวเชื้อในถุงเพาะเห็ดเปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อ เมล็ดข้าวฟ่างเพื่อลดระยะเวลาการผลิตหัวเชื้อเห็ดลง

[1]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi , 49 TienThale 25 Rd., Bangkuntien, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดยานางิ (จากฟาร์มเพาะเห็ด bassbio) บนอาหารวุ้น potato glucose agar (PGA) ที่เตรียมจากน้ำมันฝรั่งต้ม 200 g/L กลูโคส 20 g/L และผงวุ้น 15 g/L ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เริ่มต้น 6.0 บ่มในที่มืด อุณหภูมิ 30°C การศึกษาด้วย cork borer ขนาด 8 mm. ใส่เชื้อจำนวน 10 ชิ้น; วิธีที่ 2 ทำโดยปั่นเชื้อที่เจริญบนอาหาร PGA ในน้ำกลั่น 50 ml ต่อเชื้อ 1 จานเพาะเชื้อ ปั่นด้วยอัตราเร็ว 18,000 รอบต่อนาที (Waring® blender, USA) จำนวน 3-4 รอบ นานรอบละไม่เกิน 10 วินาที ใส่เชื้อ 10% โดยปริมาตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PGB (PGA ที่ไม่เติมวุ้น) เพาะเลี้ยงเชื้อปริมาตร 50 ml ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml เขย่าด้วย rotary shaker ที่ความเร็ว150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 28°C และ 30°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วหาน้ำหนักแห้งเส้นใยโดยกรองล้างเส้นใยแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80°C นาน 16-18 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ศึกษาผลของค่า pH เริ่มต้นต่อการเจริญของเชื้อในอาหารเหลว PGB ที่มีค่า pH 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 โดยใช้หัวเชื้อที่เตรียมด้วยวิธีที่ 2 จากนั้นศึกษาการเจริญของเชื้อในอาหารเหลวชนิดต่างๆที่มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบอาหารเหลว PGB รวมทั้งศึกษาผลของการเขย่าที่ความเร็ว 130,150 และ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 28-30°C เป็นเวลา 7 วัน วิเคราะห์น้ำหนักแห้งเส้นใยเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลว PGB จากนั้นศึกษาการเจริญหัวเชื้อเหลวที่ผลิตได้ในถุงเพาะเห็ด(ประกอบด้วยขี้เลื่อยยางพารา รำข้าวเจ้า ยิปซัม ปูนขาว อีเอ็ม ดีเกลือ ยูเรียและน้ำ; จากฟาร์มเพาะเห็ด bassbio) ขนาด 800-1000 กรัมต่อถุง โดยดูดหัวเชื้อเหลวปริมาตร 5, 10 และ 20 ml ใส่ลงในถุงเพาะเห็ดนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25°C (ปรีชา, 2551) จนเส้นใยเจริญเต็มถุงเปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง (จากฟาร์มเพาะเห็ด bassbio) 30 เมล็ดต่อ 1 ถุง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเตรียมหัวเชื้อโดยวิธีปั่นเส้นใยส่งผลให้เชื้อเจริญเป็น pellet (เส้นใยที่เกาะกันเป็นก้อนกลม) ขนาดเล็กและได้น้ำหนักแห้งเส้นใยสูงกว่าการเตรียมหัวเชื้อโดยการตัดเส้นใยด้วย cork borer ขนาด 8 มม. อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 1 เชื้อเห็ดยานางิเจริญในอาหารเหลว PGB ที่มีค่า pH เริ่มต้น 6.0 ได้น้ำหนักแห้งเส้นใยสูงกว่าแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากค่า pH อื่นๆ ในช่วง 5.0-7.0 ดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่ใช้อาหารเหลวสูตร mushroom complete medium (Kim และคณะ, 2005) เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดในอาหารเหลวสูตรที่มีแป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทราย ยีสต์สกัด แคลเซียมคลอไรด์ และแร่ธาตุจำเป็นชนิดต่างๆ เชื้อเจริญได้น้ำหนักแห้งเส้นใยสูงที่สุดเท่ากับ 8.16±1.37 g/L (Table2) ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ซึ่งสูงกว่า 3 เท่าเมื่อเทียบกับการใช้อาหารสูตร PGB เป็นเพราะมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อมากกว่า คือแป้งข้าวเจ้าและน้ำตาลทรายเป็นแหล่งคาร์บอน ยีสต์สกัดเป็นแหล่ง คาร์บอน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ วิตามินบีรวม สารที่จำเป็นสำหรับการเจริญ (growth factor) และแร่ธาตุสำคัญถึง 18 ชนิด ส่วน $CaCl_2$ เป็นแหล่งแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ช่วยในการเจริญของส่วนปลายเส้นใย และที่ความเข้มข้น 1 g/L ช่วยให้ผนังเซลล์หนาขึ้นมีน้ำหนักแห้งเส้นใยเพิ่มขึ้น KH_2PO_4, $ZnSO_4$ และ $MgSO_4$เป็นแหล่งของแร่ธาตุที่เห็ดยานางิต้องการในการเจริญเติบโต โดยมีรายงานว่าการเติมแร่ธาตุเหล่านี้ลงในอาหารเหลวที่ความเข้มข้นชนิดละ 30 mg/L (0.003%) ช่วยให้เชื้อเห็ดยานางิเจริญได้น้ำหนักแห้งเส้นใยดีกว่าที่ความเข้มข้นอื่นในช่วง 0-0.03% (Yoshida และคณะ, 1992) การเพิ่มความเร็วรอบในการเขย่าจาก 130 เป็น 150 รอบต่อนาทีส่งผลให้เชื้อเจริญได้น้ำหนักแห้งเส้นใยสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเป็น 200 รอบต่อนาที เชื้อเจริญได้น้ำหนักแห้งเส้นใยลดลง (Figure 2) สอดคล้องกับรายงานการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดชนิดอื่นก่อนหน้านี้ (Nguyen et al.,2012) ซึ่งอธิบายได้ว่าการกวนแม้จะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการผสม การถ่ายโอนมวลและความร้อน แต่ก็ก่อให้เกิดแรงเฉือน (shear force) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา การผันแปรของการเจริญเติบโตและการสร้างสารผลิตภัณฑ์ และทำลายโครงสร้างของเซลล์ (Kim และคณะ, 2006) หัวเชื้อเหลวของเห็ดยานางิเจริญเต็มถุงเพาะเห็ดเร็วกว่าหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง เป็นเพราะมีการกระจายผสมกับอาหารในถุงเพาะเห็ด (Eyal,1991) ได้ดีกว่าหัวเชื้อเหลวที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร ที่มีองค์ประกอบหลักคือด้วยแป้งข้าวเจ้าและน้ำตาลทราย ปริมาตร 5 ml สามารถเจริญเต็มถุงเพาะเห็ดด้วยเวลาเท่ากับหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่างจำนวน 30 เมล็ด และการใส่หัวเชื้อเหลวเพิ่มเป็น 10 ml พบว่าเชื้อเจริญเต็มถุงเร็วขึ้น 5 วันแต่เมื่อเพิ่มปริมาตรเป็น 20 ml ไม่ส่งผลให้เชื้อเจริญเร็วขึ้น ดังแสดงใน Table3

การค้นพบในงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยต่อไปที่จะสามารถขยายการผลิตหัวเชื้อเหลวของเห็ดยานางิได้ปริมาณมากในเวลาสั้นได้ตลอดปี อย่างไรก็ตามยังคงต้องคำนึงการปนเปื้อนหลังการผลิต รูปแบบการขนส่ง และระยะเวลาการเก็บรักษา (Wang และคณะ, 2011) ซึ่งถือเป็นประเด็นสำคัญที่ควรคำนึงถึงสำหรับการวิจัยต่อไป

สรุปผล

การผลิตหัวเชื้อเหลวของเห็ดยานางิในอาหารเหลวที่มีองค์ประกอบหลักคือแป้งข้าวเจ้าและน้ำตาลทราย ในเวลา 7 วัน ได้น้ำหนักแห้งเส้นใยเชื้อสูงกว่าการใช้อาหารเหลว PGB 3 เท่าด้วยราคาวัตถุดิบที่ถูกกว่า 4 เท่า และหัวเชื้อเหลวที่ผลิตได้สามารถเจริญเต็มถุงเพาะเห็ดเร็วกว่าหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง 5 วัน โดยไม่พบการปนเปื้อนจากเชื้อราอื่น

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ได้สนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินงานวิจัย ซึ่งเป็นทุนวิจัยหมวดเงินอุดหนุนที่ได้รับการจัดสรรจากรัฐ และขอขอบคุณสถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่และเครื่องมือต่างๆ สำหรับการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ปรีชา รัตนัง. เห็ดยานางิ/เห็ดโคนญี่ปุ่น, สาขาพืชผัก ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ [สืบค้น]: http://www.vegetweb.com/wp/Yanagimatsutake.pdf [13/Sep/13].

Abdullah, N., Ismail, R., Johari, N. M. K., Annuar, M.S.M., 2013, Production of liquid spawn of an edible grey oyster mushroom, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél by submerged fermentation and sporophore yield on rubber wood sawdust. Scientia Horticulturae, 161: 65–69.

Cheung, Peter C., 2008, Mushrooms as functional foods. John Wiley & Sons, Inc. United states of America, 267 p.

Cheong, J. C., Hong, I. P., Jang, K. Y., and Park, J. S., 2003, Culture condition and inoculum volume of liquid spawn on the bottled cultivation of *Agrocybe cylindracea*. The Korean journal of mycology, 31(2): 94-97.

Eyal, J., 1991, Mushroom mycelium grown in submerged culture– Potential food applications. In: Goldberg I, Williams R, eds. Biotechnology and Food Ingredients. New York: Van Nostrand Reinhold, pp. 31–64.

Kim, H. O., Lim, J. M. , Joo, J. H., Kim, S. W., Hwang, H. J., Choi, J. W., and Yun, J. W., 2005, Optimization of submerged culture condition for the production of mycelial biomass and exopolysaccharides by *Agrocybe cylindracea*. Bioresource Technology, 96: 1175-1182.

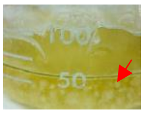
Kim, H. M., Kim, S. W., Hwang, H. J., Park, M. K., Mahmoud, Y. A. G., Choi, J. W., and Yun, J.W. 2006, Influence of agitation intensity and aeration rate on production of antioxidative exopolysaccharides from submerged mycelial culture of *Ganoderma resinaceum*. Journal of Microbiology and Biotechnology, 16(8): 1240–1247.

Nguyen, H. N., Wang, T.C., Lin, T. C., and Guo, J. H., 2012, Optimal conditions for mycelia biomass and extracellular polysaccharides of *Grifola frondosa*: Effect of agitation speed, inoculum ratio and initial pH. African Journal of Biotechnology, 11(23): 6317-6326.

Wang, L., Li, Y., Li, D., Zhaung, C., Qi, Y., Gao, Y., Shen, J., and Qui, L., 2011, Immobilization of mycelial pellets from liquid spawn of oyster mushroom based on carrier adsorption. HortTechnology, 21(1): 82-86.

Yoshida, H., Fujimoto, S., and Hayashi, J., 1992, Nutritional requirement for the vegetative growth of *Agrocybe cylindracea* (Yanagi matutake mushroom). Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 39(6): 496-503.

Table 1. Effect of inoculum size on mycelial growth of yanagi mushroom in PGB medium in shake flask culture after 7 days of incubation at 28°C and 30°C, 150 rpm.

Inoculum size	Apperance of liquid culture	Mycelial dry weight (g/L)	
		28°C	30°C
		1.77±0.12a*	1.25±0.10a
		2.75±0.14b	2.45±0.20a

Red arrow pointed the morphology of inoculum and product of liquid culture.
*All data were mean±SD of triplicate experiment. Difference letters represent significance difference at p ≤0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 2. Effect of medium composition on mycelial growth of yanagi mushroom in shake flask culture after 7 days of incubation at 28-30°C, 150 rpm and initial pH 6.0.

Medium	Composition (g/L)	Price (Bht./L)	Mycelial dry weight (g/L)
PGB	Potatoes (200),glucose (20)	29.97	2.22±0.21a*
1	Potatoes(200),sucrose(20)	6.44	2.40±0.34a
2	Potatoes(200),sucrose(30)	6.66	2.54±0.68a
3	Potatoes(200),sucrose(50), $CaCO_3$(2)	9.03	2.88±0.15a
4	Potatoes(200),sucrose(50), yeast extract(1), $CaCO_3$(2), K_2HPO_4(1), $MgSO_4.7H_2O$(0.5), KH_2PO_4(0.46),	11.55	5.56±0.52b
5	Rice flour(20),sucrose(20), yeast extract(2),$CaCl_2$(2), $MgSO_4.7H_2O$(0.03), KH_2PO_4(0.03),$ZnSO_4.7H_2O$(0.03)	7. 25	8.16±0.28b
6	Rice flour(20),molasses(20), yeast extract(2),$CaCl_2$(2), $MgSO_4.7H_2O$(0.03), KH_2PO^4(0.03),$ZnSO_4.7H_2O$(0.03)	7.04	6.70±0.30c

*Difference letters represent significance difference at p ≤0.05 by Duncan's multiple range test.

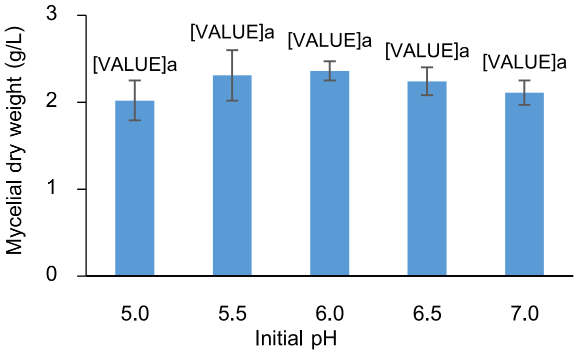


Figure1. Effect of initial pH on mycelial growth of yanagi mushroom in shake flask culture after 7 days of cultivation at 26°C. All data were mean ± SD of triplicate experiment. *Same letter denotes non-significant difference at p > 0.05 by Duncan's multiple range test.

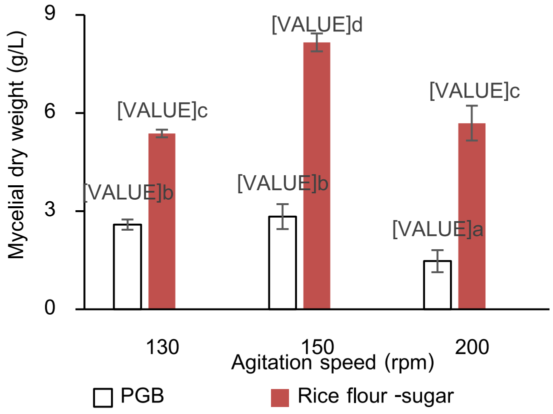


Figure 2. Effect of agitation speed on mycelial growth of yanagi mushroom in rice flour-sugar containing medium and PGB medium in shake flask culture after 7 days of incubation at 28-30°C. All data were mean±SD of triplicate experiment. Difference letters represent significance difference at p≤0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 3. Effect of inoculation volume of liquid spawn of yanagi mushroom on substrate colonization

Liquid spawn Inoculum (ml)	Total colonization period (days)
5	5oa*
10	45b
20	45b
Control	50a

(sorghum grain spawn 30 grains)
*Difference letters represent significance difference at p ≤0.05 by Duncan's multiple range test.

ผลของการทดแทนอะซีซัลเฟม-เคต่อคุณภาพของแยมผลไม้รวม

Effect of Acesulfame-K Substitution on Qualities of Mixed Fruit Jam

กุหลาบ สิทธิสวนจิก[1] และ ปราณี บัวชุม[1]

Sittisuanjik, K.[1] and Buachum, P.[1]

Abstract

This study was to investigate the physicochemical and sensorial characteristics of mixed fruit jam. All the jam samples were prepared from bilimbi fruit and pineapple pulp, and substitution of sucrose with acesulfame-K (0%, 10%, 20%, 30% and 40%). Results showed that substitution levels of acesulfame-K affected physicochemical and sensorial characteristics of mixed fruit jam ($p \leq 0.05$). Moisture content, water activity (a_w), titratable acidity and viscosity increased when acesulfame-K replacement increased. Whereas, pH values, total soluble solids, and total calories of mixed fruit jam were decreased. In addition, acesulfame-K substituted for sucrose at 10% and 20% showed the same acceptability in appearance, color, spread ability, odor, texture, sourness, sweetness, and overall acceptability as the control ($p > 0.05$).

Keywords: mixed fruit jam, acesulfame-K, physicochemical property, sensorial property

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของแยมผลไม้รวม แยมทุกตัวอย่างเตรียมจากตะลิงปลิงและสับปะรด และทำการทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม- เค (0%, 10%, 20%, 30% และ 40%) ผลการศึกษาพบว่าระดับการทดแทนอะซีซัลเฟม- เคส่งผลต่อคุณลักษณะด้านเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของแยมผลไม้รวม ($p \leq 0.05$) ปริมาณอะซีซัลเฟม- เค ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น น้ำอิสระ (a_w) ปริมาณกรด และค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและพลังงานรวมของ แยมผลไม้รวมลดลง นอกจากนี้การทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม-เคที่ระดับ 10% และ 20% ได้รับการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี การกระจายตัว กลิ่น เนื้อสัมผัส รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: แยมผลไม้รวม อะซีซัลเฟม- เค คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

คำนำ

ในปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้บริโภคมุ่งเน้นอาหารเพื่อสุขภาพให้พลังงานต่ำ เพื่อหลีกเลี่ยงโรคอ้วน ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคดังกล่าวคือน้ำตาล ดังนั้นในการพัฒนาและผลิตผลิตภัณฑ์อาหารนักวิจัยและผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารจำเป็นต้องผลิตอาหารเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและลดค่าพลังงาน วิธีการที่ง่ายและมีการนำมาใช้ คือ การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล เช่น ไซลิทอล (xylitol), ซอร์บิทอล(sorbitol), แอสพาร์เทม(aspartame), อะซีซัลเฟม-เค(acesulfame-K), ไซคลาเมท(cyclamate), สเตวิโอไซด์ (stevioside), ซูคราโลส (sucralose) หรือการใช้ร่วมกันเพื่อทดแทนน้ำตาลบางส่วนหรือทั้งหมดในผลิตภัณฑ์อาหาร (Basu และคณะ, 2011) มีรายงานถึงการใช้สารให้ความหวานสเตวิโอไซด์ (stevioside), ซูคราโลส (sucralose) และซอร์บิทอล (sorbitol) ทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์แยมมะม่วง (Basu และคณะ, 2011 ; Basu และคณะ, 2013) รวมทั้งการใช้มอลทิทอล(maltital) ทดแทนน้ำตาลทั้งหมดในแยมมังคุดแคลอรี่ต่ำ(สุภาพร, 2011) ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการประยุกต์ใช้สารให้ความหวาน คือ อะซีซัลเฟม-เค (อะซีซัลเฟม โพแทสเซียม) เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวม โดยใช้ตะลิงปลิงและสับปะรดเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากตะลิงปลิงเป็นผลไม้

[1] **สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600**

[1] Division of Food Science and Technology, Department of Applied Science, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Tajabhat University, 1061, Soi Itsaraphap 15, Hiranruchi, Thon Buri, Bangkok 10600

ที่มีรสเปรี้ยว ราคาถูก เมื่อแปรรูปโดยใช้ความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล การนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบอื่นร่วมด้วย นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวมเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การเตรียมผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวม

จากการศึกษาอัตราส่วนของเนื้อผลไม้ ได้แก่ ตะลิงปลิงและสับปะรด (100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 % w/w) พบว่าเนื้อผลไม้ทั้ง 2 ชนิดให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดที่อัตราส่วน 25 : 75 จากนั้นนำมาศึกษาต่อในการทดแทนส่วนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม- เค ทั้งหมด 5 ระดับ ประกอบด้วย 0, 10, 20, 30 และ 40% ผลิตภัณฑ์ทุกสูตรประกอบด้วยเนื้อผลไม้ น้ำ น้ำตาล เพคตินและอะซีซัลเฟม-เค ยกเว้นสูตรควบคุมไม่เติมอะซีซัลเฟม-เค การเตรียมผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวมนำเนื้อผลไม้ที่เติมน้ำมาให้ความร้อนก่อน ค่อยๆ เติมส่วนผสมแห้ง(น้ำตาล เพคตินและอะซีซัลเฟม-เค) ที่ผสมเข้ากันดีแล้วลงไป ปรับค่า pH ของผลิตภัณฑ์ด้วยกรดซิตริกให้อยู่ในช่วง 2.8-3.5 ให้สอดคล้องกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2543) ให้ความร้อนตัวอย่างจนอุณหภูมิถึง 105 องศาเซลเซียส และมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีความข้นหนืดพอเหมาะสำหรับใช้ทา เนื้อผลไม้กระจายตัวสม่ำเสมอ และไม่เกิดการตกผลึกของน้ำตาลก่อนบรรจุผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วปิดด้วยฝาเกลียวป้องกันอากาศ

2.การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวม

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวม ได้แก่ ปริมาณกรด ใช้การไทเทรต (AOAC, 2002) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer, ATAGO) ค่า pH (pH meter HM-25R) ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) น้ำอิสระ (AquaLab CX3 water activity meter) พลังงานรวม(1356 Isoperibol bomb calorimeter) และความหนืด (Brookfield DV-E viscometer) สำหรับคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสใช้ 9-point hedonic scale ตรวจสอบลักษณะปรากฏ สี การกระจายตัว กลิ่น เนื้อสัมผัส รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวม วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.ผลการศึกษาการทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม-เคต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวม

การศึกษาการทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม- เค 5 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20, 30 และ 40% ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวมมีปริมาณกรด(กรดซิตริก) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH ปริมาณความชื้น น้ำอิสระ (a_w) ค่าพลังงานรวม และความหนืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) เมื่อเพิ่มปริมาณอะซีซัลเฟม-เค ในสูตรผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวม ปริมาณกรด ปริมาณความชื้น น้ำอิสระ (a_w) และความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH และค่าพลังงานรวมมีแนวโน้มลดลง การทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม-เค ที่ระดับ 40% ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรด ปริมาณความชื้น น้ำอิสระ และความหนืดสูงสุด เท่ากับ 0.15 %, 34.98%, 0.883 และ 18820 cP ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม(อะซีซัลเฟม-เค 0%) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่า pH สูงสุดเท่ากับ 67.67 ^{o}Brix และ 3.4 ตามลำดับ มีค่าไม่แตกต่างจากสูตรที่ทำการทดแทนระดับ 10% ($p>0.05$) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่า pH ของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับส่วนผสมในสูตรผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่า pH สอดคล้องกับข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 (พ.ศ.2543) กำหนดให้ผลิตภัณฑ์แยมมีความหวานไม่น้อยกว่า 65 ^{o}Brix และมีค่า pH อยู่ในช่วง 2.8 - 3.5 สำหรับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แยม สอดคล้องกับสุภาพร (2554) พบว่าปริมาณความชื้นของแยมมังคุดสูตรที่ใช้มอลทิทอลเป็นสารให้ความหวานมีค่าสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาล ส่วนน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์มีค่าค่อนข้างสูงอาจส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ดังนั้นควรเลือกภาชนะบรรจุและสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ในการทดแทนสารให้ความหวานในสูตรผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวมส่งผลให้ค่าพลังงานรวมลดลงเนื่องจากอะซีซัลเฟม-เค เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน และมีความคงตัวต่อความร้อน (ศิวาพร, 2546) สำหรับค่าความหนืดมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงให้เนื้อสัมผัสแข็งกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความ

หนืดต่ำทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมในสูตรแยม ได้แก่ เนื้อผลไม้ เพคติน น้ำตาลและกรด เมื่อนำส่วนผสมมาให้ความร้อนทำให้เกิดโครงสร้างตาข่ายสามมิติของเจลเพคติน โครงสร้างดังกล่าวคงตัวได้ต้องอาศัยอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างพันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) และพันธะไฮโดรเจน (Basu และคณะ, 2011) มีรายงานวิจัยของ Basu และคณะ (2011) พบว่าการเพิ่มระดับการทดแทนซอร์บิทอลในแยมมะม่วงค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์แยมลดลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนที่เกิดจากซอร์บิทอลกับน้ำมีมากกว่าที่เกิดจากน้ำตาลซูโครสกับน้ำทำให้โครงสร้างของเจลเพคตินในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความคงตัวลดลง (Bayarri และคณะ, 2004) ในการศึกษาครั้งนี้เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม-เค ความหนืดของแยมผลไม้รวมมีค่าเพิ่มขึ้นอาจมีผลมาจากน้ำตาลซูโครสสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำมากกว่าสารให้ความหวานที่ใช้ โดยน้ำตาลจะดึงเอาน้ำที่อยู่รอบๆ เพคตินทำให้สายเพคตินเข้าใกล้กัน เกิดโครงสร้างตาข่ายสามมิติของเจลเพคตินมากขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น

การประเมินคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวม พบว่าการทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม-เค ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวมมีลักษณะปรากฏ สี การกระจายตัว กลิ่น เนื้อสัมผัส รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การทดแทนอะซีซัลเฟม-เค ที่ระดับ 10 และ 20% มีคะแนนทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมแต่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนอะซีซัลเฟม-เค 30 และ 40% เนื่องจากการเพิ่มระดับการทดแทนส่งผลให้แยมผลไม้รวมมีความหนืดและเจลแข็งมากขึ้น เมื่อทาบนขนมปังเกิดการเกาะติดยาก และกระจายตัวลดลง ดังนั้นจากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์แยมผลไม้รวมทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม-เค ที่ระดับ 10 และ 20% มีคะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี การกระจายตัว กลิ่น เนื้อสัมผัส รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวมสูง (Table 2)

สรุปผล

ในการผลิตแยมผลไม้รวมทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยอะซีซัลเฟม-เค ที่ระดับ 10% ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH และการยอมรับจากผู้บริโภคในด้านลักษณะปรากฏ สี การกระจายตัว กลิ่น เนื้อสัมผัส รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวมสูงไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (อะซีซัลเฟม-เค 0%) รวมทั้งผลิตภัณฑ์มีค่าพลังงาน (calories) ลดลง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2543, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท, ฉบับที่ 213, กรุงเทพฯ.

สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์, 2554, การพัฒนาแยมมังคุดแคลอรีต่ำผสมเปลือกมังคุด, วารสารวิจัย มข., 16(7) : 825-834.

ศิวาพร ศิวเวชช, 2546, วัตถุเจือปนในอาหาร เล่ม 1, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม, 254น.

AOAC, 2000, Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed, Gaithersburg, MD, Association of Official Analytical Chemists.

AOAC, 2002, Official methods of analysis of AOAC International, 17th ed, Gaithersburg, MD, Association of Official Analytical Chemists.

Bayarri, S., Duran, L. and Costell, E., 2004, Influence of sweeteners on the viscoelasticity of hydrocolloids gelled systems, Food Hydrocolloids, 18 (4) : 611- 619.

Basu, S., Shivhare, U.S., Singh, T.V. and Beniwal, V.S., 2011, Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam, Journal of Food Engineering, 105 : 503-512.

Basu, S., Shivhare, U.S. and Singh, T.V., 2013, Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam, Journal of Food Engineering, 114 : 465-476.

Table 1 Physicochemical properties of mixed fruit jam substituted with different levels of acesulfame-K.

Physicochemical properties	Substitution of sucrose with acesulfame-K (%)				
	0	10	20	30	40
acidity (%citric acid)	0.13±0.00^{c}	0.13±0.00^{c}	0.14±0.00^{b}	0.14±0.00^{b}	0.15±0.00^{a}
Total soluble solid (^{o}Brix)	67.67±0.58^{a}	67.00±0.00^{ab}	66.67±0.58^{b}	65.67±0.58^{c}	65.00±0.00^{c}
pH	3.40±0.10^{a}	3.35±0.05^{ab}	3.30±0.00^{ab}	3.25±0.05^{b}	3.25±0.05^{b}
Moisture content (%)	26.79±0.44^{e}	28.45±0.02^{d}	30.89±0.30^{c}	33.28±0.08^{b}	34.98±0.01^{a}
Water activity (a_w)	0.858±0.01^{c}	0.863±0.01^{bc}	0.858±0.01^{c}	0.872±0.01^{ab}	0.883±0.00^{a}
Total calories (kcal/g)	4.46±0.02^{a}	4.33±0.02^{b}	4.27±0.01^{c}	4.24±0.01^{cd}	4.21±0.02^{e}
Viscosity (cP)	17040.00±0.0^{e}	17340.00±10.0^{d}	17940.00±10.0^{c}	18220.00±10.0^{b}	18820.00±10.0^{a}

$^{a-e}$ Values with different letter in same column significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 2 Sensorial characteristics of mixed fruit jam substituted with different levels of acesulfame-K.

Sensorial characteristics	Substitution of sucrose with acesulfame-K (%)				
	0	10	20	30	40
appearance	6.97±0.81^{a}	7.07±1.08^{a}	7.17±0.99^{a}	6.47±1.33^{b}	6.57±1.17^{b}
color	7.03±0.85^{ab}	7.17±0.99^{a}	7.23±1.01^{a}	6.93±1.17^{ab}	6.80±1.13^{b}
spread ability	7.43±0.73^{a}	7.43±0.68^{a}	7.47±0.82^{a}	6.60±0.62^{b}	6.17±0.91^{c}
odor	7.17±1.32^{a}	7.37±0.93^{a}	7.30±1.09^{a}	6.80±1.30^{bc}	6.73±1.36^{c}
texture	7.17±0.75^{a}	6.93±1.05^{a}	6.87±0.82^{a}	6.30±1.06^{b}	6.27±0.94^{b}
sourness	6.93±0.9^{ab}	6.70±1.29^{abc}	7.03±0.10^{a}	6.50±0.82^{c}	6.57±1.04^{bc}
sweetness	7.07±0.98^{ab}	6.93±1.28^{b}	7.47±1.01^{a}	6.93±0.74^{b}	6.43±1.04^{c}
overall acceptability	7.23±0.73^{a}	7.20±0.10^{a}	7.57±0.86^{a}	6.63±0.72^{b}	6.27± 0.94^{b}

$^{a-c}$ Values with different letter in same column significantly different ($p \leq 0.05$).

ผลของการสกัดต่อการประเมินความสามารถป้องกันแสงและสมบัติทางออกซิเดชันของน้ำมันเมล็ดเงาะ

Effect of Extraction on Photo-protective Capacity and Oxidative Property of Rambutan Seed Oil

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1] กมลวรรณ สุขสวัสดิ์[2] อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์[2] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[3] และ พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1]

Apintanapong, M.[1], Suksawat, K.[2], Oupathumpanont, O.[2], Yuenyongputtakal, W.[3], and Maisuthisakul, P.[1]

Abstract

Effect of extraction (cold pressed (CP) and Soxhlet extraction (SE)) of rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn.) seed oil on sun protection factor, oxidative property and stability were investigated. Peroxide value of CP rambutan seed fat (RSF) equaled 0.25 ± 0.05 meq peroxide / Kg oil, which was lower than the peroxide value of the SE fat (2.51 ± 0.52meq. peroxide / Kg oil). Acid value and iodine value of the CPRSF fat were higher than the values of the fat from the SE. The oxidative stability of RSF after incubated at 50 °c for 56 hours was found that the PV and TBARS of SE fat exhibited higher than CP fat. Sun protection factor for UVB rays of RSF by CP showed the ability to block the sun better than SE fat. CPRSF had skin irritation higher than SERSF significantly (P <0.05). This research suggested that the appropriate process of rambutan seed oil should be cold pressed extraction.

Keywords: extraction, rambutan seed oil, photo-protective capacity

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการสกัด (สกัดเย็น (CP) และสกัดด้วย Soxhlet (SE)) ของน้ำมันเมล็ดเงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) ต่อความสามารถป้องกันแสงแดดและสมบัติและความคงทนต่อออกซิเดชัน พบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ ของน้ำมันเมล็ดเงาะ (RSF) ที่ได้จาก CP มีค่า 0.25 ± 0.05 meq peroxide/Kg oil ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าเปอร์ออกไซด์ของไขมัน SE ที่มีค่า 2.51±0.52 meq peroxide/Kg oil ค่าความเป็นกรดและค่าไอโอดีนที่ได้จาก CPRSF มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการสกัดแบบ SE ความแตกต่างของค่าการเกิดออกซิเดชันของ RSF ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 56 ชั่วโมง พบว่า ค่า PV และ TBARS ของตัวอย่างของไขมันเงาะแบบ SE มีต่าสูงกว่าไขมันเมล็ดเงาะสกัดแบบ CP ประสิทธิภาพการป้องกันแสงแดดรังสี UVB ของไขมัน CP มีความสามารถในการป้องกันแสงแดดได้ดีกว่าไขมัน SE CPRSF มีค่าการระคายเคืองต่อผิวหนังสูงกว่า SERSF อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) งานวิจัยนี้เสนอแนะว่าการสกัดเย็นเป็นกระบวนการผลิตน้ำมันเมล็ดเงาะที่เหมาะสม

คำสำคัญ: การสกัด น้ำมันเมล็ดเงาะ ความสามารถในการป้องกันแสง

Introduction

Thailand has become the leading producer and exporter of rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn.) Rambutan is commercialized for fresh consumption and industrially processed leaving seed as a major residue. Rambutan seed showed a relatively high amount of edible fat with a bitter taste that could be suitable as a cocoa butter substitute in the food industry and also for candle making (Tindall, 1994). Given the increasing demand for vegetable fat and oils for industrial proposes in medicinal and cosmetic products (Solís-Fuentes et al., 2010; Sirisompong et al., 2011), a study of rambutan seed residue from the processed food industry for certain industrial applications is worthy of attention. Furthermore, extraction of rambutan seed fat using different extraction methods yields different fatty acids and physicochemical properties (Manaf et al., 2013; Sonwai and Ponprachanuvut, 2012). Therefore, we conducted our research to study photo-protective capacity and oxidative property of rambutan seed fat under different extraction conditions to assess for possible cosmetic ingredient usage.

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

[2] กลุ่มสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

[3] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vipavadee Rd, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400.

[2] Department of food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Techology Thanyaburi. Pathum Thani 12110

[3] Department of Food Science, Burapa University, Sansuk, Muang, Chonburi 20131

Materials and methods

Materials; seed of *N. lappaceum* were obtained from a manufacturer in Samutsakorn province, Thailand from April to July in 2015. The seeds were washed and stored in freezer for one week. The kernels were removed manually from the seeds after thawing in running water for 1 hours. The kernels were then dried using a tray dryer (Kluay Num Thai Machinery Ltd. Thailand) at 65°C until moisture content reached 8% (db). The prepared kernels were stored at -20°C until used for experiments. The hexane and other chemicals were reagent grade which were purchased from Merck (Darmstadt, Germany).

Extraction of seed fat; dried seed of *N. lappaceum* were ground and extracted by Soxhlet and cold pressed extraction methods. For Soxhlet extraction, hexane (1:5 w/v) was selected for extraction for 6 hours at 85°C. Cold pressing using screw pressed extractor (Thaiyonn model TP-5) was operated under 20 Kg/h feeding, 25 rpm, and 15 mm screw width. Rambutan seed fat (RSF) was stored at -20°C in the dark. The obtained fat was measured peroxide value (PV), saponification value (SV), acid value (AV), iodine value (IV), oxidative capacities, and sun protection factor. All analyses were performed in triplicate.

Determination of chemical properties; Peroxide value (PV) was evaluated according to AOCS official method Cd 8-53 (1990) with an automatic titrator (Mettler-Toledo model DL 5X, Switzerland) equipped with stirrer and redox electrode. Acid value (AV), saponification value (SV), iodine value (IV) also were investigated according to AOAC (1995).

Determination of oxidative capacities; oxidative stability was tested by PV and TBARs measuring during storage. Ten grams of the fat sample was transferred into a test tube (internal diameter 13 mm, height 150 mm), tightly sealed with a plastic cap. All samples were stored at 50°C for 56 hours. Aliquots of all samples were tested every 8 hours by determining the oxidative stability assessed by the PV and TBARs values. Moreover, the total phenolic content of fat samples was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent (modified from Maisuthisakul et al, 2008). The free radical scavenging activity of the fat or reference samples was evaluated using the stable radical DPPH according to the method of Maisuthisakul & Gordon (2009). The metal chelating capacity was determined using the thiocyanate method (Hu et al., 2003).

Determination of photo-protective capacity; the in vitro UVB protection was evaluated using the spectrophotometric method described by Marto et al. (2016). Crocodile oil was accurately weighed (0.25 g), diluted with ethanol 100 mL, followed by ultrasonication for 5 min and filtered through filter paper (Whatman™ 42). The absorption spectra of samples solution were obtained in the range of 290–320 nm every 5 nm, using a standard 1 cm quartz cell, and ethanol as the blank. The UVB protection was calculated according to Eq. (1).

$$SPF_{spectrophootometric} = CF \times \sum_{290}^{320} EE\,(\lambda) \times I\,(\lambda) \times Abs\,(\lambda) \qquad (1)$$

CF is correction factor (equaled 10); EE (λ) x I (λ) is erythematous effect of spectrum with solar intensity spectrum (Table 1); ABS (λ) is spectrophotometric absorbance reading of the solution at a wavelength (λ).

Statistical analysis; Average was calculated from triplicate measurements. Statistical analysis in this study was performed using *p*-value. Significant differences were determined using Duncan's multiple comparison procedure at $p<0.05$.

Results and Discussion

Chemical properties of RSF; the effects of different extraction methods on yield and chemical properties of RSF were showed in Table 1. The cold pressed RSF gave a good quality due to low PV and AV. The Soxhlet extraction procedure involves heat transmitted by conduction and convection, that' why it showed higher values of PV and AV (Ballard et al., 2010). Typically, cold pressing gave yield lower than Soxhlet extraction (Filly et al., 2014). Iodine value indicates the degree of unsaturation. The higher the IV, the higher the content of unsaturated fatty acids or increasing number of double bonds. The oil from cold pressed extraction exhibited iodine value higher than Soxlhlet method (Table 1).

Table 1 The yield, peroxide value, acid value and iodine value of RSF from different extraction ¢

Value	Cold pressed fat	Soxhlet extracted fat
Oil content (%, w/w)	28.01[a] ± 2.92	46.74[b] ± 6.53
Peroxide value (meq peroxide/Kg oil)	0.25[a] ± 0.05	2.51[b] ± 0.52
Acid value (mg KOH/g oil)	60.79[a] ± 0.19	72.14[b] ± 0.21
Iodine value (g of iodine/100g oil)	43.34[b] ± 1.12	41.77[a] ± 1.03

¢ Notes: MICs mean minimum inhibitory concentrations; MBCs mean minimum bactericidal concentrations; each value in the table is represented as mean.

Oxidative capacities of RSF; Cold pressed RSF showed stronger oxidative stability than Soxhlet method (Figure 1). The antioxidant capacity of RSF were evaluated using the DPPH and the thiocyanate methods (Table 2). The varied radical scavenging activity of the RSF depended on the amount of total phenolic in each sample. Comparing the results obtained from DPPH and thiocyanate assays, although the final values were different, similar conclusions could be reached. Cold pressed RSF had higher antioxidant capacities than Soxhlet method and indicating a better phenolic profile of the cold pressed RSF than the Soxhlet RSF (Table 2).

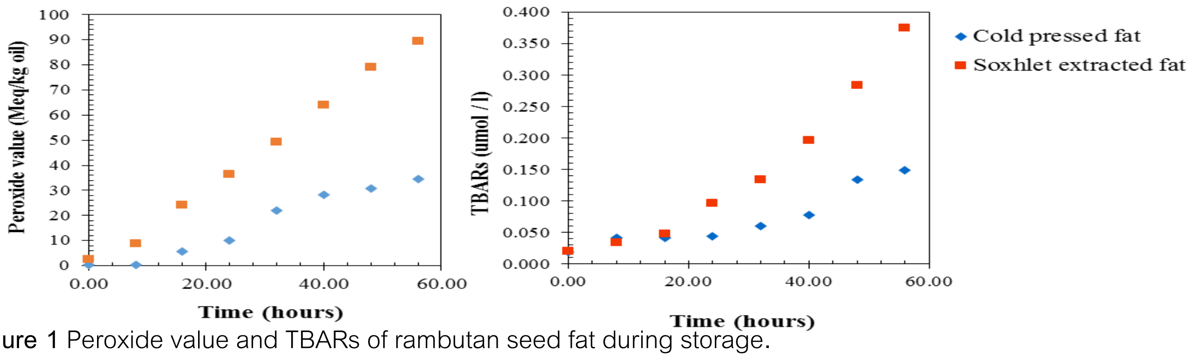


Figure 1 Peroxide value and TBARs of rambutan seed fat during storage.

Table 2 Antioxidant properties of rambutan seed fat from different extraction and reference ¢

Value	Cold pressed fat	Soxhlet extracted fat	α-tocopherol
Total phenolic content (mg GAE/g oil)	44.93[c] ± 0.12	30.18[b] ± 0.11	45.19[a] ± 0.05
DPPH activity (IC50, ug/mL)	371.77± 0.24	678.35± 0.98	0.356± 0.05
Chelating activity (%)	25.45± 0.76	19.67± 0.64	42.04± 0.26

¢ Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences (P<0.05) between conditions in each column.

Photo-protective capacity of RSF; The efficacy of the sun protective formulations in preventing and reducing skin cancer and photo-aging depends on their ability to filter mostly UVA short rays (320–340 nm). However, skin also needs to be protected against UVB radiation, which is responsible for less damage but immediately painful sun burning. The method is widely used to measure the sun protection factor (SPF) in vitro, what proves good correlation in substitution for in vivo tests because it relates the absorbance of the substance with erythematous effect of radiation and the intensity of light at wavelengths from 290 to 320 nm (UVB region in the spectrum). In this study, RSF samples presented an SPF value ranging from 6.26 to 10.04 (Table 3) which were high comparing to other natural oil extracts (Wagemaker et al. 2015). Therefore, the RSF can use as sun protection ingredient in cosmetics product.

Table 3 Photo-protective capacity of rambutan seed fat from different extraction[¢]

	Sun Protection Factor	
Sample	Mean	Variation
Cold pressed fat	10.04[b]	10.03-10.08
Soxhlet extracted fat	6.26[a]	6.26-6.27

[¢]Means of three replications; Different superscript letters mean significant differences (P<0.05) between conditions in each column.

Summary

It can be concluded that RSF from cold pressing was of higher quality than that prepared by Soxhlet method. RSF can use as sun protection and antioxidant ingredients in cosmetics product.

Acknowledgements

This research was supported by research grants via Burapha University through National Research Council of Thailand Contract No. 54/2558.

Literature cited

AOAC., 1995, Official Methods of Analysis, Arlington, VA, American Oil Chemists' Socie-ty, USA.

Ballard, T. S., P. Mallikarjunan, K. Zhou, and S. O'Keefe, 2010, Microwave-assisted extraction of phenolic antioxidant compounds from peanut skins. Food Chemistry, 120(4): 1185-1192.

Filly, A., X. Fernandez, M. Minuti, F. Visinoni, G. Cravotto, and F. Chemat, 2014, Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: From laboratory to pilot and industrial scale, Food Chemistry, 150: 193–198.

Hu, C., Zawistowski, J., Ling, W., Kitts, D. D., 2003, Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems, Journal Agricultural Food Chemistry, 51: 5271-5277.

Maisuthisakul, P., Gordon, M.H., 2009, Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product, Food Chemistry, 117: 332-341.

Maisuthisakul, P., Pasuk, S., and Ritthiruangdej, P., 2008, Relationship of antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants, Journal of Food Composition and Analysis, 21: 229-240.

Manaf, Y.N.A., Marikkar, J.M.N., Long, K., Ghazali, H.M., 2013, Physico-chemical characterization of the fat from red-skin rambutan (*Nephellium lappaceum* L) seed, Journal of Oleo Science, 62: 335–343.

Sirisompong, W., Jirapakkul, W., Klinkesorn, U., 2011, Response surface optimization and characteristics of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) kernel fat by hexane extraction, LWT - Food Science and Technology, 44: 1946–1951.

Solís-Fuentes, J.A., Camey-Ortíz, G., del Rosario, H.-M.M., Pérez-Mendoza, F., Durán-de-Bazúa, C., 2010, Composition, phase behavior and thermal stability of natural edible fat from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) seed, Bioresource Technology, 101: 799–803.

Sonwai, S., Ponprachanuvut, P., 2012, Characterization of physicochemical and thermal properties and crystallization behavior of Krabok (*Irvingia malayana*) and rambutan seed fats, Journal of Oleo Science, 61: 671–679.

Tindall, H.D., 1994, Rambutan Cultivation. Food and Agricultural Organization of the United Nation, Rome.

Wagemaker, T. A. L., S. A. M. Silva, G. R. Leonardi, and P. M. M. Campos., 2015, Green *Coffea arabica* L. seed oil influences the stability and protective effects of topical formulations, Industrial Crops and Products, 63: 34-40.

องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำที่สกัดโดยไม่ใช้และใช้เอนไซม์

Chemical Composition of Crude Beta-glucans from Black Glutinous Rice by Non-Enzymatic and Enzymatic Extractions

พัตราพร จอมเมืองบุตร[1]
Jommuengbout, P.[1]

Abstract

The research was conducted to study the chemical compositions of crude back glutinous rice beta glucans isolated by non-enzymatic (B1) and enzymatic (B2) extraction. Physical characterization of both extracts was clearly different. B1 extracts was brown flake and coarse texture, whereas, B2 extract was white powder and fine texture. Beta-glucan content of B1 extract was 0.5692±0.004 mg/g which was lower than B2 extract (0.8503±0.006 mg/g), and there was very few starch content in B2 extract. Determination of major sugar comprising beta-glucan structure by High performance liquid chromatography (HPLC) exhibited that glucotriose (G3) was the major product of beta-glucan hydrolysis by Lichenase, revealing that the G3 might be the major monomer of black glutinous rice beta glucan.

Keywords: chemical composition, beta-glucan, black glutinous rice, extraction

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำที่สกัดโดยไม่ใช้เอนไซม์ (B1) และใช้เอนไซม์ (B2) ลักษณะทางกายภาพของสารสกัด B1 แตกต่างจาก B2 อย่างชัดเจน นั่นคือสารสกัด B1 มีลักษณะ เป็นเกล็ดสีน้ำตาลเนื้อหยาบ ขณะที่สารสกัด B2 มีลักษณะเป็นผงสีขาวเนื้อละเอียด เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า สารสกัด B1 มีปริมาณเบต้ากลูแคนเท่ากับ 0.5692±0.004 mg/g ซึ่งน้อยกว่าสารสกัด B2 ที่มีปริมาณเบต้ากลูแคน เท่ากับ 0.8503±0.006 mg/g และมีปริมาณแป้งเหลืออยู่ในสารสกัด B2 น้อยมาก เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่เป็น องค์ประกอบในโครงสร้างของเบต้ากลูแคนด้วย High performance liquid chromatography (HPLC) พบว่าเมื่อใช้เอนไซม์ Lichenase ย่อยเบต้ากลูแคนในสารสกัดได้กลูโคไตรโอส (G3) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งอาจเป็นหน่วยย่อยหลักในโครงสร้างของเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ

คำสำคัญ: องค์ประกอบทางเคมี เบต้ากลูแคน ข้าวเหนียวดำ การสกัด

คำนำ

เบต้ากลูแคนเป็นเส้นใยอาหารละลายน้ำชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจ พบในผนังเซลล์ของธัญพืช โดยเฉพาะเยื่อแอลิวโรน โดยอยู่ร่วมกับคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ เช่น แป้ง ไซแลน เป็นต้น (John, 2008) เบต้ากลูแคนเป็นสารที่มีความปลอดภัยสูงจึงมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทั้งทางเภสัชวิทยา เครื่องสำอาง และเป็นส่วนผสมในอาหารสุขภาพ (Asif และคณะ, 2010; ลักษณ์สุภา, 2551) โครงสร้างของเบต้ากลูแคนแตกต่างกันไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิต เบต้ากลูแคนที่พบในผนังเซลล์ของธัญพืชเป็นโฮโมพอลิแซ็คคาไรด์แบบเส้นตรง ที่ประกอบด้วยน้ำตาลดี-กลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิก (ประมาณร้อยละ 70) สลับด้วยพันธะเบต้า-1,3-ไกลโคซิดิก (ประมาณร้อยละ 30) จึงทำให้โครงสร้างของเบต้ากลูแคนมีลักษณะเป็นขั้นๆ คล้ายบันได น้ำตาลดี-กลูโคสที่เชื่อมต่อด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิกมีตั้งแต่ 3-20 โมเลกุล ซึ่งที่เชื่อมต่อกัน 3 โมเลกุลหรือกลูโคไตรโอส (G3) และ 4 โมเลกุลหรือกลูโคเตตระโอส (G4) มีปริมาณมากกว่าน้ำตาลดี-กลูโคสต่อกันตั้งแต่ 5 โมเลกุล ซึ่งจะมีโอกาสพบน้อยลงเรื่อยๆ เมื่อน้ำตาลดี-กลูโคสต่อกันยาวมากขึ้น ปริมาณ DP3 พบร้อยละ 58-72 มากกว่า DP4 ที่พบร้อยละ 20-34 ซึ่งปริมาณแตกต่างกันในธัญพืชแต่ละชนิด (Wood และคณะ, 1994)

---

[1] สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 39/1 รัชดาภิเษก แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพ, 10900
[1] Division of Chemistry, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University 39/1 Ratchadaphisek Road, Khwaeng Chantharakasem, Chatuchak District, Bangkok 10900

นอกจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปริมาณตัวทำละลาย ระยะเวลา พีเอช และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการสกัดเบต้ากลูแคนแล้ว (พัตราพร, 2557) การใช้เอนไซม์ช่วยสกัด เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนต่างๆ อาจจะมีผลต่อการสกัดและองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดเบต้ากลูแคน (Li และคณะ, 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำที่สกัดโดยไม่ใช้และใช้เอนไซม์ (เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์ไซลาเนส ทำหน้าที่กำจัดแป้งและไซแลน ตามลำดับ) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกวิธีการสกัดและพัฒนาสารสกัดเบต้ากลูแคนในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดเบต้ากลูแคนโดยไม่ใช้เอนไซม์และใช้เอนไซม์ นำเมล็ดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยมูเซอ ยี่ห้อ B-Herbs มาบดละเอียดและกรองผ่านตะแกรง เพื่อให้ขนาดใกล้เคียงกัน ล้างเมล็ดข้าวเหนียวดำด้วยเอทานอล 80% เพื่อกำจัดเอนไซม์ endogenous β-glucanase นำมาสกัดเบต้ากลูแคนด้วยน้ำในอัตราส่วนสารสกัดเบต้ากลูแคนต่อน้ำเท่ากับ 1:7.5 ที่พีเอช 7 อุณหภูมิ 55ºC ระยะเวลา 5 h (พัตราพร, 2557) เขย่าที่ความเร็ว 150 rpm หลังจากแยกกากเมล็ดข้าวออก นำมากำจัดโปรตีนที่พีเอช 4.5 กรณีไม่ใช้เอนไซม์จะนำไปตกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยเอทานอล 99.9% ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4ºC นาน 1 คืน แยกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยการปั่นเหวี่ยง ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 50ºC จะได้สารสกัดหยาบเบต้ากลูแคน (B1) กรณีที่ใช้เอนไซม์ (ดัดแปลงจาก Li และคณะ, 2006) นำมาบ่มด้วยเอนไซม์ Thermostable α-amylase (1,500U/L) ที่อุณหภูมิ 75ºC พีเอช 6.5 นาน 30 min เพื่อกำจัดแป้งและด้วยเอนไซม์ β-xylanase (50U/100ml) ที่อุณหภูมิ 50ºC พีเอช 4.5 นาน 2 hr เพื่อกำจัดไซแลน ปรับพีเอชสารละลายเท่ากับ 7 นำไปลดปริมาตรให้เหลือ 1/3 ด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 70ºC ตกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยเอทานอล 99.9% ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4ºC นาน 1 คืน แยกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยการปั่นเหวี่ยง นำตะกอนเบต้ากลูแคนมาละลายในน้ำกลั่น (ประมาณ 50-100 ml) ที่อุณหภูมิ 70ºC นาน 3 ชั่วโมง เขย่าทุกๆ 15 นาที นำสารละลายเบต้ากลูแคนที่ได้ มากำจัดน้ำตาลโมโนแซ็กคาไรด์และโอลิโกแซ็กคาไรด์ออก โดยการทำไดอะไลซิส (CelluSep T4) ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 hr ตกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยไอโซโพรพานอล 99.5% ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4ºC นาน 1 คืน แยกตะกอนเบต้ากลูแคน ล้างด้วยเอทานอล 99.9% ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4ºC นาน 1 คืน แยกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยการปั่นเหวี่ยง ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 50ºC จะได้สารสกัดเบต้ากลูแคนที่บริสุทธิ์มากขึ้น (B2)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเบต้ากลูแคน นำสารสกัด B1 และ B2 มาวิเคราะห์หาความชื้น (อบแห้งที่อุณหภูมิ 105ºC นาน 3 ชั่วโมง) ปริมาณเถ้า (เผาที่อุณหภูมิ 600ºC นาน 1 คืน) และปริมาณโปรตีนตามวิธี AOAC, 2000 ปริมาณเบต้ากลูแคนและปริมาณแป้งด้วยชุดทดสอบ mixed linkage β-glucan และอะไมโลส/อะไมโลเพกติน (Megazyme, Ireland) ตามลำดับ

วิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลในสารสกัดเบต้ากลูแคน โดยเตรียมตัวอย่างเบต้ากลูแคน เข้มข้น 8 mg/ml นำมาละลายในน้ำ โดยเขย่าอย่างแรงด้วย Votex mixer และต้มที่อุณหภูมิ 100ºC นาน 5-10 นาที เพื่อให้สารที่สามารถละลายออกมาให้มากที่สุด แยกตะกอนออกด้วยการปั่นเหวี่ยง เพิ่มความเข้มข้นด้วยการระเหยน้ำออก (ประมาณ 1/2) ที่อุณหภูมิ 50ºC นาน 1 คืน สำหรับสารสกัดเบต้ากลูแคนที่ย่อยด้วยเอนไซม์ Lichenase (ดัดแปลงจาก Megazyme, Ireland) นำมาละลายในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 6.5 เข้มข้น 20 mM ที่ความเข้มข้นเดียวกัน และทำให้ละลายเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น แยกตะกอนออกด้วยการปั่นเหวี่ยง นำส่วนสารละลาย 3 ml มาเติมเอนไซม์ Lichenase (47.6 U/ml) บ่ม 50ºC นาน 1 ชั่วโมง ต้มในน้ำเดือด 1 นาที เพื่อทำลายสภาพธรรมชาติของเอนไซม์ จากนั้นเพิ่มความเข้มข้นด้วยการระเหยน้ำออก (ประมาณ 1/2) ที่อุณหภูมิ 50ºC นาน 1 คืน นำตัวอย่างสารสกัดเบต้ากลูแคนปริมาตร 20 μl กรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.25 μm ก่อนจะนำมาวิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography with Refractive index detector ที่มี Aminex HPX-87H column (Bio-rad) และใช้สารละลาย Sulfuric acid เข้มข้น 0.05 mM เป็นตัวชะ

การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R (freeware, https://www.r-project.org/) รายงานผลเป็น mean±SD เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วย paired t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สารสกัดหยาบเบต้ากลูแคน ซึ่งไม่ใช้เอนไซม์ในการสกัด (B1) มีลักษณะเป็นเกล็ดสีน้ำตาลเนื้อหยาบและเหนียว (Figure 1a) จึงจับตัวกันเป็นก้อนเล็กๆ คล้ายน้ำตาลทราย ละลายน้ำได้ยาก สีน้ำตาลน่าจะเป็นรงควัตถุในข้าวเหนียวดำที่ปนมา ขณะที่สารเบต้ากลูแคนที่สกัดโดยใช้เอนไซม์ (B2) มีสีขาวนวล เป็นผงละเอียด ละลายได้ดีกว่า (Figure 1b)

องค์ประกอบทางเคมีของ B1 และ B2 ได้แก่ ปริมาณเบต้ากลูแคน ความชื้น โปรตีน แป้ง และเถ้า (Table 1) พบว่าการสกัดเบต้ากลูแคนโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัดได้ปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารปนเปื้อนอื่นๆ ถูกกำจัดออกไป B1 มีปริมาณเบต้ากลูแคน 0.5692 ± 0.004 mg/g ขณะที่ B2 มีปริมาณเบต้ากลูแคน 0.8503 ± 0.006 mg/g การใช้เอนไซม์ Thermostable α-amylase ช่วยในสารสกัด ทำให้แป้งถูกย่อยสลาย B2 จึงแทบไม่มีแป้งเหลืออยู่เลย แต่ในสารสกัด B1 มีปริมาณแป้งเท่ากับ 0.0619 ± 0.062 mg/g อย่างไรก็ตามการสกัดใช้น้ำเป็นตัวสกัด ทำให้มีแป้งปนมาเพียงเล็กน้อย และคาดว่าปริมาณไขมันน่าจะไม่มีปนมา จึงไม่ได้ตรวจหาปริมาณไขมันในสารสกัดทั้งสอง เอนไซม์ β-xylanase เป็นเอนไซม์อีกชนิดที่นำมาใช้ช่วยกำจัดไซแลน ซึ่งมักปนมาในสารสกัดเบต้ากลูแคน เนื่องจากอยู่ร่วมกับเบต้ากลูแคนในรูปไซโลกลูแคนในผนังเซลล์พืช (John, 2008) ปริมาณความชื้นในสารสกัด B1 มากกว่า B2 เล็กน้อย คือ 0.0781 ± 0.003 และ 0.0417 ± 0.003 g/mg ตามลำดับ สำหรับเกลือแร่ที่ปนมาในสารสกัด ตรวจสอบในรูปเถ้า พบว่าในสารสกัด B1 มีปริมาณเท่ากับ 0.1387 ± 0.011 g/mg ขณะที่ B2 มีปริมาณลดลงเท่ากับ 0.0506 ± 0.006 g/mg การที่ใน B2 พบปริมาณน้อยกว่า (~40%) เนื่องจากขั้นตอนการสกัดแบบใช้เอนไซม์มีการกำจัดน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เกิดจากการย่อยสลายแป้งและไซแลนด้วยวิธีไดอะไลซิส อาจทำให้เกลือแร่บางส่วนหลุดออกไป (Li และคณะ, 2006) สำหรับปริมาณโปรตีนในสารสกัดทั้งสองไม่แตกต่างกัน เนื่องจากไม่ได้ใช้เอนไซม์โปรติเอสในการสกัด (Johansson และคณะ, 2004)

การวิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของเบต้ากลูแคนใน B1 และ B2 ด้วยวิธี HPLC (Figure 2) สารสกัด B1 และ B1L (B1 ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Lichenase) พบพีคขนาดใหญ่ ซึ่งคาดว่ามีสายยาวมากกว่า G6 แต่ยังไม่ทราบชนิด B1 พบน้ำตาล G4 และ G3 ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของเบต้ากลูแคน แต่พบในปริมาณน้อยมาก และพบพีคอื่นๆ ในปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อนำ B1 ไปย่อยด้วยเอนไซม์ Lichenase พบพีคของ G4 และ G3 เพิ่มขึ้น แสดงว่าเอนไซม์ Lichenase เข้าไปย่อยสลายพันธะ 1,3-1,4 ไกลโคซิดิกของเบต้ากลูแคนในสารสกัด ทำให้หน่วยย่อยในโครงสร้าง คือ G3 และ G4 หลุดออกมา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang และคณะ (2003) อย่างไรก็ตามปริมาณ G3 และ G4 เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในสารสกัดมีสารปนเปื้อนอยู่ ซึ่งรบกวนการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ Lichenase ในการย่อยเบต้ากลูแคน โดยปริมาณ G3 เพิ่มขึ้นมากกว่า G4 นอกจากนี้ยังพบ G6 ในปริมาณสูงกว่าทั้ง G4 และ G3 ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากเอนไซม์ Lichenase เข้าไปย่อยสลายพันธะ1,3-1,4 ไกลโคซิดิกของเบต้ากลูแคน แล้วได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลกลูโคสต่อกันจำนวน 6 โมเลกุล (G6) สำหรับ B2 ที่ใช้เอนไซม์ช่วยกำจัดแป้งและไซแลน ซึ่งมักพบปนอยู่ในสารสกัด ได้แก่ เอนไซม์ Thermostable β-amylase และเอนไซม์ β-xylanase พบน้ำตาล G3 เป็นองค์ประกอบหลัก และน้ำตาล G2 ปนมาเพียงเล็กน้อย โดยไม่มีน้ำตาลอิสระอื่นๆ ปนมา เนื่องจากถูกกำจัดด้วยวิธีไดอะไลซิสแล้ว การที่ B2 พบ G3 ในปริมาณสูง อาจเป็นเพราะในระหว่างการสกัดด้วยเอนไซม์มีหลายขั้นตอนที่ใช้แรงกลและความร้อนสูง (Vasanthan และTemelli, 2008) จึงทำให้ G3 แตกออกมาจากโครงสร้างของเบต้ากลูแคนได้ ขณะ B2L ซึ่งใช้เอนไซม์ Lichenase พบ G3 เพิ่มขึ้น (~35%) แต่ไม่พบ G4 และยังคงพบ G2 รวมทั้ง G1 ในปริมาณเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบสารที่มีขนาดเล็กกว่า G1 ซึ่งไม่ทราบชนิดในปริมาณเล็กน้อย

สรุปผล

การใช้เอนไซม์อะไมเลสและไซลาเนสช่วยในการสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ ทำให้ปริมาณเบต้ากลูแคนใน สารสกัดเพิ่มขึ้น ขณะที่สารปนเปื้อนอื่นๆ มีปริมาณลดลง โดยเฉพาะแป้ง ขณะที่ปริมาณโปรตีนลดลงน้อยมาก วิธีการสกัดโดย ใช้เอนไซม์สามารถช่วยกำจัดรงควัตถุออกจากสารสกัดเบต้ากลูแคน ทำให้สารสกัดมีสีขาว ไม่มีสีน้ำตาลปน อีกทั้งยังช่วยกำจัด น้ำตาลอิสระชนิดอื่นๆ จึงพบน้ำตาล G3 เป็นส่วนประกอบหลักเพียงชนิดเดียว แต่ไม่พบ G4 แสดงให้เห็นว่าเบต้ากลูแคนใน สารสกัดจากข้าวเหนียวดำน่าจะมี G3 เป็นหน่วยย่อยหลัก จึงพบในปริมาณมากกว่า

เอกสารอ้างอิง

พัตราพร จอมเมืองบุตร, 2557, ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, หน้า 153-156.

ลักษณ์สุภา ประภาวัต, 2551, การประยุกต์ใช้เบต้ากลูแคนจากยีสต์ในเครื่องสำอาง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.

AOAC, 2000, Official method of analysis (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Asif, A., Faqir, M. A., Tahir, Z., Haq, N. and Zaheer, A., 2010, Extraction and Characterization of β-D-glucan from oat for industrial utilization, International Journal of Biological Macromolecules, 46:304-309.

Johansson, L., Tuomainen, P., Ylinen, M., Ekholm, P. and Virkki, L., 2004, Structural analysis of water-soluble and -insoluble β-glucans of whole-grain oats and barley, Carbohydrate polymers, 58:267-274.

John, V., 2008, Unique aspects of the grass cell wall, Current Opinion in Plant Biology, 11:301-307.

Li, W., Cui, S. W. and Kakuda, Y., 2006, Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β-D-glucans, Carbohydrate Polymers, 63:408-416.

Vasanthan, T. and Temelli. F., 2008, Grain fractionation technologies for cereal beta-glucan concentration, Food Research International, 41:876-881.

Wang, Q., Wood, P. J., Huang, X., and Cui, W., 2003, Preparation and characterization of molecular weight standards of low polydispersity from oat and barley (1→3)(1→4)-β-D-glucan, Food Hydrocolloids, 17:845-853.

Wood, P. J., Weisz, J. and Blackwell, B. A., 1994, Structural studies of (1/3) (1/4)-β-D-glucans by ^{13}C-nuclear magnetic resonance spectroscopy and by rapid analysis of cellulose-like regions using high-performance anion exchange chromatography of oligosaccharides released by lichenase, Cereal Chemistry, 71:301-307.

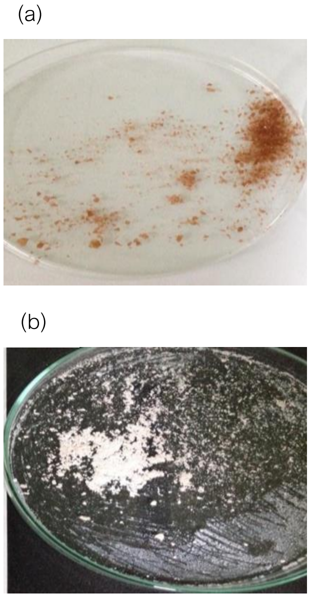
Table 1 Chemical compositions of non-enzymatic and enzymatic extracted beta-glucan from black glutinous rice

Composition (mg/g[a])	Non-enzymatic extracted beta-glucan (B1)	Enzymatic extracted beta-glucan (B2)
Beta-glucan	0.5692 ± 0.004^{c}	0.8503 ± 0.006^{b}
Moisture	0.0781 ± 0.003^{b}	0.0417 ± 0.003^{c}
Protein	0.0547 ± 0.013^{d}	0.0522 ± 0.006^{d}
Starch	0.0619 ± 0.062	Trace
Ash	0.1387 ± 0.011^{b}	0.0506 ± 0.006^{c}

[a] : Expressed as composition (mg) in 1 g extracted beta-glucan

[b,c] : Values with different letter in same row significantly different (p≤0.05),

[d] : non significantly different (p≤0.05)



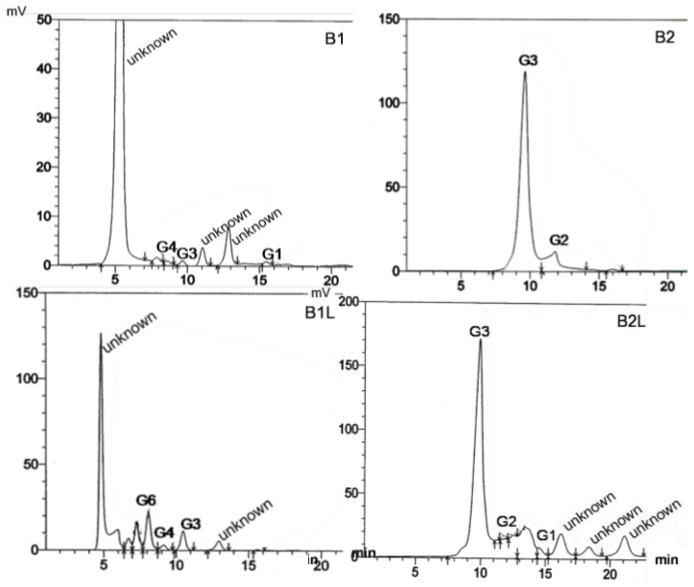


Figure 1 Appearance of extracted beta-glucan from black glutinous rice (a) Non-enzymatic extraction (B1) (b) Enzymatic extraction (B2)

Figure 2 Sugar compositions of B1 and B2 analyzed by HPLC
B1 and B2 define as non-enzymatic and enzymatic extracted beta-glucan, respectively. B1L and B2L define as B1 and B2 hydrolyzed by Lichenase, respectively.

การตอบสนองของข้าวในระยะกล้าต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน

Rice Seedling Responses to the Use of Phosphate Solubilizing Bacteria under Different Phosphorus Form

กฤชญา ปัญญา[1] เนตรนภา อินสลุด[1] สายสมร ลำยอง[2] จีราภรณ์ อินทสาร[3] และ สุธีระ เหิมฮึก[1]

Panya, K.[1], Insalud, N.[1], Lumyong, S.[2], Inthasan, J.[3] and Hermhuk, S.[1]

Abstract

This study was conducted to investigate the rice growth responding to phosphorus (P) absorption by upland rice seedlings (Sew-Mae-Jan) and paddy rice (KDML-105) planted in soil with non-available P form ($Ca_3O_8P_2$: Ca-P) and available form (KH_2PO_4: HPO_4^{-1}). The additive of *Acinetobacter baumannii* CR 1.8 and *Bacillus* sp. MC 21 was the treated combination. The response of rice was divided into 3 groups according to Ward's method, which groups 1 and 3 showed the responses of rice varieties interacted with all treated methods. The group 2 showed effect from available P (HPO_4^{-1}) and available to dissolve with CR 1.8 and MC 21, which its shoot height, root length, roots number and green color intensity in leaves were highly significant difference.

Keywords: rice, phosphorus, *Acinetobacter baumannii*, *Bacillus* sp.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองด้านการเจริญเติบโต และการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัส (P) ของกล้าข้าวไร่ (ซิวแม่จัน) และข้าวนา (ขาวดอกมะลิ 105) ปลูกในดินที่มี P อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ ($Ca_3O_8P_2$: Ca-P) และเป็นประโยชน์ (KH_2PO_4: HPO_4^{-1}) ร่วมกับการใส่เชื้อ *Acinetobacter baumannii* CR 1.8 และ *Bacillus* sp. MC 21 และจัดกลุ่มโดย Ward's method ได้ 3 กลุ่ม โดย กลุ่ม 1 และ 3 พบการตอบสนองมาจากอิทธิพลร่วมของพันธุ์ข้าวและกรรมวิธีที่ทดลอง ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับอิทธิพลจากธาตุ P ที่เป็นประโยชน์ (HPO_4^{-1}) และที่ละลายโดย CR 1.8 และ MC 21 โดยมีความสูงของลำต้น ความยาวของราก จำนวนราก และความเขียวใบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ข้าว ฟอสฟอรัส *Acinetobacter baumannii Bacillus* sp.

คำนำ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและเป็นตัวกำหนดผลผลิตของข้าว โดยทำหน้าที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญของส่วนต่างๆ ในเซลล์และเนื้อเยื่อพืช เป็นองค์ประกอบสำคัญในสารประกอบของแหล่งพลังงานสูง (ATP) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการทางชีวเคมีภายในต้นพืช ดังนั้นการขาดฟอสฟอรัสของข้าวจึงจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและเป็นปัจจัยสำคัญในการให้ผลผลิตของข้าว พืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสจะทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ลำต้นแคระแกร็น ผอม สูง ใบมีขนาดเล็กลง จำนวนใบลดลง และมีสีเขียวเข้มออกน้ำเงิน (Brady และ Weil, 2008) ในประเทศไทยมักประสบปัญหาดินขาดฟอสฟอรัส ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากดินเปรี้ยวจัด หรือ ดินกรด และพื้นที่ที่มีปัญหาดินกรดมีประมาณ 6.2 ล้านไร่ (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2554) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในดิน พืชไม่สามารถรับฟอสฟอรัสได้อย่างเพียงพอ เพราะ 90 % ของปุ๋ยฟอสฟอรัสจะถูกตรึงไว้ด้วยอนุภาคดินอย่างรวดเร็ว (Malboobi และคณะ, 2012) เนื่องจากฟอสฟอรัสถูกตรึงด้วยเหล็ก และอะลูมินัมที่ละลายออกมามากในสภาพดินกรด

---

[1] สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290, Thailand

[2] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

[3] ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[3] Department of Soil Resources and Environment, Faculty of Agriculture Production, Maejo University 50290

จุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีหลายชนิด เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส แบคทีเรียละลายฟอสเฟต (phosphate solubilizing bacteria; PSB) เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนฟอสเฟตในรูปที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ (ไตรธานี และคณะ, 2555) ทำให้พืชดูดมาใช้ได้โดยตรง และช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้นำจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตมาใช้ร่วมกับการปลูกข้าว เพื่อศึกษาการตอบสนองการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวในดินที่มีสภาพฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน และอาจทราบถึงความเฉพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ข้าวกับสภาพฟอสฟอรัสต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องจากการใส่เชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟต ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการตอบสนองของข้าวในระยะกล้าต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน โดยสุ่มกล้าข้าวจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไร่ (V1) พันธุ์ซิวแม่จัน (Sew Mae Jan) และ ข้าวนา (V2) พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ 12 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง ย้ายเมล็ดปลูกลงในถาดเพาะที่บรรจุดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จำนวน 2 ครั้ง อัตรา 3 กิโลกรัมต่อถาด โดยแบ่งใส่สารละลายฟอสเฟต 2 รูป คือ รูปที่ไม่เป็นประโยชน์ ($Ca_3O_8P_2$: Ca-P) (P1) และรูปที่เป็นประโยชน์ (KH_2PO_4 : KH-P) (P2) หลุมละ 1 ml และในแต่ละสภาพของฟอสเฟตแบ่งใส่กรรมวิธีของการใช้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟต 3 กรรมวิธี ได้แก่ *Acinetobacter baumannii* CR 1.8 (B1) *Bacillus* sp. MC 21 (B2) และ ไม่ใส่แบคทีเรีย (B3) ซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุม (รวม 12 กรรมวิธี (VxBxP)) หลังจากย้ายเมล็ดลงปลูกในแต่กรรมวิธีแล้วรดน้ำเช้าและเย็น ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตเมื่อต้นข้าวอายุ 21 วัน โดยในแต่ละกรรมวิธีทำการสุ่มต้นข้าว จำนวน 10 ต้น เพื่อบันทึกข้อมูลความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก จำนวนราก และวัดค่าความเขียวใบของใบข้าวที่แผ่ขยายเต็มที่ (YEB+1) โดยใช้เครื่อง Chlorophyll Meter ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น SPAD-502 Plus หลังจากนั้นนำต้นข้าวอบลดความชื้น ชั่งน้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งราก การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Cluster analysis) หลังจากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะการเจริญเติบโต ระหว่างกลุ่ม พร้อมเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตร่วมกับปลูกข้าว แสดงผลการตอบสนองการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวได้อย่างชัดเจน เมื่อข้าวมีอายุ 21 วันหลังปลูก จากการนำข้อมูลการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก จำนวนราก และค่าความเขียวใบของต้นกล้าข้าวจากกรรมวิธีต่าง ๆ มาวิเคราะห์การจัดกลุ่ม สามารถแบ่งการตอบสนองออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มพันธุ์ซิวแม่จัน และ กลุ่มที่ 3 กลุ่มพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้ได้รับอิทธิพลจากพันธุ์ข้าวเกือบทุกกรรมวิธี ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้รับอิทธิพลจากการใส่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จาก KH-P และกรรมวิธีที่ละลายโดย CR 1.8 และ MC 21 (Figure 1) และจากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการตอบสนองด้านความสูงของลำต้น ความยาวของราก จำนวนราก และความเขียวใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ (Table 1) โดยการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น พบว่ากลุ่มพันธุ์ซิวแม่จัน มีความสูงต้นมากที่สุด ซึ่งมีค่ามากกว่ากลุ่มพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ถึง 28.94 % ซึ่งเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์ ไม่ว่าอยู่ในกรรมวิธีใด ๆ และกรรมวิธีที่ใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ โดยมีความน่าจะเป็นว่า เชื้อแบคทีเรียมีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตเพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกตน์ณนิภา และคณะ (2557) พบว่าข้าวที่ปลูกในดินที่มีการเติมเชื้อ *Burkhoderia* sp. มีการเจริญเติบโตมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเชื้อที่มีการตรึงบนขี้เถ้าแกลบให้ผลการเจริญเติบโตของข้าวได้ดีกว่าเชื้อมีไม่มีวัสดุตรึง ในขณะที่ด้านความยาวราก พบว่ากลุ่มพันธุ์ซิวแม่จันมีความยาวรากมากที่สุด ตามด้วยกลุ่มที่ 2 ที่ประกอบด้วยกรรมวิธีที่ใส่เชื้อแบคทีเรียในสภาพฟอสเฟตที่ไม่เป็นประโยชน์ และกลุ่มพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวรากน้อยที่สุด ตามลำดับ และด้านจำนวนราก พบว่ากลุ่มพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนรากสูงที่สุด ตามด้วยกลุ่มที่ 2 ทุกกรรมวิธี และกลุ่มพันธุ์ซิวแม่จัน ตามลำดับ เป็นผลตรงกันข้ามกับความยาวราก โดยเป็นการพัฒนาการของต้นข้าวที่มีจำนวนรากมาก แต่มีความยาวรากต่ำ และในด้านค่าความเขียวใบมีทิศทางไปในทางเดียวกันกับจำนวนราก ส่วนด้านจำนวนใบ น้ำหนักแห้งต้นและราก ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธีกล้าข้าวในกรรมวิธีใดก็ตาม ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาการใส่แบคทีเรีย *Bacillus megatherium* var. *Phosphaticum* ที่ละลาย

ฟอสเฟต ส่งผลให้ค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้งในอ้อยและในพืชเกษตรอื่น (สุภาพร และคณะ, 2553 อ้างจาก Sundara และคณะ, 2002)

สรุปผล

จากการศึกษาการตอบสนองการเจริญเติบโตของข้าวต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสเฟตในรูปที่ต่างกัน สามารถแบ่งกลุ่มตามการตอบสนองได้ 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 และ 3 ได้รับอิทธิพลจากพันธุ์ของข้าว คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของพันธุ์ซิวแม่จันทั้งหมด และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่ได้รับอิทธิพลร่วมระหว่างเชื้อแบคทีเรีย และสภาพฟอสเฟต คือ ข้าวซิวแม่จันที่เจริญในดินที่มีฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์มีการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญในสภาพที่ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดร่วมด้วย และเมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตในแต่ละลักษณะ พบว่ากลุ่มพันธุ์ข้าวซิวแม่จันมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้นและความยาวรากสูงที่สุด สำหรับการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนรากและค่าความเขียวใบ มีผลตรงข้ามกับความสูงต้นและความยาวราก คือ กลุ่มพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนรากและความเขียวใบสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ทุนการศึกษา (ศิษย์ก้นกุฏิ) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีการศึกษา 2558 ที่ได้สนับสนุนทุนในงานวิจัยครั้งนี้และ ขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

เกตน์ณนิภา วันชัยและ สมาพร เรืองสังข์, 2557, ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่ตรึงอยู่บนขี้เถ้าแกลบต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข47, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 513-516.

ไตรธานี เยี่ยมอ่อน นันทวัน ฤทธิ์เดช ประสิทธิ์ ใจศิล และ โสภณ บุญลือ, 2555, การส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยด้วยแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในสภาพเรือนทดลอง, แก่นเกษตร 40(3): 185-193.

สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2554, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.irrigation.rid.go.th/news/announce.htm www.ftawatch.org/all/news/. (28 พฤศจิกายน 2558)

Brady N.C. and R.R. Weil, 2008, The nature and properties of soils, 14th ed, New Jersey: Pearson Education, Inc.

Malboobi M.A., Samaeian A., Sabet M.S. and Lohrasebi T., 2012, Plant Phosphate Nutrition and Environmental. http://dx.doi.org/10.5772/53424

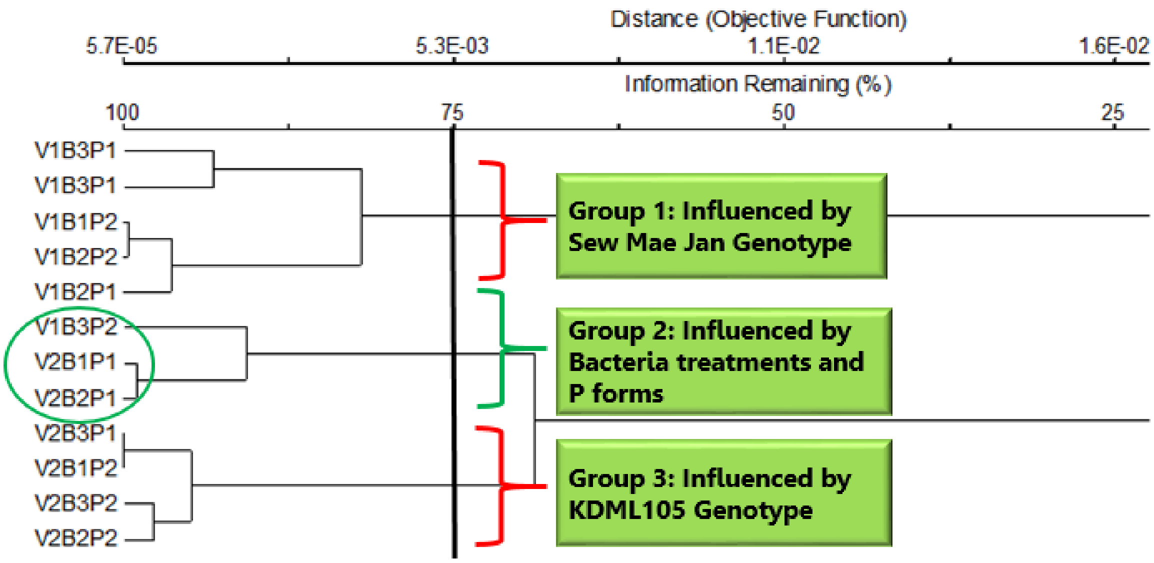


Figure 1 Dendrogram base on degree of similarity (similarity index) of eight parameters related to rice growth. Using cluster analysis at 75% similarity cut off.

Table 1 Growth parameters of Sew Mae Jan and KDML105 when grown under soil culture with *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 and *Bacillus sp.* strain MC 21 application for 21 days.

Growth	Group			
	1	2	3	Average
Shoot Length	32.7±1.73[a]	31.1±0.87[a]	27.9±0.58[b]	30.7±2.51
Leaf No	3.1±0.21	3.1±0.08	3.1±0.08	3.1±0.14
Root Length	20.1±0.80[a]	18.3±1.52[b]	16.4±0.71[c]	18.4±1.91
Root No	15.3±0.93[c]	17.9±0.86[b]	19.4±0.53[a]	17.3±1.99
SPAD	15.9±1.18[b]	18.7±0.05[a]	18.4±0.88[a]	17.4±1.61
SDW	0.181±0.02	0.187±0.02	0.180±0.01	0.182±0.02
LDW	0.303±0.04	0.268±0.03	0.248±0.01	0.276±0.04
RDW	0.202±0.02	0.194±0.04	0.174±0.01	0.191±0.03

Mean in the same column followed by different letters were different at $P<0.05$, according to DMRT test

อิทธิพลของ Naphthalene acetic acid ต่อการชักนำแคลลัสจากใบและกลีบดอกพุดซ้อน

Effect of Naphthaleneacetic Acid on Callus Induction from Leaves and Petal of Gardenia Jasminoides

วรินธร จริยกิจโกศล[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ บี. มาทา[2]

Jariyakitkosol, V.[1], Kerdchoechuen, O.[1] Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

The objective of this study was aimed to investigate the effect of various concentrations of naphthalene acetic acid (NAA) (0, 0.5, 1.5 and 2.5 mg/L) on growth and appearance of leaf callus and petal callus of *Gardenia jasminoides*, collecting data for everyday for 7 days. It was found that the fresh biomass of *Gardenia jasminoides* cell callus was the highest in cells treated with 0.5 mg/L NAA. The growth index of *Gardenia jasminoides* leaf and petal cell callus were 37.76 and 16.01, respectively. The appearance of leaf callus and petal callus of *G. jasminoides* were soft, friable and white-yellowish color.

Keywords: growth regulator, *Gardenia jasminoides* cell callus, growth index

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต Naphthaleneacetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 mg/L ต่อการเจริญเติบโต และลักษณะปรากฏของแคลลัสใบและกลีบดอกพุดซ้อนทุกๆ 7 วัน พบว่า NAA ทั้ง3 ความเข้มข้นสามารถกระตุ้นให้เกิดเซลล์แคลลัสพุดซ้อนได้ทั้งในใบและกลีบดอก โดยที่ความเข้มข้น 0.5 mg/L มีการเจริญเติบโตของแคลลัสใบและกลีบดอกสูงสุด โดยวัดจากน้ำหนักสด อย่างไรก็ตามแคลลัสใบพุดซ้อนมีดัชนีการเจริญเติบโต (growth index) เท่ากับ 37.76 ส่วนแคลลัสกลีบดอกพุดซ้อนมีดัชนีการเจริญเติบโต เท่ากับ 16.01 ซึ่งแคลลัสใบพุดซ้อนมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าแคลลัสกลีบดอกพุดซ้อน ส่วนลักษณะปรากฏของแคลลัสใบและกลีบดอกพุดซ้อนคือ มีสีขาวเหลือง เซลล์มีลักษณะเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ

คำสำคัญ: สารควบคุมการเจริญเติบโต แคลลัสพุดซ้อน ดัชนีการเจริญเติบโต

คำนำ

พุดซ้อน หรือ *Gardenia jasminoides* เป็นไม้ดอกเมืองร้อนและกึ่งร้อน มีกลิ่นหอม นำมาใช้เป็นไม้ดอกไม้ประดับ จัดอยู่ในอันดับ Gentianales วงศ์ Rubiaceae สกุล Gardenia (Al-Juboory และคณะ, 1998) นิยมปลูกในประเทศอเมริกาและประเทศในแถบยุโรป ส่วนใบและผลของพุดซ้อนมีสมบัติทางด้านเภสัชกรรม เช่น รักษาการระคายเคือง เจ็บคอ ช่วยขับปัสสาวะ โรคดีซ่าน และต้านเชื้อแบคทีเรย เป็นต้น (Lim, 2014) (เติมเอกสารอ้างอิง) อย่างไรก็ตามพุดซ้อนต้องใช้ระยะเวลาในการปลูก ความรู้ และประสบการณ์ และยังต้องการความดูแลอย่างมากในการขนย้ายผลผลิตต้องทำได้สะดวก กรวดเร็ว ไม่เช่นนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาการสูญเสียของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย (ปรีชา กาเพ็ชร และ เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร, 2555) นอกจากนี้ยังมีการปนเปื้อนของโรคและแมลง เนื่องจากการผลิตส่วนใหญ่เป็นระบบเปิด (Dobson และคณะ, 1994) ดังนั้นการใช้เทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มการขยายพันธุ์ของพุดซ้อนได้มากขึ้น ยังสามารถขยายพันธุ์พืชได้ในปริมาณมากๆ ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ และปราศจากโรคได้อีกด้วย (Economou และ Spanoudaki 1985) อย่างไรก็ตามการกระตุ้นให้เกิดการสร้างแคลลัสในพืช จำเป็นที่ต้องใช้ฮอรโมนพืชในการชักนำให้เกิดการเจริญเติบโต ซึ่ง Naphthaleneacetic acid (NAA) เป็นสารฮอร์โมนพืชในกลุ่มออกซิน (Auxin) ที่ช่วยในการเร่งการเจริญเติบโตของพืช ควบคุมการเจริญเติบโตของตาข้างและกิ่ง ควบคุมการเจริญของผล และสามารถชักนำให้เกิดแคลลัส (Mantell และ Smith, 1984) (ปรารถนา และคณะ) มีรายงานการใช้ NAA ความเข้มข้น 0.5 – 5 mg/L ในชักนำให้เกิดการสร้างแคลลัสจากใบอ่อนของพุดซ้อนในอาหารสูตร WPM (Farzinebrahimi และคณะ, 2014) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการกระตุ้นการสร้างแคลลัสจากกลับดอกพุดซ้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารควบคุมการ

---

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

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

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762

เจริญเติบโต Naphthaleneacetic acid (NAA) ต่อการเจริญเติบโต และลักษณะปรากฏของแคลลัสใบและกลีบดอกพุดซ้อนที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อเป็นแนวทางนำแคลลัสที่ได้มาใช้ในการสร้างสารหอมระเหยในพุดซ้อนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของแคลลัสพุดซ้อน นำใบอ่อนและกลีบดอกพุดซ้อนมาฟอกฆ่าเชื้อด้วยเอทานอล และ NaOCl หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง นำไปเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Murashige และ Skoog culture medium (MS medium; Murashige & Skoog, 1962) ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต Naphthaleneacetic acid (NAA) ที่ความเข้มข้น 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.5 และ 2.5 mg/L (Farzinebrahimi และคณะ, 2014) เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25ºC ให้แสงเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง บันทึกการเจริญเติบโตและลักษณะปรากฏของแคลลัสพุดซ้อนที่ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ทุกๆ 7 วัน และศึกษาดัชนีการเจริญเติบโต (Growth index) ตามสมการดังนี้ (Bassolino และคณะ, 2015) โดยวัดจากน้ำหนักสด (Fresh weight; FW)

ดัชนีการเจริญเติบโต (Growth index) = [(น้ำหนักแคลลัสสุดท้าย – น้ำหนักแคลลัสเริ่มต้น) / น้ำหนักแคลลัสเริ่มต้น] x 100

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษา พบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ทั้งสามความเข้มข้น สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสในใบอ่อนและกลีบดอกพุดซ้อนได้ โดยใช้ระยะเวลา 14 วัน ในการชักนำแคลลัสใบอ่อนพุดซ้อน ส่วนกลีบดอกพุดซ้อนใช้ระยะเวลา 21 วันในการชักนำให้เกิดแคลลัส ซึ่ง NAA ทุกความเข้มข้นสามารถชักนำใบอ่อนพุดซ้อนให้เกิดแคลลัสได้ดีกว่ากลีบดอกพุดซ้อน เนื่องจากเซลล์ของใบอ่อนอยู่ในระยะเยาวภาพ (juvenile phase) (ปิยะดา และอารีย์, 2551) หรือเป็นกลุ่มเซลล์ที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้มีความสามารถในการเจริญเติบโตได้มากกว่าเซลล์ของกลีบดอก

นอกจากนี้การใช้ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/L ส่งผลให้แคลลัสจากใบอ่อนและกลีบดอกพุดซ้อนเจริญเติบโตได้ดีที่สุด มีดัชนีการเจริญเติบโต (Growth index) เท่ากับ 37.76 และ 16.01 ตามลำดับ โดยวัดจากน้ำหนักสด (fresh weight; FW) (Table 1) และจากลักษณะปรากฏของแคลลัสใบพุดซ้อน แสดงให้เห็นว่า NAA ทั้งสามความเข้มข้นสามารถชักนำให้เกิดเป็นแคลลัสได้ทั้งหมด ยกเว้นกลุ่มควบคุม โดยแคลลัสที่เกิดขึ้นมีลักษณะสีขาวเหลือง นุ่มและเกาะกันอย่างหลวมๆ (friable callus) เมื่อผ่านไปวันที่ 42 และ 49 ของการเพาะเลี้ยง พบว่า แคลลัสใบพุดซ้อนมีขนาดใหญ่ขึ้น และเริ่มมีการเปลี่ยนสีจากสีขาวเหลืองออกเป็นสีเหลืองน้ำตาล และเริ่มตาย (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Farzinebrahimi และคณะ (2014) ส่วนลักษณะปรากฏของแคลลัสดอกพุดซ้อน พบว่า NAA ทั้งสามความเข้มข้นสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ทั้งหมด ยกเว้นกลุ่มควบคุม โดยแคลลัสที่เกิดขึ้นมีลักษณะสีขาวเหลืองซึ่งเหลืองกว่าในแคลลัสใบพุดซ้อน แคลลัสนุ่มและเกาะกันอย่างหลวมๆ (friable callus) เมื่อผ่านไปวันที่ 35 ของการเพาะเลี้ยง พบว่า แคลลัสกลีบดอกพุดซ้อนมีขนาดใหญ่ขึ้น และเริ่มมีการเปลี่ยนสีจากสีขาวเหลืองออกเป็นสีเหลืองน้ำตาล และเริ่มตาย (Figure 2)

สรุปผล

สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความเข้มข้น 0.5 mg/L มีความสามารถในการชักนำให้เกิดแคลลัสใบและกลีบดอกพุดซ้อนมากที่สุด โดยแคลลัสจากใบอ่อนมีดัชนีการเจริญเติบโตเป็นสองเท่าของแคลลัสกลีบดอกพุดซ้อน มีลักษณะปรากฏของแคลลัสใบพุดซ้อนและกลีบดอกพุดซ้อน สีขาวเหลือง เซลล์มีลักษณะเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ปิยะดา ตันตสวัสดิ์ และอารีย์ วรัญญูวัฒก์, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, สำนักพิมพ์บริษัท เอเจนเทค จำกัด, กรุงเทพฯ, 5.

ปรีชา กาเพ็ชร และเกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร, 2555, ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย : พื้นที่ศึกษา จังหวัดกาฬสินธุ์, แก่นเกษตร 40, ฉบับพิเศษ 3, หน้า 83-91

Al-Juboory K.H., Skirvin R.M. and Williams D.J., 1998, Callus induction and adventitious shoot regeneration of gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) leaf explants, Scientia Horticulturae, 72: 171-178.

Bassolino, L., Giacomelli, E., Giovanelli, S., Pistelli, L., Cassetti, A., Damonte, G., Bisio, A. and Ruffoni, B., 2015, Tissue culture and aromatic profile in *Salvia dolomitica* Codd, Plant Cell Tissue Organ Culture, 121: 83-95.

Dobson, H.E.M., 1994, Floral volatiles in insect biology, in Insect-plant Interaction, Bernays E.A., ed., CRC Press, London, pp. 47-81.

Economou, A. S. and Spanoudaki, M. J., 1985, In vitro propagation of gardenia, Horticultural Science, 20: 213.

Farzinebrahimi, R., Taha, R., Rashid, K. and Yaacob, J. S., 2014, The Effect of Various Media and Hormones via Suspension Culture on Secondary Metabolic Activities of (Cape Jasmine) *Gardenia jasminoides* Ellis, The Scientific World Journal, 2014: 1-7.

Lim, T.K., 2014, Edible Medicinal and Non Medicinal Plants, Springer, pp.705-729.

Mantell, S.H. and Smith, H., 1984, Cultural Factors that Influence Secondary Metabolite in Plant Cell and Tissue Cultures, Plant Biotechnology, 75-108.

Table 1 Growth index of leaf and petal *Gardenia jasminoides* callus at various concentration of NAA.

Concentration of NAA (mg/L)	Growth index	
	Leaf callus	Petal callus
0.5	37.76	16.01
1.5	27.67	2.08
2.5	18.57	7.22

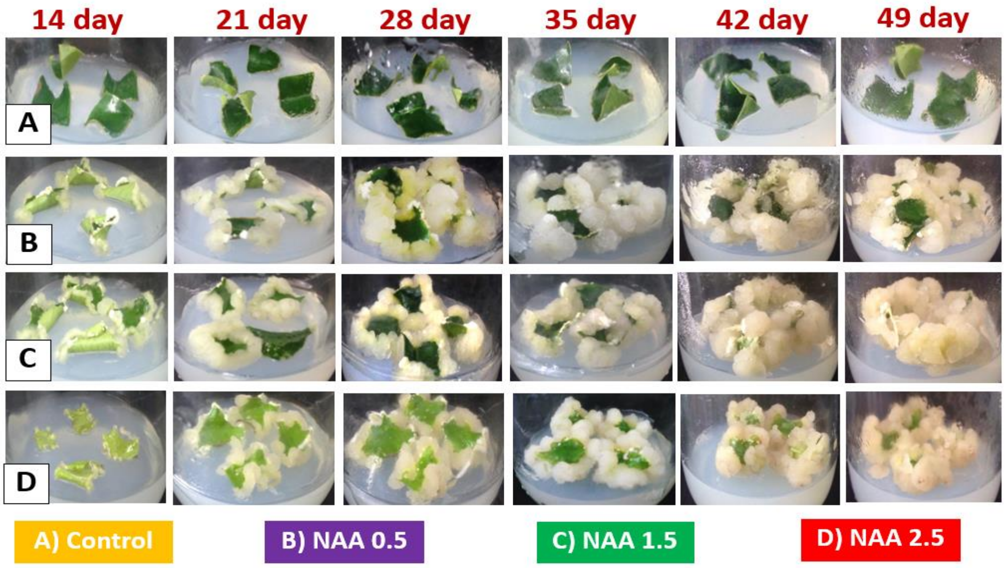


Figure 1 Effect of Napthaleneacetic acid (NAA) at various concentrations to the appearance of leaf callus of *G. jasminoides*.

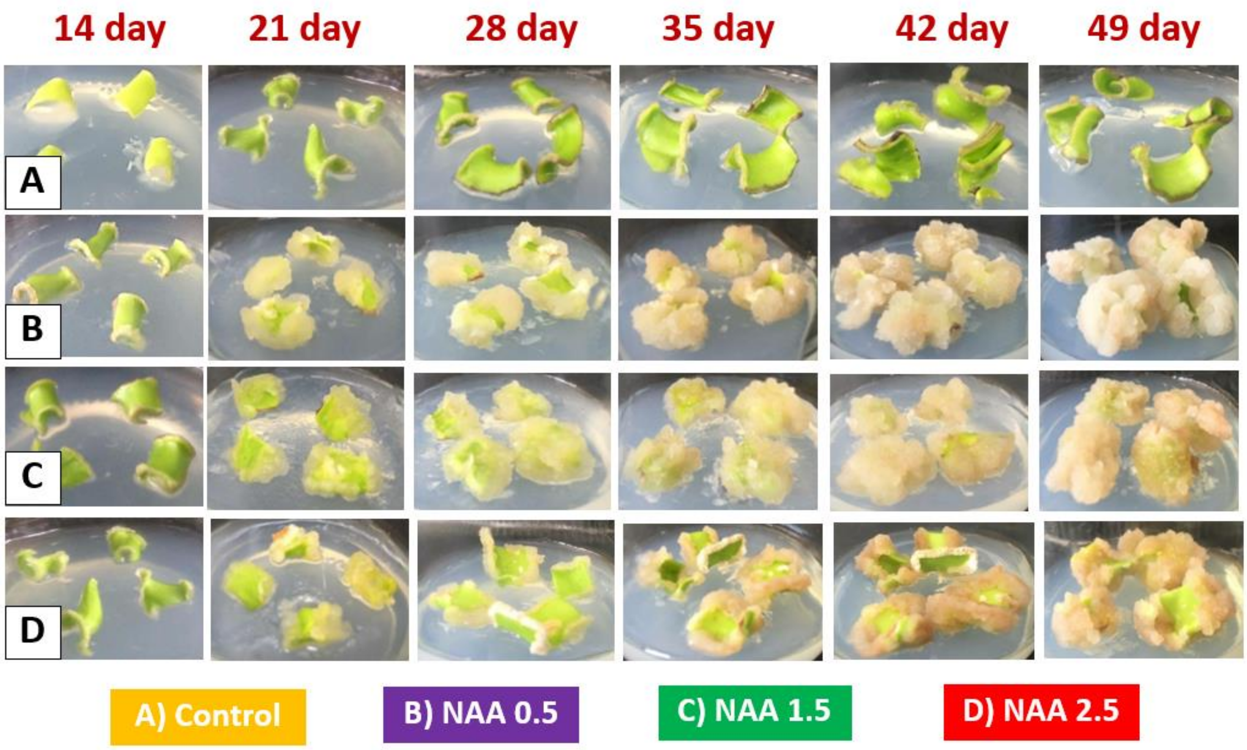


Figure 2 Effect of Napthaleneacetic acid (NAA) at various concentrations to the appearance of leaf callus of *G. jasminoides*.

อิทธิพลของแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตต่อการสร้างสารหอมระเหยในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อน

Effect of Calcium Sulfate and Magnesium Sulfate on Volatile Aroma Compound Biosynthesis in Suspension Culture of *Gardenia jasminoides*

วรินธร จริยกิจโกศล[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ มาทา[2]

Jariyakitkosil, V.[1], Kerdchoechuen, O.[1] Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

This investigation was aimed to study the effect of calcium sulfate and magnesium sulfate on biosynthesis of plant volatile aroma compounds in suspension culture of *Gardenia jasminoides*, cultured for 3, 6, 9, 12 and 15 days. The volatile was identified by headspace-solid-phase-microextraction gas-chromatography-mass-spectrometry (HS-SPME-GC-MS). The concentration of calcium-sulfate was 440, 880 and 1760 mg/L, and magnesium-sulfate was 370, 740 and 1480 mg/L. It was found that 880 mg/L calcium-sulfate and 740 mg/L magnesium-sulfate could induce the highest volatile production accumulated in both intracellular and extracellular on day 3. The odor description of elicited calcium-sulfate and magnesium-sulfate was green, fresh floral, fruity, sweet and woody with floral. Moreover, 880 mg/L calcium-sulfate and 740 mg/L magnesium-sulfate could induce extracellular alpha-farnesene and extracellular caryophyllene production, respectively, which these two volatiles were the major compounds of *G. jasminoides*.

Keywords: suspension culture of *Gardenia jasminoides*, alpha-farnesene, caryophyllene

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตต่อการสร้างสารหอมระเหยในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อนเป็นระยะเวลา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน นำไปวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้เทคนิค headspace-solid-phase-microextraction gas-chromatography-mass-spectrometry (HS-SPME-GC-MS) โดยใช้แคลเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 440, 880 และ 1760 mg/L ส่วนแมกนีเซียมซัลเฟตใช้ความเข้มข้นที่ 370, 740 และ 1480 mg/L พบว่าแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 880 และ 740 mg/L มีการสร้างสารหอมระเหยได้ดีที่สุดในวันที่ 3 ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ ซึ่งสารหอมระเหยที่พบในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อนหลังเติมสารกระตุ้นแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตให้แนวกลิ่น green, fresh floral, fruity , sweet และ woody with floral การใช้แคลเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 880 mg/L มีการสร้างสารหอมระเหย alpha-farnesene ขึ้นภายนอกเซลล์ นอกจากนี้แมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 740 mg/L มีการสร้างสารหอมระเหย caryophyllene ขึ้นภายนอกเซลล์ ซึ่งสารหอมระเหยทั้งสองชนิดนี้เป็นสารหอมระเหยหลักที่พบในดอกพุดซ้อน

คำสำคัญ: เซลล์แขวนลอยพุดซ้อน alpha-farnesene, caryophyllene

คำนำ

พุดซ้อน หรือ *Gardenia jasminoides* อยู่ในอันดับ Gentianales วงศ์ Rubiaceae สกุล Gardenia เป็นดอกไม้สีขาวมีกลิ่นหอมตลอดวัน สารหอมระเหยสำคัญที่พบในพุดซ้อน ได้แก่ α-farnesene caryophyllene และ α-linalool (Nawa และ Ohtani, 2014) น้ำมันหอมระเหยของพุดซ้อนจัดเป็นหนึ่งในน้ำมันหอมระเหยที่มีค่ามากที่สุดในโลก เนื่องจากการสกัดน้ำมันหอมระเหยของพุดซ้อนที่ได้จากธรรมชาตินั้นมีราคาสูง เนื่องจากต้องใช้ปริมาณในการสกัดจำนวนมาก มีวิธีการสกัดที่ยุ่งยาก และต้องไม่ใช้ความร้อน ซึ่งในปัจจุบันจึงนิยมใช้น้ำมันหอมระเหยของพุดซ้อนแบบสังเคราะห์ (Schonbeck, 2001) ดังนั้นการใช้เทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้สารกระตุ้น (Elicitor) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถ

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

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

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762

เพิ่มการสร้างสารหอมระเหย ซึ่งสารกระตุ้นคือ สารประกอบที่เติมลงไปในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช แล้วสามารถกระตุ้นให้พืชเกิดการตอบสนองหรือสร้างสารทุติยภูมิขึ้นมาได้เหมือนกลไกการป้องกันตัวเองที่เกิดจากความเครียดจากภายนอก **(Collin, 2001)** โดย Ca^{2+} และ Mg^{2+} สามารถใช้เป็นสารกระตุ้นให้สังเคราะห์สารสำคัญในพืช โดยที่ Ca^{2+} และ Mg^{2+} จะทำหน้าที่จับกับโปรตีนหรือเอนไซม์ให้อยู่ในรูปที่ active (White และคณะ, 2003) เช่น มีรายงานการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแมกนีเซียมซัลเฟต ในการกระตุ้นการสังเคราะห์ valerenic acid ในรากขนของ *Valeriana officinalis* L. ส่งผลให้ปริมาณของ valerenic acid เพิ่มขึ้น (Torkamani และคณะ, 2014) นอกจากนี้ในปี 2010 Nasim และคณะ ใช้สารกระตุ้นแคลเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 16 mg/L สามารถกระตุ้นการสร้างสาร alliin ในกระเทียม แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาในเพื่อกระตุ้นการสร้างสารหอมระเหยในแคลลัสพุดซ้อน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้แคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตต่อการสร้างสารหอมระเหยในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของแคลลัสพุดซ้อน** ดัดแปลงตามวิธีของ Torkamani และคณะ (2014) นำแคลลัสพุดซ้อน ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม NAA 0.5 mg/L มา1 กรัมลงในอาหารสูตร Murashige และ Skoog (MS medium; Murashige & Skoog, 1962) ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต Naphthaleneacetic acid (NAA) ที่ความเข้มข้น 0.5 mg/L ไม่เติม agar เพื่อให้เป็นอาหารเหลว (Farzinebrahimi และคณะ, 2014) และมีการเติมสารกระตุ้นแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 1 ($CaSO_4$ = 440 mg/L, $MgSO_4$ = 370 mg/L), 2 ($CaSO_4$ = 880 mg/L, $MgSO_4$ = 740 mg/L) และ 4 ($CaSO_4$ = 1,760 mg/L, $MgSO_4$ = 1,480 mg/L) เท่าจากสูตรอาหาร MS ปกติ และ จากนั้นนำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส โดยเปิดแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน

2. **การวิเคราะห์สารหอมระเหย** นำเซลล์แขวนลอยพุดซ้อน หลังเติมสารกระตุ้นแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตที่ใช้ความเข้มข้นแตกต่างกันในวันที่ 3 มากรองด้วยกระดาษกรองแยกเป็นส่วนของแคลลัส (intracellular) และส่วนของอาหารเหลว (extracellular) แล้วนำไปฉีด GC ทันที ด้วยวิธี Headspace solid-phase microextraction Gas chromatography Mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 100 µm polydimethylsiloxane fiber (PDMS) อุ่นสารตัวอย่างปริมาณ 1 กรัม ใน vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหย 5 นาที และนำเข้าเครื่อง GC ด้วยวิธี splitless โดยใช้คอลัมน์ DB-WAX capillary มีแก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งโปรแกรมระบบอุณหภูมิของ oven ที่ 60 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิที่อัตรา 7 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 240 องศาเซลเซียส คงไว้ 5 นาที วิเคราะห์ห์สารหอมระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan range 33-350 amu) ที่ภาวะเครื่อง 70 eV และแปลผลเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ %quality match ร้อยละ 80 คำนวณ Retention Index (RI) เทียบกับสารมาตรฐานอัลเคน (C8-C20) ดังสมการ

$$RI = \{100\,[Rt(x) - Rt(z)] / [Rt(z+1) - Rt(z)]\} + 100z$$

โดย $Rt(x)$ คือ retention time (นาที) ของสารตัวอย่างที่สนใจ

$Rt(z)$ คือ retention time (นาที) ของ normal alkane ก่อนสารตัวอย่าง

$Rt(z+1)$ คือ retention time (นาที) ของ normal alkane หลังสารตัวอย่าง

และ z คือ จำนวนของ carbon atoms

อุ่นสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 50°C

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้แคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตต่อการสร้างสารหอมระเหยในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อนเป็นระยะเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า พุดซ้อนหลังเติมสารกระตุ้นแคลเซียมและแมกนีเซียมซัลเฟตทั้งสามความเข้มข้นได้แก่ 1-hexanol และ 2-ethyl-1-hexanol ซึ่งให้แนวกลิ่น green, fresh floral, fruity , sweet และ woody with floral โดยความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของสารหอมระเหย ซึ่งแคลเซียมและแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 1,760 และ 1,480 mg/L ตามลำดับ มีการสร้างสารหอมระเหยน้อยที่สุดทั้งภายในและภายนอกเซลล์ ส่วนการไม่เติมแคลเซียมซัลเฟตสร้างสารหอมระเหย phenylethyl alcohol ซึ่งเป็นสารหอมระเหยที่พบในดอกพุดซ้อน นอกจากนี้การใช้แคลเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 880 mg/L มีการสร้างสารหอมระเหย alpha-farnesene ขึ้นภายนอกเซลล์ ซึ่งเป็นสารหอมระเหยหลักที่สำคัญที่พบในดอกพุดซ้อน (Chaichana และคณะ, 2009) ส่วนการใช้

แคลเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 440 และ 880 mg/L มีการสร้างสารหอมระเหย D-limonene ขึ้นภายในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อน ซึ่งเป็นสารหอมระเหยที่ไม่พบในดอกพุดซ้อน นอกจากนี้แคลเซียมซัลเฟตทุกความเข้มข้นมีการสร้างสาร nerolidol ขึ้นภายนอกเซลล์ ซึ่ง nerolidol เป็นสารตั้งต้นในการสร้าง alpha-farnesene (Riegert และคณะ, 1969) (Table 1) ส่วนแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 740 mg/L มีการสร้างสารหอมระเหยสูงที่สุดภายในเซลล์ และมีการสร้างสารหอมระเหย caryophyllene ภายนอกเซลล์ ซึ่งเป็นสารหอมระเหยหลักที่พบในดอกพุดซ้อน (Nawa และ Ohtani, 2014) นอกจากนี้ยังมีการสร้างสารหอมระเหย benzaldehyde ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ ซึ่งเป็นสารหอมระเหยที่ไม่พบในดอกพุดซ้อน ส่วนการใช้แมกนีเซียมที่ความเข้มข้น 370 mg/L มีการสร้างสารหอมระเหย D-limonene ขึ้นภายในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อน ซึ่งเป็นสารหอมระเหยที่ไม่พบในดอกพุดซ้อน (Table 2)

สรุปผล

การใช้แคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตต่อการสร้างสารหอมระเหยในเซลล์แขวนลอยพุดซ้อนพบว่าวันที่ 3 มีการสร้างสารหอมระเหยได้ดีที่สุด โดยแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมที่ความเข้มข้น 880 และ 740 mg/L ตามลำดับ มีการสร้างสารหอมระเหย alpha-farnesene และ caryophyllene ภายนอกเซลล์ ซึ่งเป็นสารหอมระเหยหลักที่สำคัญที่พบในดอกพุดซ้อน นอกจากนี้แคลเซียมซัลเฟตทุกความเข้มข้นมีการสร้างสาร nerolidol ขึ้นภายนอกเซลล์ ซึ่ง nerolidol เป็นสารตั้งต้นในการสร้าง alpha-farnesene

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Chaichana J, Niwatananun W., Vejabhikul S., Somna S. and Chansakaow S., 2009, Volatile constituents and biological activities of *Gardenia jasminoides*, Journal Health Research, (23): 141-145.

Collin, H.A., 2001, Secondary Product Formation in Plant Tissue Culture, Plant Growth Regulation, 34(1): 119-134.

Farzinebrahimi, R., Taha, R., Rashid, K. and Yaacob, J. S., 2014, The Effect of Various Media and Hormones via Suspension Culture on Secondary Metabolic Activities of (Cape Jasmine) *Gardenia jasminoides* Ellis, The Scientific World Journal, 2014: 1-7.

Nasim, S.A., Dhir, B., Kapoor, R., Fatima, S., Mahmooduzzafar, and Mujib, A., 2010, "Alliin production in various tissues and organs of Allium sativum grown under normal and sulphur-supplemented in vitro conditions", Plant Cell Tissue Organ Culture, 101: 59-63.

Nawa Y. and Ohtani T., 2014, Induction of callus from flesh of Gardenia jasminoides ELLIS fruit and formation of yellow pigment in the callus, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 56: 1732-1736.

Riegert G., Nestricka E. and Charlesr N.D., 1969, The Synthesis of trans,trans-α -Farnesene, The Journal of Organic Chemistry, 34: 3789-3791.

Schonbeck, J., 2001, Gardenia Essential Oil [Online], Available : http://www.aromatherapy-school.com/essential-oils/gardenia-essential-oil.html [2016, April 18].

Torkamani, M.R.D., Abbaspour, N., Jafari, M. and Samadi A., 2014, Elicitation of valerenic acid in the hairy root cultures of Valeriana officinalis L (Valerianaceae), Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 13(6): 943-949.

White, J.P. and Broadley R.M., 2003, Calcium in plants, Annals of Botany, 92: 487-511.

Table 1 Volatile compounds of suspension cultured cells of *Gardenia jasminoides* at various concentrations of calcium sulfate on day 3.

Volatile compounds	*RI	Peak area (×10^5)							
		No $CaSO_4$		440 mg/L $CaSO_4$		880 mg/L $CaSO_4$		1760 mg/L $CaSO_4$	
		IC**	EC***	IC	EC	IC	EC	IC	EC
D-limonene	1211	-	-	23.62	-	11.26	-	-	-
3-Octanone	1264	115.16	-	-	-	-	-	-	-
1-hexanol	1360	28.48	16.22	29.59	-	23.56	-	104.91	-
2-ethyl-1-hexanol	1502	21.51	12.95	26.56	5.03	7.89	2.79	65.60	3.08
benzaldehyde	1539	-	14.28	-	-	-	-	-	-
alpha-farnesene	1757	-	-	-	-	-	5.23	-	-
estragole	1841	192.34	55.46	74.65	22.20	135.37	-	-	-
safrole	1891	25.52	-	9.95	-	17.67	-	-	-
phenylethyl alcohol	1926	37.72	-	-	-	-	-	-	-
nerolidol	2010	-	15.16	-	22.46	-	21.59	-	9.25
ethyl cinnamate	2139	109.44	15.20	36.52	-	105.68	10.28	-	-
hexylcinnamaldehyde	2526	-	5.64	-	3.59	-	3.13	-	-
Total		530.16	134.91	200.89	53.29	301.43	43.02	191.88	12.33

Table 2 Volatile compounds of suspension Culture of *Gardenia jasminoides* at various concentrations of magnesium sulfate on day 3.

Volatile compounds	*RI	Peak area (×10^5)							
		No $MgSO_4$		370 mg/L $MgSO_4$		740 mg/L $MgSO_4$		1480 mg/L $MgSO_4$	
		IC	EC	IC	EC	IC	EC	IC	EC
hexanal	1082	-	-	-	-	126.79	15.76	-	-
D-limonene	1211	-	-	18.13	-	-	-	-	-
1-hexanol	1360	107.36	-	62.24	-	7.46	10.51	38.94	-
trans-2-octenal	1443	-	-	-	-	33.94	-	-	-
1-octen-3-ol	1456	10.44	-	-	-	-	-	-	-
heptanol	1469	13.64	-	-	-	-	-	-	-
2-ethyl-1-hexanol	1502	113.15	3.51	21.31	6.10	21.30	6.01	3.60	3.70
benzaldehyde	1539	-	-	-	-	11.44	3.91	-	-
1-octanol	1566	18.30	-	-	-	10.76	-	-	-
caryophyllene	1616	-	-	-	-	-	5.84	-	-
1-nonanol	1674	36.73	-	-	-	-	9.63	-	-
estragole	1841	-	27.89	96.67	13.51	127.29	22.60	7.24	-
safrole	1891	-	-	-	-	15.68	-	-	-
ethyl cinnamate	2139	-	9.64	-	-	-	-	-	-
Total		229.62	41.04	198.34	19.61	354.65	74.25	49.78	3.70

Note : *RI = http://www.pherobase.com/database/kovats/kovats-index.php

**IC = Intracellular

***EC = Extracellular

การประเมินศักยภาพการเป็นโพรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่คัดแยกจากผลิตภัณฑ์ผักดอง

Evaluation of Probiotic Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated from Fermented Vegetable Products

จินตนา ตะย่วน[1] และ ชื่นจิต จันทจรูญพงษ์[1]

Tayuan, C.[1] and Chancharoonpong, C.[1]

Abstract

This study aims to isolate and evaluate the probiotic properties of lactic acid bacteria (LAB) from 4 samples of fermented vegetable products. The LAB counts varied between 1.9×10^4 CFU/g and 1.2×10^7 CFU/g. Forty isolates of LAB were selected. They were Gram's positive, non-spore forming, catalase negative, heterofermentative and facultative anaerobe. Bacterial isolates were assessed *in vitro* for their probiotic characteristics. The *in vitro* tests included antimicrobial activity, antibiotic susceptibility, their tolerance to low pH, and bile salt tolerance. *Lactobacillus* sp. NM10-01 isolated from fermented bamboo shoot, had desirable characteristics to be considered as promising probiotic candidate. This isolate showed antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* DSM799, survived in low pH and bile salt conditions.

Keywords: lactic acid bacteria, fermented vegetables, probiotics

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกและศึกษาสมบัติการเป็นโพรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแล็กติกจากผลิตภัณฑ์ผักดอง จำนวน 4 ชนิด พบว่ามีจำนวนแบคทีเรียกรดแล็กติกระหว่าง 1.9×10^4 CFU/g ถึง 1.2×10^7 CFU/g คัดแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกได้จำนวน 40 ไอโซเลท ทุกไอโซเลทเป็นแบคทีเรียแกรมบวกไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตาเลส และหมักน้ำตาลแบบเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ เจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน เมื่อทดสอบสมบัติการเป็นโพรไบโอติกในหลอดทดลอง ได้แก่ ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ความไวต่อยาปฏิชีวนะ การทนต่อสภาวะกรดและการทนเกลือน้ำดี พบว่า *Lactobacillus* sp. NM10-01 ซึ่งคัดแยกได้จากหน่อไม้ดองมีคุณลักษณะที่มีแนวโน้มว่าเป็นโพรไบโอติก โดยพบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* DSM799 และรอดชีวิตทั้งในสภาวะกรดและเกลือน้ำดี

คำสำคัญ: แบคทีเรียกรดแล็กติก ผักดอง โพรไบไอติก

คำนำ

แบคทีเรียกรดแล็กติกเป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่มีบทบาทในอาหารหมักชนิดต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์นมหมัก เนื้อหมัก รวมถึงผักและผลไม้ดอง แบคทีเรียกรดแล็กติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีความปลอดภัย (Generally Regarded As Safe หรือ GRAS) บางชนิดยังมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* (Caballero และคณะ, 2016) โพรไบโอติกหมายถึงจุลินทรีย์ที่เมื่อบริโภคในปริมาณที่เพียงพอแล้วจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายของผู้บริโภค โดยสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ช่วยปรับสมดุลของระบบทางเดินอาหาร ลดค่าพีเอชของลำไส้และสร้างสารยับยั้งแบคทีเรียชนิดที่ก่อโรคได้ (Williams, 2010) การคัดเลือกจุลินทรีย์โพรไบโอติกเพื่อนำมาใช้ประโยชน์จะคำนึงถึงสมบัติสำคัญ ได้แก่ จุลินทรีย์จะต้องไม่เป็นสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค สามารถทนต่อสภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะอาหารและทนต่อเกลือน้ำดีในลำไส้เล็ก สามารถเกาะติดบนผิวเยื่อบุในระบบทางเดินอาหารได้ มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ต้านการก่อกลายพันธุ์และการก่อมะเร็ง รวมทั้งต้องพิจารณาความต้านทานต่อยาปฏิชีวนะด้วย (Saarela และคณะ, 2000;Williams, 2010) ผักและผลไม้หมักดองเป็นแหล่งสำคัญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Peres และคณะ, 2012) การคัดแยกจุลินทรีย์จากแหล่งดังกล่าวจะช่วยเพิ่มโอกาสในการได้โพรไบโอติกที่มีคุณสมบัติที่ดี มีคุณลักษณะเฉพาะตัวและอาจก่อให้เกิดประโยชน์หลากหลายมากขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกและศึกษาสมบัติของการเป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่คัดแยกได้จากผักดองชนิดต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 59 อ.เมือง สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart university, ChalermphrakiatSakon Nakhon Province campus, 59 MuangSakon Nakhon 47000

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างและการคัดแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกจากผลิตภัณฑ์ผักดอง

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผักดองจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลีดอง หน่อไม้ดอง ผักกาดดองและผักแป้นดองจากแหล่งจำหน่ายในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร นำตัวอย่างผักดอง 25 กรัม มาเจือจางด้วย 0.1% peptone water ปริมาตร 225 มิลลิลิตร แล้วเจือจางต่อไปจนมีระดับความเจือจาง 10^{-2}, 10^{-3} และ 10^{-4} นับจำนวนแบคทีเรียกรดแล็กติกโดยวิธี spread plate บนอาหาร MRS agar ที่เติม 1.0% $CaCO_3$ บ่มภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง แยกเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยาบางประการและการระบุชนิด (Holt และคณะ, 1994)

บันทึกลักษณะการติดสีแกรม รูปร่าง การเรียงตัว ความสามารถในการสร้างเอนไซม์คะตาเลสและความสามารถในการ สร้างก๊าซเมื่อมีการหมักน้ำตาล รวมทั้งศึกษาความต้องการออกซิเจนในการเจริญของแบคทีเรียที่คัดแยกได้ โดยวัดการเจริญของแบคทีเรียภายใต้สภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจนด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) (Vinderola และคณะ, 2002) แบคทีเรียที่มีแนวโน้มเป็นแบคทีเรียโพรไบโอติกจะถูกนำไปจะบุชนิดต่อไปด้วยวิธี 16S rRNA gene sequencing

การทดสอบความสามารถในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* DSM799 โดยวิธี agar well diffusion

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8,000 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำสารละลายส่วนใสที่ได้มาทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* DSM799 โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA soft agar (0.75% agar) ปริมาตร 15 มิลลิลิตรที่มี *S. aureus* DSM799 ระดับความเข้มข้นของเชื้อเท่ากับ 10^6 CFUต่อมิลลิลิตร เจาะวุ้นให้เป็นวงกลมขนาด 6 มิลลิเมตร จากนั้นนำสารละลายส่วนใสที่เตรียมไว้ปริมาตร 45 ไมโครลิตรเติมลงในหลุมที่เจาะไว้แล้วตัวอย่างละ 2 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งเชื้อทดสอบ

การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะโดยวิธี disc diffusion

ปิเปตเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 10^6 CFUต่อมิลลิลิตรปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar เกลี่ยเชื้อให้ทั่ว วางแผ่นยาปฏิชีวนะ oxytetracycline 30 ไมโครกรัม, penicillin G 10 หน่วย, streptomycin 10 ไมโครกรัม และ kanamycin 30 ไมโครกรัม ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชม. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง (Inhibition zone)(Goderska และ Czarnecki, 2007)

การทดสอบความสามารถในการทนต่อสภาวะที่เป็นกรดและเกลือน้ำดี (ดัดแปลงจาก Machida และคณะ, 2006)

เตรียมเซลล์ซัสเพนชั่น (suspension cells) ของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่มีจำนวนเซลล์ 10^6 CFUต่อมิลลิลิตร โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ นำไปศึกษาความสามารถในการทนต่อสภาวะที่เป็นกรด โดยเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ที่ปรับค่าพีเอชให้ได้ 2.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ทดสอบโดยเติมเซลล์แบคทีเรียปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงในสารละลายเกลือที่มีพีเอช 2.0 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 240 นาที ส่วนการทดสอบความสามารถในการทนต่อเกลือน้ำดี เตรียมสารละลายเกลือน้ำดีโดยเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ให้มีเกลือน้ำดี 0.45 เปอร์เซ็นต์ ปรับพีเอชให้ได้ 8.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ นำไปทดสอบโดยเติมเซลล์แบคทีเรียปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงในสารละลายเกลือน้ำดีปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 180 นาที นับจำนวนแบคทีเรียที่รอดชีวิตหลังจากการบ่มโดยวิธี drop plate (Collins และคณะ, 2004) และคำนวณร้อยละของการรอดชีวิตของแบคทีเรียโดย

$$\text{ร้อยละของการรอดชีวิต} = \frac{\text{จำนวนของแบคทีเรียหลังการทดสอบที่เวลาต่างๆ } (\log_{10}\text{CFU/ml})}{\text{จำนวนของแบคทีเรียเริ่มต้น } (\log_{10}\text{CFU/ml}} \times 100$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการนับจำนวนแบคทีเรียกรดแล็กติกจากผลิตภัณฑ์ผักดอง พบว่ามีแบคทีเรียกรดแล็กติกจำนวน 1.1×10^7, 1.9×10^4, 1.2×10^7 และ 1.1×10^7 CFU ต่อกรัม ในตัวอย่างผักกาดดอง หน่อไม้ดอง กะหล่ำดองและผักแป้นดอง ตามลำดับ แบคทีเรียกรดแล็กติกที่คัดแยกได้มีจำนวนทั้งหมด 40 ไอโซเลท ทุกไอโซเลทมีลักษณะโคโลนี นูน กลม สีขาว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 เซนติเมตร เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าเป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่าง

กลม (coccus) จำนวน 7 ไอโซเลทและรูปท่อน (rod) จำนวน 33 ไอโซเลท เมื่อทดสอบการหมักน้ำตาลกลูโคส พบว่ามีการหมักแบบเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative) และไม่พบการสร้างเอนไซม์คาตาเลสทั้ง 40 ไอโซเลท (Table 1)

เมื่อทดสอบความสามารถในการผลิตสารยับยั้งเชื้อ *S. aureus* DSM799 ของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่คัดเลือกได้ พบว่าไอโซเลท KL-03-01/2, KL-05-01, KL-10-01,NM-10-01, PK-01-01 และ PK-06-01/2 มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* DSM799 ค่าพีเอชของน้ำเลี้ยงแบคทีเรียมีค่าระหว่าง 4.0-4.5 ฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียดังกล่าวอาจเป็นผลของกรดอินทรีย์ที่แบคทีเรียกรดแล็กติกผลิตขึ้น การหมักของแบคทีเรียกรดแล็กติกนอกจากจะเกิดกรดแล็กติกแล้วยังได้กรดอะซิติกและกรดฟอร์มิก การสะสมของกรดอินทรีย์ควบคู่กับการลดลงของค่าพีเอชมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารได้ (Hammes และ Tichaczek, 1994) (Table 2)

โพรไบโอติกจะต้องสามารถรอดชีวิตจากกระบวนการผลิต จากการเก็บรักษาและสามารถอยู่รอดภายใต้สภาวะทางเดินอาหารของมนุษย์ รวมทั้งสามารถแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนในลำไส้ใหญ่ได้ ปริมาณออกซิเจนยังมีผลกระทบต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์อาหารด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย เช่น จำนวนของ *Lactobacillus* และ*Bifidobacterium* spp. ในโยเกิร์ตมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีปริมาณออกซิเจนสูงขึ้น (Talwalkar และ Kailasapathy, 2004) แต่ *Bifidobacterium lactis* sp. nov. สายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากนมหมักสามารถทนต่อออกซิเจนได้ (Meile และคณะ, 1997) เป็นต้น ในการทดลองนี้เมื่อศึกษาการเจริญของแบคทีเรียกรดแล็กติกในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนในอาหาร MRS borth ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกทั้ง 6 ไอโซเลท สามารถเจริญได้ดีทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน โดยมีค่า OD_{600} อยู่ระหว่าง 1.028-1.308 และ 0.971-1.248 ตามลำดับ

ยาปฏิชีวนะถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคอย่างแพร่หลาย ความสามารถในการต้านทานยาปฏิชีวนะจึงมีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติกในระบบทางเดินอาหารด้วย แบคทีเรียกรดแล็กติกทั้ง 6 ไอโซเลทมีความไวต่อยาปฏิชีวนะใกล้เคียงกันโดยมีความไวต่อยาปฏิชีวนะ 2 ชนิดที่ทดสอบ ได้แก่ penicillin G และ oxytetracycline แต่ต้านทานต่อยาปฏิชีวนะ streptomycin และ kanamycin แบคทีเรียกรดแล็กติกมียีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาปฏิชีวนะอยู่แล้วตามธรรมชาติแต่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของแบคทีเรีย แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกอาจมีการถ่ายทอดยีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาปฏิชีวนะไปยังแบคทีเรียที่ก่อโรคได้ (Mathur และ Singh, 2005)

นอกจากนี้ความสามารถในการทนต่อสภาวะที่เป็นกรด (acidic conditions) ในกระเพาะอาหารและทนต่อเกลือน้ำดีในลำไส้เล็กตอนต้นยังเป็นสมบัติสำคัญของแบคทีเรียโพรไบโอติก (Saarela และคณะ, 2000) จากการศึกษาความสามารถในการทนต่อสภาวะที่เป็นกรดและเกลือน้ำดี พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกไอโซเลท NM-10-01 มีการรอดชีวิตในสภาวะที่เป็นกรด (พีเอช 2.0) เป็นเวลา 240 นาที โดยมีร้อยละของการรอดชีวิตเท่ากับ 86.60 และรอดชีวิตหลังจากการบ่มในเกลือน้ำดีเป็นเวลา 180 นาที โดยมีร้อยละของการรอดชีวิตเท่ากับ 100

เมื่อระบุชนิดแบคทีเรียกรดแล็กติกไอโซเลท NM 10-01 ด้วยวิธี 16S rRNA gene sequencing พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกับ *Lactobacillus* sp. (94-97% similarity)

สรุปผล

Lactobacillus sp. ไอโซเลท NM10-01 ซึ่งคัดแยกได้จากหน่อไม้ดองมีคุณลักษณะที่มีแนวโน้มว่าเป็นโพรไบโอติก โดยพบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* DSM799 และสามารถเจริญได้ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน มีการรอดชีวิตทั้งในสภาวะที่เป็นกรด (พีเอช 2.0) และเกลือน้ำดี รวมทั้งมีฤทธิ์ต้านทานยาปฏิชีวนะที่ทดสอบ 2 ชนิด

เอกสารอ้างอิง

Caballero, B., Finglas, P.M. and Toldra, F, 2016, Encyclopedia of Food and Health, Academic Press, Oxford, 768 p.

Collins, C.H., Lyne, P.M., Grange, J.M. and Falkinham J.O., 2004, Microbiological Methods (8th ed.), London: Arnold, Oxford, 456 p.

Goderska, K and Czarnecki, Z., 2007, Characterization of selected strains from *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*, African Journal of Microbiology Research, 1(6): 65-78.

Hammes, W.P. and Tichaczek, P.S., 1994, The potential of lactic acid bacteria for the production of safe and wholesome food, Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, 198(3):193-201.

Holt, J.G., Krieg, N.R., Snealth, P.H.A., Stanley, J.T. and Williams, S.T., 1994, Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (9th ed.), Williams&Wilkins, Baltimore, 787 p.

Michida, H., Tamalampudi, S., Pandiella, S.S., Webb, C., Fukuda, H and Kondo, A., 2006, Effect of cereal extracts and cereal fiber on viability of *Lactobacillus plantarum* under gastrointestinal tract conditions, Biochemical Engineering Journal, 28: 73-78.

Mathur, S. and Singh, R., 2005, Antibiotic resistance in food lactic acid bacteria, International Journal of Food Microbiology, 105:281-295.

Meile, L., Ludwig, W., Rueger, U., Gut, C., Kaufman, P., Dasen, G., Wenger, S. and Teuber, M., 1997, *Bifidobacterium lactis* sp. nov., a moderately oxygen tolerant species isolated from fermented milk, Systematic and Applied Microbiology, 20: 57-64.

Saarela, M.,Mogensen, G.,Fondén, R., Mättö, J., Mattila-Sandholm, T., 2000, Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties, Journal of Biotechnology, 84(3): 197-215.

Peres, C.M., Peres, C., Hernández-Mendoza, A. and Malcata, F.X., 2012, Review on fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteria-With an emphasis on table olives, Trends in Food Science and Technology, 26(1): 31-42.

Talwalkar, A. and Kailasapathy, K., 2004, A review of oxygen toxicity in probiotic yogurts: influence on the survival of probiotic bacteria and protective techniques, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 3:117-124.

Williams, N.T., 2010, Probiotics, American Journal of Health-System Pharmacy, 67(6): 449-458.

Vinderola, C.G., Costa, G.A., Regenhardt, S. and Reinheimer, J.A. 2002, Influence of compounds associated with fermented dairy products on the growth of lactic acid starter and probiotic bacteria, International Dairy Journal, 12: 579-589.

Table 1 Morphological and physiological characteristics of selected lactic acid bacterial isolates.

Isolate no.	Fermented vegetables	Shape	Fermentation of glucose		Catalase test	Bacterial growth (OD_{600})	
			Medium pH*	Gas production		Anaerobic condition	Aerobic condition
KL-03-01/2	cabbage	coccus	4.3	+	-	1.212	1.218
KL-05-01	cabbage	rod	4.4	+	-	1.220	1.226
KL-10-01	cabbage	rod	4.3	+	-	1.248	1.285
NM10-01	bamboo shoot	rod	4.4	+	-	1.180	1.308
PK-01-01	mustard green	short rod	4.5	+	-	0.971	1.028
PK-06-01/2	mustard green	coccus	4.0	+	-	0.938	1.028

*The pH of culture medium after bacterial cultivation in anaerobic condition at 37°C for 48 h.

Table 2 Probiotic properties of selected lactic acid bacterial isolates.

Isolate no.	Antimicrobial activity against *S. aureus* (Ø Inhibition zone, mm)	Antibiotic susceptibility (Ø Inhibition zone, mm)				Viable counts (log_{10}CFU/ml)			
						Tolerance to low pH		Bile salt tolerance	
		OT	PG	S	K*	0 min	240 min	0 min	180 min
KL-03-01/2	7	16	22	-	-	6.46±0.18	-	10.06±0.23	9.72±0.10
KL-05-01	7	21	26	-	-	7.16±0.46	-	8.11±0.04	8.35±0.29
KL-10-01	7	16	21	-	-	6.98±0.05	-	10.29±0.08	9.49±0.31
NM10-01	7	28	40	-	-	7.71±0.07	6.67±0.24	8.40±0.23	8.81±0.06
PK-01-01	7	13	24	-	-	8.85±0.15	-	9.92±0.12	9.73±0.06
PK-06-01/2	7	12	17	-	-	7.44±0.10	-	9.57±0.05	-

*OT, Oxytetracycline 30 μg; PG, Penicillin G 10 U; S, Streptomycin 10 μg; K, Kanamycin 30 μg

การเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการควบคุมโรคในมะม่วงพันธุ์มหาชนกโดยการให้รังสียูวีซีหลังการเก็บเกี่ยว

Enhancement of Bioactive Compounds and Controlling Disease of Mango (*Mangifera indica* Linn. cv. Mahajanaka) by Postharvest UV-C Irradiation

จุฑาลักษณ์ สุวรรณโชติ[1] Satoru Kondo[3] **และ สุทธิวัลย์ สีทา**[1,2]
Suwannachot, J.[1], Kondo, S.[3] and Setha, S.[1,2]

Abstract

The changes in bioactive compounds, antioxidant activity, and decay development in 'Mahajanaka' mango fruit irradiated with the UV-C irradiation at dosages 1.26, 3.78 and 6.30 kJ/m^2 (1, 3 and 5 min) prior storage at 14 ºC for 20 days were investigated. The optimum doses of UV-C irradiation in term of enhancing the total anthocyanin, total flavonoids, total phenolic compounds and antioxidant activity as a ferric reducing antioxidant power (FRAP) were 3.78 and 6.30 kJ/m^2. They also significantly delayed the decay development compared with untreated control. Fruits treated with UV-C doses at 3.78 and 6.30 kJ/m^2 were significantly higher in the accumulation of total anthocyanin, total flavonoids and total phenolic concentrations, which were 7.37 mg/100g FW, 104.29 mg Catechin/g DW and 17.86 mg GAE/100g DW respectively. These treatments also enhanced the antioxidant activity expressed as FRAP value (10.37 mmole Fe(II)/100g DW). However, the dosage of UV-C at 6.30 kJ/m^2 could damage on fruit skin which was significantly observed on days 20.

Keywords: antioxidant activity, bioactive compounds, mango, and UV-C irradiation

บทคัดย่อ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และการเกิดโรคในผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ได้รับรังสียูวีซี 1.26, 3.78 และ 6.30 kJ/m^2 หรือ 1, 3 และ 5 นาที ตามลำดับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณแสงที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คือ 3.78 และ 6.30 kJ/m^2 และผลมะม่วงที่ได้รับรังสียูวีซีในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น ได้แก่ แอนโธไซยานินทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิคทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 7.37 mg/100g FW, 104.29 mg Catechin/ g DW, 17.86 mg GAE/100g DW และ 10.37 mmole Fe(II)/ 100gDW ตามลำดับ อีกทั้งปริมาณรังสีที่ 3.78 และ 6.30 kJ/m^2 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามการให้รังสียูวีซี 6.30 kJ/m^2 ทำให้ผลมะม่วงมีรอยไหม้สีน้ำตาล ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา

คำสำคัญ: กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ การฉายแสงยูวีซี มะม่วง สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

คำนำ

มะม่วงพันธุ์มหาชนก (*Mangifera indica* Linn. cv. Mahajanaka) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งตลาดในประเทศ และต่างประเทศ เนื่องด้วยปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น การพัฒนาคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาโดยการใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อพัฒนาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนการปรับปรุงคุณค่าทางสารอาหารของผลมะม่วง ซึ่งการฉายรังสียูวีก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง โดยเป็นวิธีที่ปราศจากสารเคมี อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพต่อการยืดอายุของผลิตผลทางการเกษตร และโดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถควบคุมการเกิดโรคอีกด้วย (Maharaj และคณะ, 1999; Allende และ Artés, 2003) นอกจากนี้การให้รังสียูวีซีที่ช่วงความ

[1] **สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการผลิตผลเกษตร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100**
[1] Technology Management of Agricultural Produces, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100
[2] **หน่วยวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100**
[2] Unit of Postharvest Technology, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University Chiang Rai, 57100
[3] Graduate School of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Chiba 271-8510, Japan

ยาวคลื่นสั้น (ความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร) (Bintsis และคณะ, 2000) สามารถยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว และรักษาคุณภาพของผักและผลไม้ เนื่องด้วยประสิทธิภาพของเทคโนโลยีนี้เป็นผลจากการชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพ และการสุกของผักและผลไม้ โดยสามารถทำลายเชื้อรา และแบคทีเรีย (González-Aguilar และคณะ, 2007) อีกทั้งการฉายรังสียูวีที่ความเข้มข้นแสงที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นการสร้างสารสีของกลไกการสร้างสารแอนโธไซยานิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แคโรทีนอยด์ และวิตามินซีในผลไม้ได้อีกด้วย (Alothman และคณะ, 2009) ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสียูวีซีระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และสารต้านอนุมูลอิสระ และการควบคุมโรคในผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่สมบูรณ์ ที่อายุผล 120 วันหลังดอกบาน มีน้ำหนักผลประมาณ 300 กรัม ไม่มีตำหนิ จากสวนมะม่วง อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ทำความสะอาดผลโดยล้างน้ำกลั่น และผึ่งให้แห้ง จากนั้นให้รังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 1.26, 3.78 และ 6.30 kJ/m^2 และชุดควบคุม (0 kJ/m^2) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มเก็บผลมะม่วงจากทุกชุดการทดลองอย่างละ 5 ผล ทุก ๆ 5 วัน เป็นเวลา 20 วัน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด (AOAC method, 2005-02) ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (ดัดแปลงจาก González-Aguilar และคณะ, 2007) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (ISO 14502-1: International Organization for Standardization, 2005) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP (ดัดแปลงจาก Benzie และ Strain, 2005) และประเมินความรุนแรงของโรค (disease severity) โดยใช้การประเมินพื้นที่การเกิดโรคเป็นร้อยละต่อพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด (Seem, 1984)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้แสงยูวีซีที่ความเข้มข้นแสง 1.26, 3.78 และ 6.30 kJ/m^2 กับมะม่วงพันธุ์มหาชนกภายหลังการเก็บเกี่ยว และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ทำให้แอนโธไซยานินทั้งหมด ที่เปลือกของผลมะม่วงมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 1A) เช่นเดียวกับที่มีการรายงานในผลสตอเบอร์รี่ที่ได้รับแสงยูวีซี มีปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น และสามารถยืดอายุการเก็บรักษา (Erkan และคณะ, 2008) และยังสอดคล้องกับปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของเปลือก (Figure 1B) และเนื้อมะม่วง (Figure 1C) โดยมะม่วงที่ได้รับรังสียูวีซีที่ความเข้มข้นแสง 6.30 kJ/m^2 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานที่มีการฉายรังสียูวีซีภายหลังการเก็บเกี่ยวในองุ่น (Crupi และคณะ, 2013) และบลูเบอรี่ (Wang และคณะ, 2009) สามารถเพิ่มการสังเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าผลมะม่วงที่ได้รับรังสียูวีซีที่ความเข้มข้นแสง 3.78 และ 6.30 kJ/m^2 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในเปลือก (Figure 1D) และเนื้อ (Figure 1E) เพิ่มขึ้นมากกว่าการทดลองอื่น ๆ เนื่องด้วยการฉายรังสียูวีมีอิทธิพลทำให้มีการชักนำไปสู่การสังเคราะห์สารทุติยภูมิอื่น ๆ (Urban และคณะ, 2016) เช่น ยูวีซีส่งผลให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศเพิ่มขึ้น (Bravo และคณะ, 2013)

ค่าการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP ที่เปลือกมะม่วง (Figure 2A) ของวันที่ 15 และ 20 ในการเก็บรักษามีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และค่าการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP ในเนื้อมะม่วง (Figure 2B) ของชุดการทดลองที่ให้แสงยูวีซีที่ความเข้มข้นแสง 6.30 kJ/m^2 ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองชุดอื่น ๆ นอกจากนี้การให้แสงยูวีซีที่ความเข้มข้นแสง 3.78 และ 6.30 kJ/m^2 ยังสามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับที่มีรายว่าการให้แสงยูวีซีที่ความเข้มข้นแสง 3.60 kJ/m^2 สามารถชะลอการพัฒนาของ *Fusarium* spp. ในมันหวาน (Stevens และคณะ, 1999) และที่ความเข้มข้นแสง 4.00 ถึง 7.50 kJ/m^2 ลดการพัฒนา *M. fructicola* ในผลท้ออีกทั้งยังชะลอการสุกอีกด้วย (Stevens และคณะ, 1998) เนื่องจากยูวีซีสามารถ

ชะลอการเกิดโรคได้ จึงทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตผลเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้น 6.30 kJ/m^2 แสดงอาการผิวไหม้ที่เปลือกมะม่วงในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ดังนั้นการให้แสงยูวีซีที่ความเข้มข้น 3.78 kJ/m^2 จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสม ที่สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้

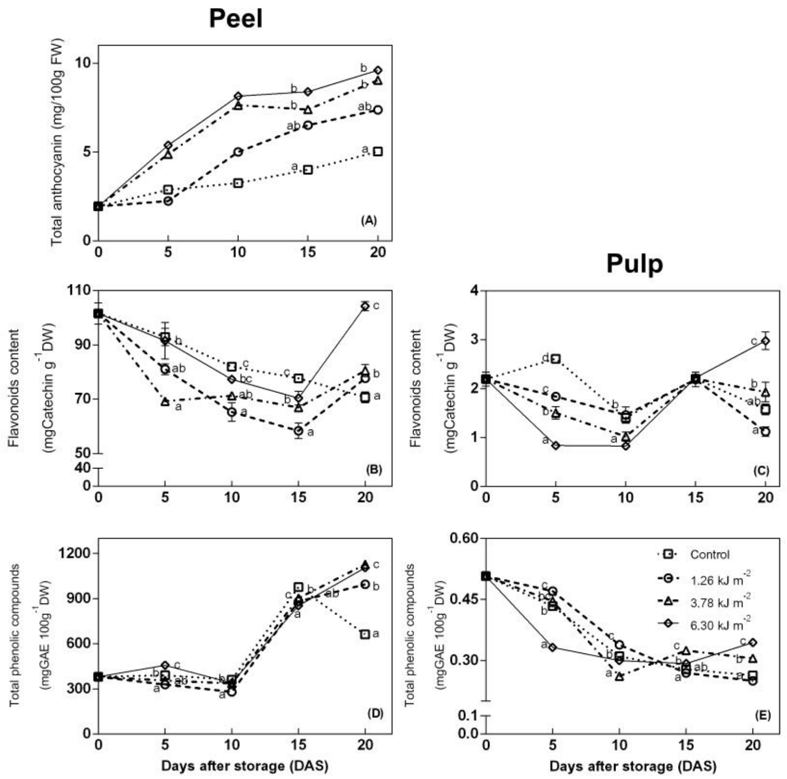


Figure 1 Changes of total anthocyanin in mango peel (A), flavonoids in mango peel (B) and pulp (C) and total phenolic compounds in mango peel (D) and pulp (E) during storage at 14ºC for 20 days. Data are the mean ± SE of three replications.

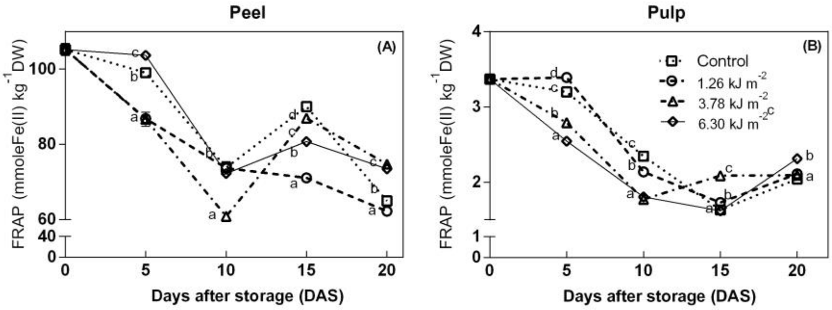


Figure 2 Change of ferric reducing antioxidant power (FRAP) concentration in mango peel (A) and pulp (B) during storage at 14ºC for 20 days. Data are the mean ± SE of three replications.

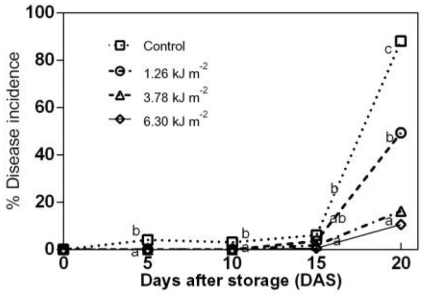


Figure 3 Changes of % disease severity in mango fruit during storage at 14ºC for 20 days. Data are the mean ± SE of three replications.

สรุปผล

การให้รังสียูวีซีปริมาณ 3.78 kJ/m^2 หลังการเก็บเกี่ยวกับผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก สามารถเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และยังสามารถลดความรุนแรงของโรคในผลมะม่วงได้ ทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 20 วัน และเป็นการช่วยเพิ่มคุณค่าและมูลค่าของผลมะม่วงในการส่งออกได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และ Graduate School of Horticulture, Chiba University, Japan ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ Japan Student Service Organization (JASSO) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington: Ed. Patrícia Cuniff, <http://www.aoac.org/omarev1/2005_02.pdf>.

Allende, A., and Artés, F., 2003, UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo rosso' lettuce, Food Research International, 36: 739-746.

Alothman, M., Bhat, R., and Karim, A.A., 2009, UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 10: 512-516.

Benzie, F.F., and J.J. Strain, 2005, Antioxidants diet and antioxidant defense, Encyclopedia of Human Nutrition, Second edition: 117-131.

Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., and Robinson, R.K., 2000, Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – A critical review, Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 637-645.

Bravo, S., García-Alonso, J., Martín-Pozuelo, G., Gómez, V., García-Valverde, V., Navarro-González, I., and Periago, M.J., 2013, Effects of postharvest uv-c treatment on carotenoids and phenolic compounds of vine-ripe tomatoes, International Journal of Food Science & Technology, 48: 1744-1749.

Crupi, P., Pichierri, A., Basile, T., and Antonacci, D., 2013, Postharvest stilbenes and flavonoids enrichment of table grape cv redglobe (*Vitis vinifera* L.) as affected by interactive uv-c exposure and storage conditions, Food Chemistry, 141: 802-808.

Erkan, M., Wang, S.Y., and Wang, C.Y., 2008, Effect of uv treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit, Postharvest Biology and Technology, 48: 163-171.

González-Aguilar, G.A., González-Aguilar, M.A., Villegas-Ochoa, M.A., Martínez-Téllez, A.A., and Gardea Ayala-Zavala, J.F., 2007, Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C, Journal of Food Science 72: 197-202.

ISO 14502-1, 2005, Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1 Content of total polyphenols in tea, Colorimetric method using Folin- Ciocalteu reagent.

Maharaj, R., Arul, J., and Nadeau, P., 1999, Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence, Postharvest Biology and Technology, 15: 13-23.

Seem, R.C., 1984, Disease incidence and severity relationships, Annual Review of Phytopathology, 22: 133-150.

Stevens, C., Liu, J., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., Igwegbe, E.C.K., Kabwe, M.K., Chalutz, E., and Droby, S., 1998, Application of hormetic uv-c for delayed ripening and reduction of rhizopus soft rot in tomatoes, Journal of Phytopathology, 146: 211-221.

Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., Chalutz, E., Droby, S., Kabwe, M.K., Haung, Z., Adeyeye, O., Pusey, L.P., and Tang, A.Y.A., 1999, Induced resistance of sweetpotato to fusarium root rot by UV-C hormesis, Crop Protection, 18: 463-470.

Urban, L., Charles, F., de Miranda, M.R.A., and Aarrouf, J., 2016, Understanding the physiological effects of UV-C light and exploiting its agronomic potential before and after harvest, Plant Physiology and Biochemistry, 105: 1-11.

Wang, C.Y., Chen, C.-T., and Wang, S.Y., 2009, Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C, Food Chemistry, 117: 426-431.

ผลของกัวร์กัมต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง

Effect of Guar Gum on Quality of Rice Pasta Substituted with Red Bean Flour

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] อโนชา สุขสมบูรณ์[1] พรพรรณ วรรณรัตน์[1] สุภาภรณ์ รุ่งเรืองศรี[1] และ อาภัสรา แสงนาค[2]

Limroongreungrat, K.[1], Suksomboon, A.[1], Wannarat, P.[1], Rungruangsri, S.[1], and Sangnark, A.[2]

Abstract

The research aim was to investigate the effect of guar gum on quality of extruded rice pasta substituted with 40% red bean flour. Guar gum (0, 1, 2 and 3 % flour basis) were added into pasta formulation. The results indicated that firmness and tensile strength of cooked pasta increased ($p \le 0.05$) as the levels of guar gum (0-3%) increased, but guar gum levels (1-3%) did not affect cooking quality and color values of pasta. Sensory evaluation of cooked pasta indicated that intensity of firmness and chewiness increased with the increase of guar gum levels. The pasta with 2% guar gum received the highest overall liking score and had the highest firmness.

Keywords: guar gum, rice pasta, red bean flour, pasta quality

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กัวร์กัมต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง 40% และผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน โดยแปรปริมาณกัวร์กัม (0, 1, 2 และ 3% โดยน้ำหนักแป้ง) ที่เติมลงในสูตรพาสต้า ผลการทดลองพบว่าความแน่นเนื้อและความต้านทานต่อการดึงขาดของพาสต้าต้มสุกเพิ่มขึ้น ($p \le 0.05$) เมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้น (0-3%) แต่ปริมาณกัวร์กัม (1-3%) ไม่มีผลต่อคุณภาพหลังการต้มและค่าสีของพาสต้า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพาสต้าต้มสุกพบว่า คะแนนความเข้มในด้านความแน่นเนื้อและความสามารถในการเคี้ยวเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของกัวร์กัมเพิ่มขึ้น โดยพาสต้าที่เติมกัวร์กัม 2% ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด

คำสำคัญ: กัวร์กัม พาสต้าข้าวเจ้า แป้งถั่วนิ้วนางแดง คุณภาพของพาสต้า

คำนำ

ถั่วนิ้วนางแดง (red bean หรือ rice bean) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยประกอบด้วยโปรตีน 16.82-22.4% คาร์โบไฮเดรต 61.09-64.73% ไขมัน 3.46-4.03% เถ้า 3.99-4.58% และเส้นใย 5.22-7.43 % โดยน้ำหนักแห้ง (Rodriguez และ Mendoza, 1991) รวมทั้งยังประกอบด้วยสารพฤกษเคมี (Phytochemical) ที่สำคัญ ได้แก่ โพลีฟีนอล และแอนโทไซยานิน ซึ่งมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Yoshida และคณะ, 1996; Yao และคณะ, 2012) ถั่วนิ้วนางแดงจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พาสต้าซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลักที่ได้รับความนิยมทั่วโลก จากงานวิจัยที่ผ่านมา กุลยาและคณะ (2558) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าเพื่อสุขภาพโดยใช้แป้งถั่วนิ้วนางแดงทดแทนแป้งข้าวเจ้า 0-50% และเตรียมพาสต้าโดยใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน พบว่าสามารถใช้แป้งถั่วนิ้วนางแดงทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์พาสต้าได้สูงถึง 40% และผลิตภัณฑ์ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดในระดับชอบเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตาม การใช้แป้งถั่วนิ้วนางแดงทดแทนแป้งข้าวเจ้าอาจทำให้คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของพาสต้าด้อยลง โดยมีรายงานว่าการใช้กัวร์กัม 1-3% ช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านการหุงต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวได้ (กรรณิการ์ และคณะ, 2558) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการเติมกัวร์กัมต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยถั่วนิ้วนางแดง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้า

---

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

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

[2] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สาทร กรุงเทพฯ 10120

[2] Food Science and Technology Division, Faculty of Home Economic Technology, Rajamangkala University of Technology Krungthep, Sathorn, Bangkok 10120

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแป้งถั่วแดงและพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง 40 % (โดยน้ำหนักแป้ง) ตามวิธีประยุกต์โดยกุลยา และคณะ (2558) แปรปริมาณกัวร์กัมเป็น 0, 1, 2 และ 3 % (โดยน้ำหนักแป้ง) นำพาสต้าที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม (cooking quality) ตามวิธี AACC (1995) ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มพาสต้าให้สุก (cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (cooking yield) วัดค่าสีของพาสต้าอบแห้งและพาสต้าต้มสุกด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus) รายงานเป็นค่า L* a* และ b* คำนวณค่ามุมของเฉดสี (Hue angle) จาก $h^o = \tan^{-1}(b/a)$ และค่าความเข้มสี (Chroma) จาก $c^* = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA-XT Plus) วัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาด (tensile strength) โดยใช้หัววัด Spaghetti Tensile Grips (A/ SPR) วัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) โดยใช้หัววัด A/ LKB และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (adhesiveness) โดยใช้หัววัด P/ 35 วางแผนการทดลองแบบ Complete randomized design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และนำพาสต้าต้มสุกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินความเข้มในด้านสี กลิ่นถั่ว ความแน่นเนื้อ ความสามารถในการเคี้ยว และการเกาะติด ด้วยวิธี Scoring test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน และประเมินความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง 40% (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่าเมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้น (0-3%) มีผลทำให้ระยะเวลาในการต้มสุกเพิ่มขึ้นจาก 13.5 นาที เป็น 14.5 นาที พาสต้าที่เติมกัวร์กัม 1-3% มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มและน้ำหนักที่ได้หลังการต้มสูงกว่าพาสต้าที่ไม่เติมกัวร์กัม (0%) โดยพาสต้าที่เติมกัวร์กัมทุกระดับมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มและน้ำหนักที่ได้หลังการต้มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (Table 1) ส่วนความแน่นเนื้อและความต้านทานต่อการดึงขาดมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเกาะติดที่ผิวหน้ามีค่าลดลงเมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) (Table 1) อาจเนื่องจากกัวร์กัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างร่างแห starch-protein matrix ได้ดี จึงทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้กัวร์กัมสามารถเกิดโครงสร้างร่างแหล้อมรอบ starch-protein matrix ทำให้เส้นพาสต้ามีความแข็งแรงขึ้น (Tudorica และคณะ, 2002) จึงมีการหลุดของอะไมโลสที่ผิวหน้าลดลง อย่างไรก็ตามการที่พาสต้าที่เติมกัวร์กัมมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มที่สูงกว่าอาจเป็นผลมาจากระยะเวลาในการต้มสุกที่นานกว่า

พาสต้าอบแห้งและพาสต้าต้มสุกที่เติมกัวร์กัม 1-3% มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเข้มสี (c*) และมุมของเฉดสี (h^o) ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (Table 2) แสดงว่าปริมาณกัวร์กัมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของพาสต้า สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่าคะแนนความเข้มในด้านสีแดงของพาสต้าที่เติมกัวร์กัมทุกระดับ (0-3%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1) โดยพาสต้าอบแห้งที่เติมกัวร์กัมทุกระดับมีค่า h^o อยู่ในช่วง 38.16-42.05 และพาสต้าต้มสุกมีค่า h^o อยู่ในช่วง 20.06-22.93 ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์ปรากฏอยู่ในช่วงสีแดง เนื่องมาจากมีรงควัตถุแอนโทไซยานินที่ให้สีแดงซึ่งเป็นองค์ประกอบในแป้งถั่วนิ้วนางแดง (Yoshida และคณะ, 1996) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้น คะแนนความเข้มในด้านความแน่นเนื้อและความสามารถในการเคี้ยวเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่คะแนนความเข้มด้านสีแดง กลิ่นถั่ว และการเกาะติดกัน ไม่แตกต่างกัน (Figure 1) พาสต้าที่เติมกัวร์กัมทุกระดับได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสสูงกว่าพาสต้าที่ไม่เติมกัวร์กัม (0%) โดยพาสต้าทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) พาสต้าที่เติมกัวร์กัม 2 และ 3% ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดและไม่แตกต่างกัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับชอบปานกลาง (Figure 2) แสดงว่าปริมาณกัวร์กัม 2% สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง 40% ได้

สรุปผล

กัวร์กัมช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วแดง 40% (โดยน้ำหนักแป้ง) โดยเมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของพาสต้าต้ม

สุกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง และพาสต้าที่เติมกัวร์กัม 1-3% ได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความเข้มของความแน่นเนื้อและความสามารถในการเคี้ยวเพิ่มขึ้น โดยพาสต้าที่เติมกัวร์กัม 2 และ 3% ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและไม่แตกต่างกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ กุลยะณี, กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2558, การปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวด้วยกัวร์กัม, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46, 3(พิเศษ): 357-360.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, อโนชา สุขสมบูรณ์ และอาภัสรา แสงนาค, 2558, ผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3, พิเศษ): 537-540.

AACC, 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (9th ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.

Rodriguez, M.S., and Mendoza, E.M.T., 1991, Nutritional assessment of seed proteins in rice bean [*Vigna Umbellata* (Thumb.) Ohwi and Ohashi], Plant Foods for Human Nutrition, 41, 1-9.

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.

Yao, Y., Cheng, X.Z., Wang, L.X., Wang, S.H., and Ren, G., 2012. Major phenolic compounds, antioxidant capacity and antidiabetic potential of rice bean (*Vigna umbellata* L.) in China, International Journal of Molecular Sciences, 13, 2707-2716.

Yoshida, K., Sato, Y., Okuno, R., Kameda, K., Isobe, M., and Kondo, T., 1996, Structural analysis and measurement of anthocyanins from colored seed coats of *Vigna, Phaseolus,* and *Glycine* legumes, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 60 (4), 589-593.

Table 1 Effect of guar gum on cooking quality and texture of rice pasta substituted with 40% red bean flour

Guar gum (%)	Cooking loss (%)	Cooking yield (%)	Firmness (g force)	Tensile strength (g force)	Adhesiveness (g force. s)
0	$13.32^{b} \pm 0.98$	$191.25^{b} \pm 8.24$	$563.49^{c} \pm 4.04$	$49.41^{c} \pm 4.81$	$2.89^{a} \pm 0.19$
1	$17.32^{a} \pm 1.41$	$205.32^{a} \pm 4.14$	$594.25^{b} \pm 4.46$	$50.48^{c} \pm 2.46$	$1.81^{b} \pm 0.21$
2	$16.88^{a} \pm 1.53$	$205.75^{a} \pm 1.43$	$638.21^{a} \pm 5.96$	$56.97^{b} \pm 1.76$	$1.74^{b} \pm 0.47$
3	$16.59^{a} \pm 1.63$	$204.21^{a} \pm 4.36$	$625.09^{a} \pm 9.23$	$65.63^{a} \pm 3.80$	$1.70^{b} \pm 0.27$

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

Table 2 Effect of red bean flour on color values of uncooked and cooked rice pasta

Guar gum	Uncooked pasta			Cooked pasta		
(%)	L*	c* [ns]	h°	L*	c*	h°
0	30.60[b] ±0.35	10.85 ±1.52	42.05[a] ±1.99	38.43[b] ±0.13	8.36[a] ±0.63	22.93[a] ±0.35
1	31.08[a] ±0.06	9.42 ±0.51	38.16[b] ±1.69	39.51[a] ±0.32	6.86[b] ±0.14	20.06[b] ±0.87
2	31.16[a] ±0.18	9.58 ±1.15	38.48[b] ±0.70	39.61[a] ±0.91	6.63[b] ±0.61	20.12[b] ±0.33
3	31.29[a] ±0.27	9.68 ±0.46	38.71[b] ±1.24	39.72[a] ±0.19	6.82[b] ±0.40	20.18[b] ±0.61

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

[ns] Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

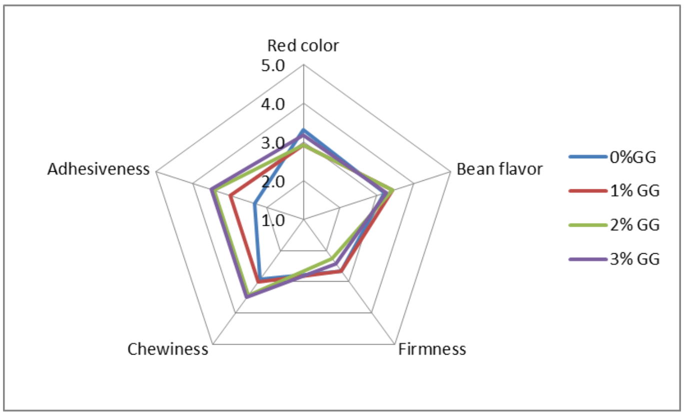


Figure 1 Intensity of sensory characteristics of rice pasta substituted with 40% red bean flour as affected by different levels of guar gum (GG) (1= Weak intensity, 5= Strong intensity)

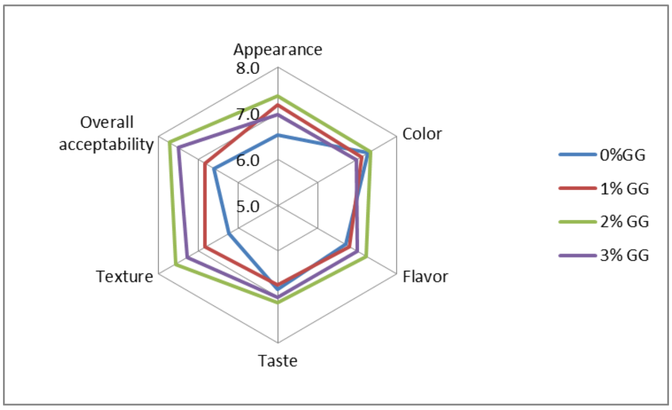


Figure 2 Sensory scores of rice pasta substituted with 40% red bean flour as affected by different levels of guar gum (GG) (1= Dislike extremely, 9= Like extremely)

การเปรียบเทียบระบบการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตขององุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล

The Comparison of Irrigation System on the Growth of Grape Varieties Black Opor

สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ[1] ประมง เบกไธสง[1] และ นลิตา วรรณทอง[1]
Sriphadet, S.[1], Begthaisong, P.[1], and Wanthong, N.[1],

Abstract

The grape needs fourteen liters of water for growth. The Irrigation systems appropriate to consider the topography and soil properties. This research aimed to determine the irrigation system on grape yield in Black Opor cultivar at Baan rai paovaris, Pak Chong Distric, Nakhon Ratchasima Province. The experimental was Randomized Completely blocks design (RCBD) with 20 replications and 2 treatments such as greenhouse G1: to the water underground drip irrigation tape and greenhouse G2: to the water mini sprinkler spray 360 degrees. The experiment found that the underground drip irrigation tape more efficient than irrigation system mini sprinkler spray mist 360 degrees in Black Opor grape because the grape in underground drip irrigation tape has a higher diameter, bigger canopy and longer length of branches than the mini sprinkler irrigation spray 360 because it had high number of leaves and big leaves size.

Keywords: irrigation, greenhouse, grapes

บทคัดย่อ

องุ่นต้องการน้ำ 14 ลิตรต่อวัน ซึ่งวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมต้องพิจารณาภูมิประเทศ และคุณสมบัติของดิน การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบระบบการให้น้ำต่อผลผลิตของต้นองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล ณ บ้านไร่ปวริศ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ตามแผนการทดลอง Randomized Completely blocks design (RCBD) ทำการทดลอง 20 ซ้ำ ใน 2 โรงเรือน โดยโรงเรือน G1 ให้น้ำแบบเทปน้ำหยดใต้ดิน ส่วนโรงเรือน G2 ให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์พ่นหมอก 360 องศา พบว่า ระบบการให้น้ำแบบเทปน้ำหยดใต้ดินมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบการให้น้ำมินิสปริงเกอร์แบบพ่นหมอก 360 องศา สำหรับองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลที่ได้รับน้ำแบบเทปหยดใต้ดินมีเส้นผ่านศูนย์กลางมาก ทรงพุ่มขนาดใหญ่ ความยาวกิ่งมากกว่าการให้น้ำแบบมินิสปริงพ่นหมอก 360 องศา เนื่องจากต้นองุ่นมีจำนวนใบมากและขนาดใบที่ใหญ่

คำสำคัญ: การให้น้ำ โรงเรือน องุ่น

คำนำ

ปัจจุบันน้ำจัดเป็นปัจจัยที่มีอยู่อย่างจำกัด และจำเป็นสำหรับการปลูกพืชทุกชนิด รวมทั้งองุ่น ซึ่งเป็นไม้ผลที่ต้องการน้ำในแต่ละวันประมาณ 14 ลิตร องุ่นจำเป็นต้องได้รับน้ำอย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency; WUE) มากที่สุด ซึ่งการให้น้ำมีหลายวิธีและมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน (Taisheng และคณะ, 2013) ต้นองุ่นมีรากยาวประมาณ 3.5 เมตร (Acevedo และคณะ, 2015) องุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลเป็นสายพันธุ์จากประเทศออสเตรเลีย เป็นองุ่นไร้เมล็ด ผลดำ มีรสชาติหวาน กรอบ เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ปัจจุบันการปลูกองุ่นในประเทศไทยมีปัญหาด้านการเจริญเติบโต ออกผลช้า เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าทุกปี เนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง (ฟาร์มไทยแลนด์, 2558) ดังนั้นการจัดการให้องุ่นที่ปลูกได้รับน้ำอย่างเพียงพอและเหมาะสมจึงต้องใช้ระบบชลประทานเข้าช่วย เพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นพอเหมาะกับการเจริญเติบโตขององุ่น ซึ่งต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำที่ต้นองุ่นต้องการซึ่งขึ้นกับชนิดและอายุขององุ่น อุณหภูมิและสภาพของภูมิอากาศอื่นๆ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเขตราก และปริมาณของน้ำที่มีอย่างจำกัดสำหรับการชลประทาน ซึ่งวิธีการจัดการเพื่อการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ มี 4 แบบ ได้แก่ 1) การให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler) เป็นการให้น้ำแก่พืชโดยการฉีดน้ำจากหัวฉีดขึ้นไปในอากาศแล้วให้หยดน้ำตกลงมาเป็นฝอย โดยมีรูปทรงการแผ่กระกระจาย

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Muang District, Sakon Nakhon Province, 47000

ของหยดน้ำสม่ำเสมอ และอัตราของน้ำที่ตกลงบนผิวดินมีค่าน้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เป็นการให้น้ำแบบให้น้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง 2) การให้น้ำทางผิวดิน (surface irrigation) เป็นการให้น้ำโดยการขังหรือปล่อยให้น้ำไหลไปบนผิวดินและซึมลงไปในดินตรงบริเวณที่มีรากพืช 3) การให้น้ำใต้ผิวดิน (underground irrigation) โดยการยกระดับน้ำใต้ดินให้ขึ้นมาอยู่ในระดับที่น้ำจะไหลซึมขึ้นมาสู่เขตรากได้และ4) การให้น้ำแบบหยด (drip irrigation) การให้น้ำแบบนี้มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงมาก เนื่องจากมีการสูญเสียโดยการระเหยน้อย ดังนั้นผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำที่ใช้จึงมากกว่าการชลประทานแบบอื่นๆ สามารถนำไปใช้กับการปลูกพืชแทบทุกชนิด สามารถป้องกันและควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชได้ (วิบูลย์, 2526) ซึ่งการให้น้ำแต่ละประเภทมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการเขตกรรม ชนิดของพืช ระยะการเจิญของพืช เนื้อดิน และสภาพแวดล้อม เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาเปรียบเทียบระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตขององุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลในระบบโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง: เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล อายุ 3 ปี ที่มีระบบการให้น้ำ 2 ระบบ ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Completely blocks design (RCBD) กำหนดให้ treatment ที่ 1 คือ โรงเรือน G1 มีการให้น้ำแบบเทปน้ำหยดใต้ดิน ส่วน treatment ที่ 2 คือ โรงเรือน G2 มีการให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์พ่นหมอก 360 องศา ต้นองุ่นอายุเท่ากันทั้งสองโรงเรือน มีการให้น้ำ 14 ลิตรต่อต้นต่อวัน โรงเรือนขนาด 520 ตารางเมตร ความกว้าง 10 เมตร และความยาว 52 เมตร ปลูกเป็นแถวยาว 48 เมตร ระยะห่างระหว่างต้น 2 เมตร และระยะห่างระหว่างแถว 2 เมตร ณ บ้านไร่ปวริศ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

การบันทึกข้อมูล: หลังจากให้น้ำทั้งสองระบบเป็นเวลา 2 เดือน ทำการสุ่มเก็บข้อมูลต้นองุ่นแบล็คโอปอล 20 ต้น จากจำนวน 100 ต้นต่อโรงเรือน และบันทึกข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวกิ่งทุก ๆ 7 วัน จำนวน 3 ครั้ง โดยเลือกกิ่งองุ่นที่สมบูรณ์จำนวน 16 กิ่งต่อต้น ติดแท็กเพื่อกำหนดลำดับของกิ่ง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งองุ่น (มิลลิเมตร) ที่ระยะห่างจากกิ่งหลักออกมา 1 นิ้ว ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และวัดความยาวกิ่งองุ่นโดยใช้สายวัด (เซนติเมตร) วัดจากโคนกิ่งจนถึงปลายสุดของกิ่ง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตขององุ่นทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวกิ่ง

เมื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโตของต้นองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความกิ่งต่อการให้น้ำระบบแบบเทปน้ำหยดใต้ดิน และแบบมินิสปริงเกอร์พ่นหมอก 360 องศา ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวกิ่งขององุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตลอดการทดลอง ส่วนต้นองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลภายในแต่ละโรงเรือนที่เก็บข้อมูลไม่พบความแตกต่างกัน เนื่องจากต้นองุ่นในแต่ละโรงเรือนมีการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวกิ่งสม่ำเสมอ ดังนั้นการเจริญเติบโตจึงเกิดจากระบบการให้น้ำที่แตกต่างกันเพียงอย่างเดียว

เมื่อเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งจำนวน 16 กิ่งต่อต้นขององุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ต้นองุ่นที่ให้น้ำระบบแบบเทปน้ำหยดใต้ดิน (G1) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งใหญ่กว่าองุ่นที่ให้น้ำระบบแบบมินิสปริงเกอร์พ่นหมอก 360 องศา (G2) ต้นองุ่นมีขนาดกิ่งแขนงที่เจริญออกจากิ่งหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตลอดการบันทึกผลการทดลอง ซึ่งการทดลองได้บันทึก 3 ครั้งเพื่อเปรียบการเจริญเติบโตของกิ่งองุ่น โดยเกิดจากระบบการให้น้ำที่แตกต่างกัน ต้นองุ่นที่ให้น้ำระบบแบบเทปน้ำหยดใต้ดิน มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งจากวัดการเจริญเติบโต 3 ครั้ง คือ 0.66, 0.68 และ 0.71 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าระบบการให้น้ำมินิสปริงเกอร์แบบพ่นหมอก 360 องศา ซึ่งต้นองุ่นมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งซึ่งทำการวัด 3 ครั้งติดต่อกัน คือ 0.51, 0.54 และ 0.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ

บ่งบอกถึงการให้น้ำแบบเทปน้ำหยดใต้ดินเหมาะสมสำหรับองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล เนื่องจากต้นองุ่นมีการเจริญเติบโตของต้นองุ่นสม่ำเสมอ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งแขนงที่ใหญ่ เนื่องจากต้นองุ่นสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างเต็มที่ทำให้มีการสร้างคาร์โบไฮเดรตสำหรับการเจริญเติบโตได้เต็มศักยภาพ โดยน้ำจัดเป็นวัตถุดิบที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งน้ำมีอิทธิพลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในการช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ให้ดีขึ้น (สมบุญ, 2544)

เมื่อเปรียบเทียบความยาวกิ่งของต้นองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ความยาวกิ่งของต้นองุ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งต้นองุ่นที่ได้รับน้ำระบบแบบเทปน้ำหยดใต้ดิน (G1) มีความยาวกิ่งมากกว่าองุ่นที่ให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์พ่นหมอก 360 องศา (G2) โดยความยาวกิ่งเฉลี่ยนของต้นองุ่นจากการให้น้ำระบบแบบเทปน้ำหยดใต้ดินมีความยาวในการวัด ครั้งที่ 1 2 และ 3 คือ 85, 87 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นองุ่นให้น้ำระบบมินิสปริงเกอร์แบบพ่นหมอก 360 องศา ในการวัด ครั้งที่ 1 2 และ 3 มีความยาวของกิ่งเฉลี่ย คือ 55, 57 และ 59 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำจัดเป็นปัจจัยหลักในการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งสารอาหารที่ใช้การเจริญเติบโตได้มาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงถึง 90 เปอร์เซนต์ (สมบุญ, 2544) จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตแบบทุติยภูมิได้ดี ส่งผลให้มีความยาวของกิ่งเพิ่มขึ้น (จิรัสย์, 2552) เนื่องจากการให้น้ำแบบเทปน้ำหยดใต้ดินเหมาะสมสำหรับองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล การให้น้ำหยดใต้ดินแก่องุ่นมีการแพร่ของน้ำได้ลึก ต้นองุ่นสามารถใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากต้นองุ่นมีระบบรากลึก 3.5 เมตร (Acevedo และคณะ, 2010) สำหรับการให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์พ่นหมอก 360 องศา น้ำเกิดการระเหยซึ่งเป็นกระบวนการที่น้ำจากผิวดิน เคลื่อนที่กลับสู่บรรยากาศ เกิดจากการแลกเปลี่ยนโมเลกุลของน้ำระหว่างผิวพื้นที่กำลังมีการระเหยและบรรยากาศเหนือผิว โดยโมเลกุลของน้ำที่ได้รับพลังงานความร้อนจำนวนหนึ่งซึ่งมากพอจนทำให้หลุดออกสู่บรรยากาศในสภาพที่เป็นไอน้ำ (vapor) (วิบูลย์, 2526) จึงทำให้ต้นองุ่นได้รับน้ำไม่เต็มอัตราที่กำหนด ส่วนการให้น้ำระบบเทปน้ำหยดใต้ดินสามารถจัดการได้ง่าย ทั้งในด้านการให้ปุ๋ยทางน้ำ วัชพืชเกิดขึ้นน้อย ดูแลรักษาง่าย โรคและเชื้อราไม่เข้าทำลาย ทำให้ต้นทุนต่ำ (เคหการเกษตร, 2554))

สรุปผล

ระบบการให้น้ำแบบเทปน้ำหยดใต้ดิน เหมาะสมสำหรับองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลมากกว่าการให้น้ำระบบแบบมินิสปริงเกอร์พ่นหมอก 360 องศา เนื่องจากต้นองุ่นมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำมากกว่า ซึ่งวัดได้จากองุ่นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งแขนงใหญ่กว่า และความยาวกิ่งมากกว่า

เอกสารอ้างอิง

เคหการเกษตร, 2554, ข้อดีของระบบน้ำหยด. ระบบน้ำหยดเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการทางการเกษตรรับมือสภาวะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ. [สืบค้น] http://www.kehakaset.com/index.php/component/content/article/79-information/311-2011-05-25-03-10-54. [17/October/15]

ธวัชชัย ณ นคร, 2535, อิทธิพลของการขาดน้ำต่อผลผลิตพืช. ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช. [สืบค้น] http://www.ldd. go.th /menu_Dataonline/G4/G4_19.pdf. [17/October/15]

ฟาร์มไทยแลนด์, 2558, การปลูกองุ่นอย่างละเอียด. การปลูกพืช. [สืบค้น] http://www.farmthailand.Com/266. 4 มกราคม 2558.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล, 2526, หลักการชลประทาน. ภาควิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544, สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สถานีวิจัยกาญจนบุรี, มปป., การปลูกองุ่น. การผลิตองุ่นรับประทานสดคุณภาพดี. [สืบค้น] http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch52/04-plant/charun/plant_00.html, [17/October/15]

Acevedo, O.C., S. Ortega-Farias and S. fuentes., 2010, Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation, Irrigation Science, 97: 956-964.

Taisheng, D., Shaozhong, K., Boyan, Y. and Jianhua, Z., 2013, Alternate furrow irrigation:a practical way to improve grape quality and water use efficiency in arid northwest China, Irrigation Science, 12: 509-519.

Table 1 The mean square of irrigation system for growing grapes

SOV	Diameter branches (nm)			Branch length (cm)		
	First time	Second time	Third time	First time	Second time	Third time
greenhouse	0.21**	0.20**	0.13**	9331**	9152**	9724**
grapevine	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.02^{ns}	797^{ns}	839^{ns}	856^{ns}

ns = not significantly different. ** = significantly different at 0.01 level probability.

Table 2 The comparison of diameter branches and Branch length of two irrigation systems

irrigation system	Diameter branches (nm)			Branch length (cm)		
	First time	Second time	Third time	First time	Second time	Third time
G1	0.66^{a}	0.68^{a}	0.71^{a}	85^{a}	87^{a}	90^{a}
G2	0.51^{b}	0.54^{b}	0.60^{b}	55^{b}	57^{b}	59^{b}
Mean	0.59	0.61	0.65	70	72	75
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	14.93	14.04	15.56	31.80	30.84	29.62

** = significantly different at 0.01 level probability.

Mean in the same colum followed by the same letter are not significantly different by LSD.

ผลของสัดส่วนเอทานอลต่อน้ำในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ และสารยับยั้งแบคทีเรียจากเปลือกทุเรียน

Effect of Ethanol Ratio on the Extraction of Antioxidant and Antibacterial Agents from Durian Peel

สุรศักดิ์ ธนัชชาพิศุทธิ์[1] สุคนธ์ ตันติไพบูลย์วุฒิ[1] อรพิน จันทรศรีวงศ์[2] และ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1]

Thanutchapisut, S.[1], Tantipaibulvut, S.[1], Chantarasriwong, O.[2], and Wongsawasdi, P.[1]

Abstract

This research aimed to study the bioactivities of the peel extract of two durian (*Durio zibethinus* Murray) cultivars ('Monthong' and 'Karn-yao'), using different ratio of ethanol (95, 60, 40 and 20% v/v). The antibacterial activity and the antioxidant activity were investigated. It was found that the crude extracts could inhibit the growth of bacteria tested. The extract from 'Karn-yao' peel by 95% v/v ethanol showed the maximum antibacterial activities with the inhibition zone higher than 10 mm and the MBC was between 31.25 and 62.5 mg/ml. However, this extract had less antioxidant activity than the extract from 'Karn-yao' peel by 60% (v/v) ethanol. The total phenolic content was 385.17 and 810.81 mg GAE/100 g of dry peel, respectively. These results suggested that the total phenolics may contribute to antioxidant activity of durian peel.

Keywords: antioxidant, antibacterial, durians peel, food related bacteria

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหยาบจากเปลือกทุเรียน 2 ชนิด คือ ทุเรียนก้านยาว และ ทุเรียนหมอนทอง โดยใช้เอทานอลที่แปรผันสัดส่วนที่ระดับ 95, 60, 40 และ 20% ในการสกัด ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สารสกัดจากเปลือกทุเรียนสามารถยับยั้งแบคทีเรียทุกชนิดที่ทดสอบ และสารสกัดจากเปลือกทุเรียนก้านยาวด้วยเอทานอล 95% สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด มีโซนใสของการยับยั้งมากกว่า 10 มิลลิเมตร และมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 31.25 และ 62.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่มีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระน้อยกว่าสารสกัดจากเปลือกทุเรียนก้านยาวด้วยเอทานอล 60% โดยมีค่าฟีนอลิกรวมเท่ากับ 385.17 และ 810.81 มิลลิกรัมเทียบเท่ากรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากเปลือกทุเรียนอาจมีบทบาทสำคัญในการมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ: การต้านอนุมูลอิสระ การต้านแบคทีเรีย เปลือกทุเรียน แบคทีเรียทางอาหาร

บทนำ

ทุเรียนเป็นไม้ผลที่จัดเป็น 'King of Fruit' (ทรงพล, 2551) และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างมูลค่าการส่งออกไปยังประเทศคู่ค้า เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี อินโดนิเซีย สหรัฐอเมริกาเป็นต้น ในปี 2553 – 2556 ประเทศไทยมีกำลังการผลิตกว่าครึ่งล้านตันต่อปี และส่งออกกว่า 367,057 ตันในปี 2556 (Office of Agricultural Economics, 2013) แต่เนื่องจากผลทุเรียนมีเศษวัสดุเหลือใช้ (waste) อยู่ในรูปของเมล็ด (ร้อยละ 20-25) และเปลือกร้อยละ (45 – 50) (Ho และBhat, 2005) เศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ถ้ากำจัดด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้มีการรายงานว่า เปลือกผลไม้เป็นแหล่งที่ดีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น เปลือกองุ่น เปลือกมะม่วง เปลือกทับทิม เปลือกมะไฟ (Kalpna และคณะ, 2011) Lipipan และคณะ (2002) พบว่า สารโพลีแซคคาไรด์เจลที่จำแนกได้จากสารสกัดน้ำของเปลือกทุเรียนหมอนทองมีฤทธิ์การต้านแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย และปริมาณฟีนอลิครวมของสารสกัดจากเปลือกทุเรียนเหลือทิ้งด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่แปรผันสัดส่วนเอทานอลต่อน้ำในการสกัด เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายอินทรีย์อื่น

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 10140, ประเทศไทย.

[1] Department of Microbiology, Faculty of science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140, Thailand.

[2] ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 10140, ประเทศไทย.

[2] Department of Chemistry, Faculty of science, King mongkut's University of Techology Thonburi, Bangkok, 10140, Thailand.

อุปกรณ์และวิธีการ

หั่นเปลือกทุเรียน 2 สายพันธุ์ (ก้านยาว และหมอนทอง) ที่ได้จากร้านค้าแห่งหนึ่งในตลาดจังหวัดกรุงเทพฯ ล้างและอบแห้งทีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สกัดด้วยเอทานอลผสมน้ำที่ความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 95, 60, 40 และ 20 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ในอัตราส่วนเปลือกทุเรียนต่อเอทานอลเท่ากับ 1:7 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรองและระเหยตัวทำละลายออกด้วย rotary evaporator จากนั้นชะสารสกัด และเก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิครวมด้วยวิธี Folin ciocalteu เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิค ดัดแปลงตามวิธีของ Kähkönen และคณะ (1999) ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ด้วยวิธี DPPH* radical-scavenging activity และ ABTS* radical-scavenging activity รายงานเป็นค่า IC_{50} ดัดแปลงตามวิธีของ de Souza และคณะ (2014) ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย โดยใช้แบคทีเรีย 6 ชนิด (*Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Proteus mirabilis, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella typhimurium* และ *Escherichia coli*) ด้วยวิธีการแพร่สารละลายในวุ้น (agar-well diffusion assay) และวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรีย (Minimal bactericidal concentration, MBC) ด้วยวิธี Broth dilution ดัดแปลงตามวิธีของ de Prado และคณะ (2014) รายงานผลการทดลองในรูป mean ± S.D. และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance; ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS V.13.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเพิ่มสัดส่วนของน้ำในเอทานอลที่ความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 95, 60, 40 และ 20 โดยปริมาตรในการสกัดเปลือกทุเรียนสองสายพันธุ์ คือ ก้านยาว และหมอนทอง ซึ่งเป็นชนิดที่คนไทยนิยมรับประทาน และหาซื้อได้ง่าย พบว่า ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในเอทานอล เพิ่มปริมาณผลได้ (yield) ของสารสกัด (Table 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sultana และคณะ (2009) ที่ศึกษาการสกัดสารจากพืชสมุนไพร 8 ชนิด ด้วยเอทานอลไร้น้ำ (absolute ethanol) และเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 จากการทดลองพบว่า เปลือกทุเรียนหมอนทองที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณฟีนอลิครวมสูงที่สุด และสูงกว่าสารสกัดจากเปลือกทุเรียนก้านยาว สอดคล้องกับการรายงานของ Dembitsky และคณะ (2011) ที่ได้เปรียบเทียบทุเรียน 5 สายพันธุ์ที่ควบคุมสภาวะการปลูก และระยะการสุก พบว่า เนื้อทุเรียนหมอนทองมีปริมาณฟีนอลิครวมสูงที่สุด สำหรับเปลือกทุเรียนก้านยาว สารสกัดที่ได้จากการใช้เอทานอลร้อยละ 60 และร้อยละ 20 โดยปริมาตร มีปริมาณฟีนอลิครวมสูงที่สุดแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Seo และคณะ (2013) ที่ระบุว่า เอทานอลร้อยละ 50 – 70 โดยปริมาตร เป็นความเข้มข้นของเอทานอลที่สามารถสกัดได้ปริมาณฟีนอลิคสูงที่สุด และเป็นสัดส่วนที่สกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีเช่นกัน (Table 1) ความเข้มข้นของเอทานอลนั้นมีผลต่อการสกัด โดยการใช้เอทานอลความเข้มข้นต่ำทำให้สกัดได้โพลีฟีนอล และสิ่งเจือปนในปริมาณมาก (Chirinos และคณะ, 2007) ธีรพงษ์ (2557) พบว่า epigallocatechin gallate (EPCG), catechin gallate (CG) และ สารไม่ทราบชนิดอีกหลายชนิด สามารถพบได้ในเปลือกทุเรียนหมอนทองที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 โดยปริมาตร และสารทั้งสองยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย (Das และคณะ, 2014) จาก Table 1 จะเห็นว่า ค่า IC_{50} ต่ออนุมูลอิสระ ABTS นั้นต่ำกว่าอนุมูลอิสระ DPPH แสดงว่า สารสกัดจากเปลือกทุเรียน มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ผ่านกระบวนการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (ET) ได้ดีกว่าการถ่ายโอนไฮโดรเจนอะตอม (HAT) สอดคล้องกับการศึกษาของ Lee และคณะ (2014) ที่พบว่าสารสกัดจากชาเขียวที่มี EPGC และ CG เป็นองค์ประกอบ มีประสิทธิภาพในการขจัดอนุมูลอิสระ ABTS ได้ดีกว่าอนุมูล DPPH ดังนั้นนอกจากสารโพลีแซคคาไรด์เจลที่แยกได้จากเปลือกทุเรียน (Lipipan และคณะ, 2002) แล้วยังคงมีสารประกอบอื่นๆ จำนวนมากในเปลือกทุเรียน ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ และหากจัดประเภทการยับยั้งแบคทีเรียตาม Aleves และคณะ (2000) พบว่า สารสกัดจากเปลือกทุเรียนก้านยาวด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียสูงที่สุดเป็นประเภท partially active (โซนการยับยั้ง: 9 – 12 mm) ขณะที่เปลือกทุเรียนหมอนทองที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นเท่ากันมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียประเภท inactive (โซนการยับยั้ง: < 9 mm) (Figure 1 และ 2)

สรุปผล

เปลือกทุเรียนจัดเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านแบคทีเรีย สารสกัดจากเปลือกทุเรียนก้านยาวมีฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าเปลือกทุเรียนหมอนทอง เอทานอลร้อยละ 40 - 60 เหมาะสมในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกทุเรียนก้านยาว และเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสารต้านแบคทีเรีย จากเปลือกทุเรียนก้านยาว

คำขอบคุณ

สุรศักดิ์ ธนัชชาพิศุทธิ์ ได้รับทุนการศึกษาจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ทรงพล สมศรี, 2551, ทุเรียนไทยและการปรับปรุงพันธุ์ กรณีศึกษา จันทบุรี, สำนักผู้เชี่ยวชาญ, กรมวิชาการเกษตร, เอกสารวิชาการลำดับที่ 555 /2551, 223 หน้า.

ธีรพงษ์ นิลละออ, 2557, การพัฒนาสารสกัดมาตรฐานของเปลือกผลไม้ไทย 6 ชนิด เพื่อเป็นสารยับยั้งไทโรซิเนส, วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 13 หน้า.

Alves, T.M.A., Silva, A.F., Brandão, M., Grand, T.S.M., Smânia, E.F.A., Junior, A.S. and Zani, C.L., 2000, Biological screening of brazilian medicinal plants, Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de janeiro, 95(3): 367–373.

Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R. and Larondell, Y., 2007, Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavon) tubers, Separation and Purification Technology, 55: 217 - 225.

Das, S., Tanwar, J., Hameed, S. and Fatima, Z., 2014, Antimicrobial potential of epigallocatechin-3-gallate: a green tea polyphenol, Pharmacological Research, 2(3): 167-174.

Dembitsky, V.M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearaslip, S., Trakhtenberg, S. and Gorinstein, S., 2011, The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites, Food Research International, 44 (1): 1671 – 1701.

De Souza, V.R., Pereira, P.A., da Silva, T.L., de Oliveira Lima, L.C., Pio, R. and Queiroz, F., 2014, Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazillian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits, Food Chemistry,156(1): 362 – 368.

Do Prado, A.C.P., Silva, H.S., da Silveira, S.M., Barreto, P.L.M., Vieira, C.R.W., Maraschin, M., Ferreirs, S.R.S. and Block, J. M., 2014, Effect of the extraction process on the phenolic compounds profile and the antioxidant and antimicrobial activity of extracts of peacan nut [*Carya illinoinensis* (Wangenh) C. Koch] shell, Industrial Crops and Products, 52(1): 552-56.

Ho, L-H. and Bhat, R., 2005, Exploring the potential nutraceutical values of durian (*Durio zibethinus* L.) – An exotic tropical fruit, Food Chemistry, 168(1): 80–89.

Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S. and Heinonen, M., 1999, Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(1): 3954-3962.

Kalpna, R., Mitl, K. and Sumitra, C., 2011, Vegetable and fruit peels as a novel source of antioxidants, Journal of Medicinal Plants Research, 5(1): 63-71.

Lipipun, V., Nantawanit, N. and Pongsamart, S., 2002, Antimicrobial activity (In vitro) of polysaccharide gel from durian fruit-hulls, Songklanakarin Journal Science and Technology, 24: 31–38.

Lee, L-S., Kim,S-H., Kim, Y-B. and Kim, Y-C., 2014, Quantitative analysis of major constituents in green tea with different plucking periods and their antioxidant activity, Molecules, 19: 9173-9186.

Office of Agricultural Economics, 2013, Agricultural Statistic of Thailand, Ministry of Agriculture and Co-operative, Bangkok, Thailand, 90 p.

Seo, J., Lee, S., Elam, M.L., Johnson, S.A., Kang, J. and Arjmandi, B.H., 2014, Study to find the best extraction solvent for use with guava leaves (*Psidium guajava* L.) for high antioxidant efficacy, Food science & Nutrition, 2(2): 174-180.

Sultana, B., Anwar, F. and Ashraf, M., 2009, Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts, Molecules, 14: 2167-2180.

Table 1 Effect of the ethanol ratio on the yield, total phenolic content and antioxidant activity of extracts from two cultivars of durian peels

Sample	Solvent	Extract (g/100g dry durians peel)	TPC (mg GAE/ 100 g of dry peels)	IC_{50} of DDPH (mg/ml)	IC_{50} of ABTS (mg/ml)
Mon-thong	95 % V/V	9.18 ± 0.60^{a}	226.63 ± 4.98^{a}	31.20 ± 0.35^{a}	4.26 ± 0.13^{a}
	60 % V/V	14.89 ± 0.44^{b}	592.24 ± 5.70^{b}	4.98 ± 0.01^{b}	0.70 ± 0.00^{b}
	40 % V/V	18.81 ± 0.69^{c}	700.97 ± 10.75^{c}	3.59 ± 0.03^{c}	0.42 ± 0.00^{c}
	20 % V/V	17.69 ± 1.36^{c}	324.03 ± 5.13^{d}	6.64 ± 0.07^{d}	1.94 ± 0.09^{d}
	DW	21.53 ± 0.21^{d}	1398.52 ± 4.71^{e}	41.95 ± 1.39^{e}	40.17 ± 0.33^{e}
Kan-yao	95 % V/V	6.24 ± 0.30^{e}	385.17 ± 2.80^{f}	1.12 ± 0.02^{f}	0.84 ± 0.01^{f}
	60 % V/V	12.35 ± 0.50^{f}	810.81 ± 24.77^{g}	0.66 ± 0.01^{g}	0.49 ± 0.00^{c}
	40 % V/V	14.57 ± 0.13^{g}	533.50 ± 12.53^{h}	1.17 ± 0.01^{f}	1.05 ± 0.02^{g}
	20 % V/V	21.07 ± 0.66^{h}	819.00 ± 21.36^{g}	5.04 ± 0.09^{h}	0.44 ± 0.00^{c}
	DW	9.93 ± 0.81^{i}	653.24 ± 1.61^{i}	48.94 ± 3.58^{i}	34.57 ± 0.17^{h}

$^{a-i}$ Means within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) according to two cultivars of durian peel.

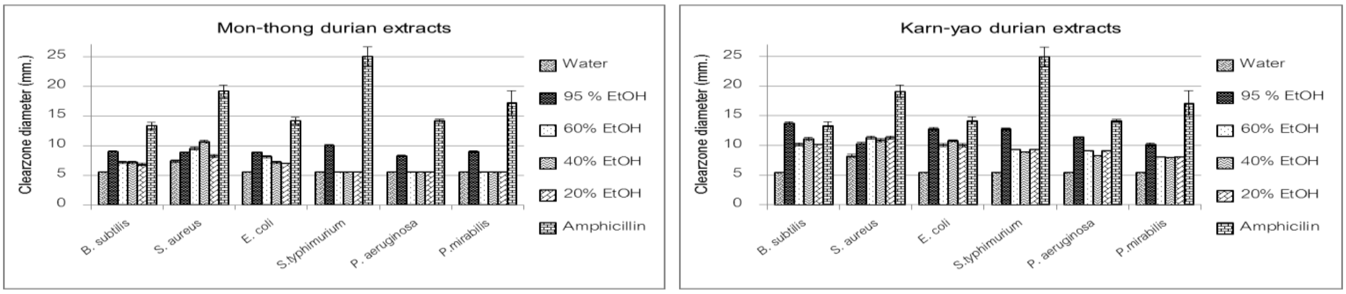


Figure 1 Effect of ethanol ratio on the antibacterial activity (inhibition zone) of durian peels

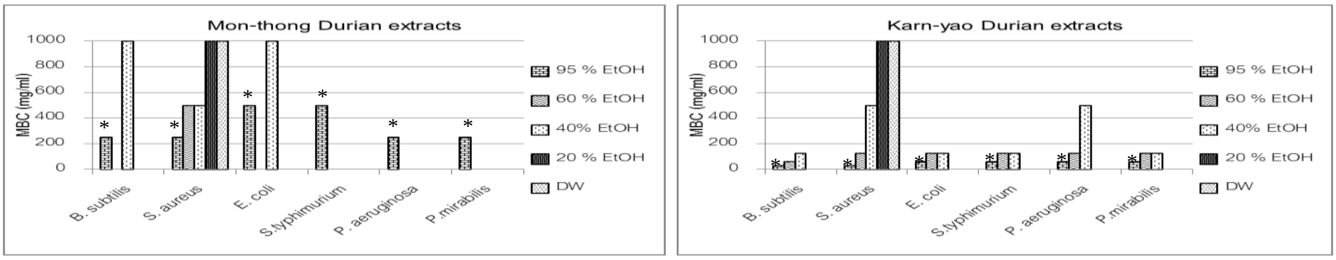


Figure 2 Effect of ethanol ratio on the antibacterial activity (MBC) of extracts from two cultivars of durian peels

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาสำหรับชุมชน

Production of Organic Fertilizer from Water Hyacinth for Community

ปรัชวนี พิบำรุง[1] **และ เพชรพิกุล วางมูล**[1]

Pibumrung, P.[1] and Vangmoon, P.[1]

Abstract

This study aimed to determine the appropriate ratio of water hyacinth, farm manure and inorganic materials using in organic fertilizer product from water hyacinth. The experiment design was a CRD with seven treatments and three replications. The results showed that the average major nutrients were significantly difference among treatments ($p<0.01$). The organic fertilizer from water hyacinth, mealworm waste and rock phosphate at the ratio of 3:4:3 had the highest average total major nutrients (9.01% by weight) with the value of total N, P_2O_5 and K_2O (2.97, 4.64 and 1.40% by weight, respectively). In terms of the average total major nutrients, organic fertilizer from water hyacinth, chicken manure and rock phosphate at the ratio of 3:4:3 and the organic fertilizer from water hyacinth, mealworm waste and rock phosphate at the ratio of 5:3:2 were not significantly different ($p<0.01$). They had the average total major nutrients (7.67 and 7.61% by weight, respectively) with the value of total N, P_2O_5 and K_2O (2.14, 4.10 and 1.43 and 2.45, 3.81 and 1.34% by weight, respectively).

Keywords: organic fertilizer, water hyacinth, chicken manure, mealworm waste

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผักตบชวา มูลสัตว์ และสารอนินทรีย์ธรรมชาติในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาในชุมชน วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 7 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยของปุ๋ยแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.01$) โดยปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาร่วมกับมูลหนอนนกร่วมกับหินฟอสเฟต อัตราส่วน 3:4:3 มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันเฉลี่ยสูงสุด (ร้อยละ 9.01 โดยน้ำหนัก) ซึ่งเป็นปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 2.97, 4.64 และ 1.40 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาร่วมกับมูลไก่ร่วมกับหินฟอสเฟต อัตราส่วน 3:4:3 และปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาร่วมกับมูลหนอนนกร่วมกับหินฟอสเฟต อัตราส่วน 5:3:2 มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p<0.01$) โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.67 และ 7.61 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดเฉลี่ย ร้อยละ 2.14, 4.10, 1.43 และ 2.45, 3.81, 1.34 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ ผักตบชวา มูลไก่ มูลหนอนนก

คำนำ

ผักตบชวา (Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) เป็นพืชน้ำที่เติบโตเร็ว จึงก่อปัญหาหลายด้านทั้งด้านคุณภาพน้ำในการเกษตรและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งกีดขวางการคมนาคมทางน้ำ แต่ผักตบชวาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์บำรุงดิน ช่วยลดปัญหาผักตบชวาในแม่น้ำลำคลอง ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและรักษาสภาพแวดล้อม (Jafari, 2010; Sharda and Lakshmi, 2014) ผักตบชวาเจริญเติบโตได้เร็วมีระบบรากฝอยเป็นจำนวนมาก สามารถดูดซับธาตุอาหารพืชที่ปะปนอยู่กับตะกอนในน้ำมาไว้ในส่วนต่างๆ ของลำต้นและใบ ผักตบชวาจึงมีปริมาณธาตุอาหารและโปรตีนสูง (Jafari, 2010) ผักตบชวาทั้งต้นมีธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นองค์ประกอบในปริมาณร้อยละ 1.73, 0.38 และ 5.75 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และมีค่า C/N Ratio เท่ากับ 34:1 (พัชรี, 2549) เหมาะสมสำหรับนำมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชและช่วยรักษาอินทรียวัตถุในดิน (นิชรัตน์ และคณะ, 2558) แต่ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาเพื่อจำหน่ายนั้นจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบหลายประเภท เพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร (2557) นอกจากผักตบชวาที่ใช้เป็นวัสดุหลักแล้ว ยังจำเป็นต้องใช้วัสดุอินทรีย์อื่นที่หาได้ในชุมชน เพื่อนำมาผสมแล้วมีปริมาณธาตุอาหาร และ

[1] สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Department of Plant Production Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

คุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์สำหรับผักตบชวาจึงจำเป็นต้องเพิ่มมูลสัตว์เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจน และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการย่อยสลายวัตถุดิบในกองปุ๋ยหมัก (นันทวัน, 2556) และใช้สารเร่งที่เหมาะสมเพื่อลดเวลาการย่อยสลาย ซึ่งวัตถุดิบอื่นที่สามารถนำมาผสมได้ เช่น กระดูกป่น หินฟอสเฟตบด และหินภูไมท์ เป็นต้น (ปิยะ, 2556) พิทยาและฉวีวรรณ (2540) รายงานว่า ปุ๋ยหมักจากผักตบชวา มีธาตุอาหารหลักไนโตรเจน (Total N) ฟอสฟอรัส (Total P_2O_5) และโพแทสเซียม (Total K_2O) ระหว่าง ร้อยละ 0.30 - 1.19, 0.20 – 0.87 และ 3.25 – 3.06 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ Sannigrahi (2009) รายงานว่า ปุ๋ยหมักจากผักตบชวามี Total N, Total P_2O_5 และ Total K_2O ร้อยละ 1.36, 0.75 และ 1.44 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เกริกและปิยะนุช (2554) รายงานว่า ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ร้อยละ 6.86, 4.02 และ 1.73 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาร่วมกับมูลสัตว์และหินฟอสเฟต โดยการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดินและเพิ่มธาตุอาหารพืช ใช้ปรับปรุงบำรุงดิน และลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรในชุมชน ตลอดจนสร้างรายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์และกำจัดผักตบชวาในโครงการเสริมสร้างศักยภาพการใช้ประโยชน์และพัฒนาสายน้ำเจ้าพระยา/ป่าสักอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลโคเป็นกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากเป็นวิธีการทำปุ๋ยหมักที่เกษตรกรทั่วไปนิยมใช้ วางแผนการทดลองแบบ RCRD ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี (Table 1) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ วัสดุที่ใช้ได้แก่ ผักตบชวาแห้ง โดยเก็บผักตบชวา (ใบ ลำต้น และราก) จากแม่น้ำน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มาสับเป็นชิ้นขนาด 3-4 เซนติเมตร ผึ่งกลางแจ้งนาน 2 สัปดาห์ เตรียมมูลโค มูลไก่ และมูลหนอนนก (ความชื้น ≤ 10%) ที่มีในชุมชนตามอัตราส่วนน้ำหนักแห้งในแต่ละกรรมวิธี จากนั้นนำผักตบชวามาหมักร่วมกับมูลสัตว์ร่วมกับหินฟอสเฟต สารเร่ง พด.1 (เตรียมในสารละลาย พด. 2 ที่ขยายเชื้อแล้ว) และเชื้อราไตรโครเดอร์มาสด เป็นเวลา 1 เดือน นำสารเร่ง พด.9 (Land Development Department no. 9) มาคลุกเคล้ารวมกันและหมักต่อไปอีก 1 เดือน รวมเวลาการหมัก 2 เดือน เก็บตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวามาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ความชื้น (อบที่อุณหภูมิ 103-105 °C) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter) อินทรียวัตถุ (Walkley and Black, 1934) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดโดยเทคนิค Dry combustion โดยวิธี Medium-temperature resistance Furnace method และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วย Kjedahl method) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วย Spectrophotometric molybdovanadophosphate method และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดด้วย Flame photometric method นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows version 16.0 ทดสอบความแปรปรวนทางสถิติและวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 1 Materials of the compost in each treatment (kg dry weight).

Treatment	Water hyacinth	Cow manure	Chicken manure	Mealworm waste	Rock phosphate	LDD.1	LDD.9	*Trichoderma* spp.	Total
TWC (8:2:0)	80	20	-	-	-	/	-	/	100
TWCK (7:2:1)	70	-	20	-	10	/	/	/	100
TWCK (5:3:2)	50	-	30	-	20	/	/	/	100
TWCK (3:4:3)	30	-	40	-	30	/	/	/	100
TWM (7:2:1)	70	-	-	20	10	/	/	/	100
TWM (5:3:2)	50	-	-	30	20	/	/	/	100
TWM (3:4:3)	30	-	-	40	30	/	/	/	100

Remark; TWC = organic fertilizer from water hyacinth and cow manure; TWCK = organic fertilizer from water hyacinth, chicken manure and rock phosphate; TWM = organic fertilizer from water hyacinth, mealworm waste and rock phosphate; parentheses = the ratio of water hyacinth:manure:rock phosphate in dry weight; LDD. 1 = Land Development Department no. 1; LDD. 9 = Land Development Department no. 9

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติทางกายภาพและปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาในการศึกษาครั้งนี้ (Table 2) แสดงให้เห็นว่าส่วนผสมของผักตบชวา และมูลสัตว์ต่างชนิดกัน รวมทั้งหินฟอสเฟตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ส่งผลถึงคุณภาพและปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่า ค่าการนำไฟฟ้า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณ Total

N, Total P_2O_5 และ Total K_2O และปริมาณธาตุอาหารหลักรวมของปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบตามประกาศกรมวิชาการเกษตร (2557) เรื่องกำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาที่ผลิตในทุกกรรมวิธี มีสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์คือ มีปริมาณธาตุหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.0 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ไม่เกิน 20:1 และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ในกรณีของปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาร่วมกับมูลโคที่มีค่าความชื้นสูงกว่าค่ามาตรฐานไปเพียงเล็กน้อย แนะนำให้เพิ่มการระบายอากาศขณะทำการหมักจะช่วยลดค่าความชื้นของปุ๋ยลงได้ สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยนั้น พบว่าทุกกรรมวิธีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาในครั้งนี้มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันทางสถิติและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมัก ซึ่งควรมีค่าระหว่าง 5.5-8.5 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) สำหรับค่าการนำไฟฟ้า ปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาทุกกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.54-4.25 ds m^{-1} โดยกรรมวิธีที่มีการใส่มูลหนอนนกมีแนวโน้มเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นกว่าทุกกรรมวิธี และอัตราการใส่มูลหนอนนกรวมทั้งหินฟอสเฟตที่สูงขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย โดยปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาร่วมกับมูลหนอนนกร่วมกับหินฟอสเฟตในอัตราส่วน 3:4:3 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดและมีความแตกต่างจากทุกกรรมวิธี ด้านปริมาณอินทรียวัตถุ ปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาทุกกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 32.08-36.78 และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาทุกกรรมวิธีมีค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามพระราชบัญญัติปุ๋ย ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) ด้าน C/N Ratio ของปุ๋ย พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลโคมีค่า C/N Ratio สูงสุด เพราะมีผักตบชวาเป็นส่วนผสมในอัตราที่สูงกว่าทุกกรรมวิธี เนื่องจากผักตบชวาเป็นพืชที่มีสัดส่วนของธาตุคาร์บอนสูง โดยมีค่า C/N Ratio เท่ากับ 34 (พัชรี, 2549) ดังนั้น การผลิตปุ๋ยหมักผักตบชวาจึงต้องใช้มูลสัตว์เติมลงไปให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการไนโตรเจนของจุลินทรีย์ กระบวนการหมักจึงจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาครั้งนี้ พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลโคมีปริมาณ Total N, Total P_2O_5 และ Total K_2O เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.17, 0.76 และ 0.63 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุภาพรและประวิทย์ (2558) ที่รายงานว่า ปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาที่หมักร่วมกับผักกระเฉด วัสดุเหลือจากการเพาะเห็ด ขี้เถ้าแกลบและมูลโคในอัตราส่วนต่างๆ กัน มีปริมาณ Total N, Total P_2O_5 และ Total K_2O เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.08-1.29, 0.77-0.86 และ 0.31-0.67 ตามลำดับ แต่ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักผักตบชวาร่วมกับมูลโคในการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของ สุทธีและธวัชชัย (2553) ที่รายงานว่า ปุ๋ยหมักผักตบชวาร่วมกับมูลโคอัตราส่วน 3:1 มี Total N, Total P_2O_5 และ Total K_2O เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.3-1.5, 1.3-1.5 และ 3.4-4.1 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนของผักตบชวา: มูลโคในการทดลองครั้งนี้มีค่าต่ำกว่านั่นเอง อย่างไรก็ตามเมื่อทำการพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาด้วยการใช้มูลไก่ มูลหนอนนกและหินฟอสเฟตเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลไก่ร่วมกับหินฟอสเฟต และปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลหนอนนกร่วมกับหินฟอสเฟตทุกกรรมวิธีมีปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมา โดยปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลไก่ร่วมกับหินฟอสเฟตทุกอัตราส่วน มีปริมาณ Total N, Total P_2O_5 และ Total K_2O เฉลี่ยระหว่างร้อยละ 1.40-2.14, 0.93-4.10 และ 1.35-1.45 ตามลำดับ และปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลหนอนนกร่วมกับหินฟอสเฟตทุกอัตราส่วน มีปริมาณ Total N, Total P_2O_5 และ Total K_2O เฉลี่ยระหว่างร้อยละ 2.02-2.97, 1.83-4.65 และ 1.31-1.40 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากมูลไก่และมูลหนอนนกเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนที่สูงกว่ามูลโค และมูลหนอนนกมีธาตุอาหารสูงกว่ามูลไก่ (ปรัชวนี และชมพร, 2558) การใช้มูลหนอนนกจึงสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยอินทรีย์ได้สูงกว่ามูลไก่ อีกทั้งหินฟอสเฟตเป็นอนินทรีย์สารที่เพิ่มธาตุฟอสฟอรัส ดังนั้นการใช้มูลหนอนนกและหินฟอสเฟตในอัตราส่วนที่สูงขึ้นสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาได้เท่ากับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงของกรมพัฒนาที่ดิน (2553) ที่กำหนดว่าปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต้องมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 9 และไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลหนอนนกร่วมกับหินฟอสเฟตอัตราส่วน 3:4:3 มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 9.01 โดยเป็นปริมาณ Total N, Total P_2O_5 และ Total K_2O เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.97, 4.64 และ 1.40 ตามลำดับ

สรุปผล

การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาร่วมกับมูลไก่ หรือมูลหนอนนกร่วมกับหินฟอสเฟตโดยใช้สารเร่ง พด.1 พด.9 และเชื้อราไตรโครเดอร์มาสดในการศึกษาครั้งนี้ สามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาที่มีลักษณะตามเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร และสามารถนำไปใช้เพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน เพิ่มธาตุอาหารพืช และขอใบอนุญาตผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าได้

คำขอบคุณ

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการเสริมสร้างศักยภาพการใช้ประโยชน์และพัฒนาสายน้ำเจ้าพระยา/ป่าสัก (ระยะที่ 3) ลุ่มน้ำภาคกลางตอนบน

Table 2 Properties and plant nutrient analyzed of water hyacinth composted.

Treatment	pH (1:10)	Moisture content at 75°C (%)	EC ds m^{-1}	OM (%)	C/N	Total N (%)	Total P_2O_5 (%)	Total K_2O (%)	Total NPK (%)
TWC(8:2:0)	7.52 ±0.14	31.24 ±2.52a	0.54 ±0.08e	36.78 ±2.94	18.31 ±1.35a	1.17 ±0.17f	0.76 ±0.09f	0.63 ±0.08b	2.56 ±0.07e
TWCK(7:2:1)	7.77 ±0.22	24.44 ±2.30b	1.65 ±0.09d	35.00 ±3.74	14.66 ±1.44b	1.40 ±0.28ef	0.93 ±0.11f	1.35 ±0.07a	3.68 ±0.12d
TWCK(5:3:2)	7.84 ±0.58	23.64 ±1.37b	3.00 ±0.74bc	34.35 ±3.47	12.88 ±1.03bc	1.76 ±0.13de	2.98 ±0.07d	1.45 ±0.13a	6.19 ±0.08c
TWCK(3:4:3)	7.87 ±0.24	25.09 ±3.07b	2.78 ±0.36c	34.14 ±1.46	11.86 ±1.57cd	2.14 ±0.19bc	4.10 ±0.16b	1.43 ±0.13a	7.67 ±0.26b
TWM(7:2:1)	7.97 ±0.25	25.72 ±1.58b	3.04 ±0.30bc	34.77 ±1.86	11.40 ±1.30cd	2.02 ±0.12cd	1.83 ±0.08e	1.31 ±0.07a	5.16 ±0.10c
TWM(5:3:2)	7.86 ±0.55	25.90 ±3.63b	3.46 ±0.38b	33.85 ±2.29	10.33 ±0.90cd	2.45 ±0.18b	3.81 ±0.20c	1.34 ±0.08a	7.60 ±0.36b
TWM(3:4:3)	7.74 ±0.33	27.00 ±2.15b	4.25 ±0.19a	32.08 ±2.72	9.72 ±0.62d	2.97 ±0.14a	4.64 ±0.13a	1.40 ±0.06a	9.01 ±0.07a
F-test	ns	*	**	Ns	**	**	**	**	**
CV %	4.65	9.51	13.83	7.99	9.51	13.40	4.65	7.07	3.08

Remark; ns, *, ** : not significantly, significantly different at p<0.05 and p<0.01, respectively

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, ระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2553, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร, 2548, คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับเกษตรกร), กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 66 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร, 2557, ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557, ราชกิจจานุเบกษา หน้า 4.

เกริก ปิ่นตระกูล และปิยะนุช ลาลุน, 2554, การเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักจากผักบุ้งและผักตบชวาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์, ในรวมบทคัดย่อการประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 5 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, โรงแรมสุนีย์ แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี, หน้า 558-563.

นันทวรรณ ฤทธิ์เดช, 2556, ข้อควรพิจารณาก่อนทำปุ๋ยหมัก, วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 41(3): 595-606.

นิชรัตน์ ศรีโสภณ เฉลิมชัย แพะคำ และวิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก, 2558, การคัดเลือกจุลินทรีย์ดินในการผลิตเอนไซม์ย่อยสลายผักตบชวาหมักและเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชเพื่อผลิตปุ๋ยหมักผักตบชวา, แก่นเกษตร, 43 (ฉบับพิเศษ 1): 365-372.

ปิยะ ดวงพัตรา, 2556, สารปรับปรุงดิน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 256 น.

ปรัชวนี พิบำรุง และชมพร สุนวินทรากร, 2558, ผลการใช้มูลหนอนนกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมะเขือยาวในระบบเกษตรอินทรีย์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3)(พิเศษ): 313-316.

พัชรี ธีรจินดาขจร, 2549, ดินดีเมื่อมีอินทรียวัตถุ, วารสารศูนย์บริการวิชาการขอนแก่น, 14(3):11-16.

พิทยากร ลิ่มทอง และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิโรจน์, 2540, ระดับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมัก ใน คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ พ.ศ.2535, กรุงเทพมหานคร.

สุทธี พลรักษา, จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย และธวัชชัย เนียรวิฑูรย์, 2553, การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาผสมมูลวัวโดยใช้สารเร่งชีวภาพ, วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 6(1):97-108.

สุภาพร บัวชุม และ ประวิทย์ โตวัฒนะ, 2558, การทำปุ๋ยหมักและวัสดุปลูกจากพืชน้ำและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช, ในงานประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 ก้าวสู่การวิจัยระดับโลก “Moving Towards World Class Research” ระหว่างวันที่ 28-29 เมษายน 2558 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพมหานคร, หน้า 546-557.

Jafari, N., 2010, Ecological and socio-economic utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* Mart Solms), Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 14 (2): 43-49.

Sannigrahi, A.K., 2009, Biodegradation of leaf litter of tree species in presence of cow dung and earthworms, Indian Journal of Biotechnology, 8: 335-338.

Sharda, V. and Lakshmi, 2014, Water hyacinth as a green manure for organic farming, IMPACT: IJRANSS, 2(6): 65-72.

Walkley, A. and Black, I. A., 1934, Soil Sci. pp. 29-38, In: Soil and Plant Analysis. By, C. S. Piper, (1966), Hans Publication, Bombay, p. 213- 229.

การยอมรับการแปรรูปผักตบชวาของเกษตรกรในจังหวัดปทุมธานี

Farmers Adoption of Water Hyacinth Processing in Pathumthani Province

ณัฐวุฒิ จั่นทอง[1] **และ พหล ศักดิ์คะทัศน์**[2]
Janthong, N.[1] and Sakkatat, P.[2]

Abstract

The objectives of this research were to study the personal, economic, and social factors related to farmers' adoption to water hyacinth processing, and their problems and difficulties. The population sample of the research was 100 farmers, living along the river sides of the Chao Phraya in Pathumthani province. The research was conducted by interviewing farmer who has trained on four water hyacinth production including organic compost, soil mixtures, charcoal and material for mushroom cultivation. Results revealed that water hyacinth's processing was adopted at the high level by social and its production and was accepted at the moderate level by biological, physical, economic aspects. Factors related to the adoption of water hyacinth processing, were age, education, and size of their own lands. The correlation between the factors and the adoption of water hyacinth processing were significant at the 95% confidential level.

Keywords: adoption, processing, water hyacinth, Pathumthani

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม การยอมรับการแปรรูปผักตบชวา รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกี่ยวข้อง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา จำนวน 100 คน ในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเก็บข้อมูลจากเกษตรกรผู้เข้าร่วมฝึกอบรมการจัดทำ 4 ผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา ได้แก่ ปุ๋ยหมักอินทรีย์ชีวภาพ ดินผสม ถ่านอัดแท่ง และวัสดุเพาะเห็ดฟาง โดยวิธีการใช้แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า การแปรรูปผักตบชวามีการยอมรับระดับมากในด้านสังคม ด้านผลผลิต และมีการยอมรับระดับปานกลางในด้านชีวภาพ ด้านกายภาพ ด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา ได้แก่ อายุ การศึกษา และขนาดพื้นที่ถือครอง มีความสัมพันธ์กับการแปรรูปผักตบชวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คำสำคัญ: การยอมรับ การแปรรูป ผักตบชวา ปทุมธานี

คำนำ

จากปัญหาขยะผักตบชวาจำนวนมากนี้ แม้มีการนำไปแปรรูปเป็นปุ๋ยหรือเครื่องจักสานต่าง ๆ แต่ก็ยังทำได้ในจำนวนที่ไม่มากพอ (ยิ่งศักดิ์, 2557) เมื่อปี พ.ศ.2554 รัฐบาลได้มอบหมายให้สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดปทุมธานี ดำเนินโครงการเสริมสร้างศักยภาพการใช้ประโยชน์และพัฒนาสายน้ำเจ้าพระยา/ป่าสัก ของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน 1 ร่วมกับมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิและมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ดำเนินการสำรวจพื้นที่ในเขตรับผิดชอบและแปรรูปผักตบชวาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่ายภายในชุมชนและเป็นสินค้าส่งออก (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2557) การดำเนินโครงการดังกล่าวได้เข้าสู่ระยะที่ 3 ในปี พ.ศ.2558 ซึ่งคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เป็นผู้รับผิดชอบ โดยหน้าที่หลักของระยะที่ 3 คือ ดำเนินการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการการถ่ายทอดสูตรและการจัดทำผลิตภัณฑ์ ให้แก่เกษตรกรที่อาศัยอยู่พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งมีการส่งเสริมให้เกษตรกรแปรรูปผักตบชวาเป็นผลิตภัณฑ์ 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปุ๋ยหมักอินทรีย์ชีวภาพจากผักตบชวา ดินผสมจากผักตบชวา ถ่านอัดแท่งจากผักตบชวา และวัสดุเพาะเห็ดฟางจากผักตบชวา (คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2558) โดยการแปรรูปทั้ง 4

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Plant Production Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 13000, Thailand
[2] สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[2] Rural Development Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University 50290, Thailand

ผลิตภัณฑ์ จะมีเจ้าหน้าที่ภาครัฐ อาจารย์ และนักศึกษา เป็นวิทยากรบรรยาย ติดตามผล ประเมินผล และคอยให้คำชี้แนะ คำปรึกษา และคำแนะนำเกี่ยวกับการแปรรูปผักตบชวาแก่เกษตรกร

หน่วยงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดปทุมธานี ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา มีการส่งเสริมให้เกษตรกรในจังหวัดปทุมธานีที่มีพื้นที่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แปรรูปผักตบชวาเป็นสินค้าเพื่อจำหน่าย และพบว่าการส่งเสริมการแปรรูปผักตบชวาประสบผลสำเร็จในพื้นที่นี้ ดังนั้น จึงต้องการศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาไปใช้กับพื้นที่อื่นหรือพืชชนิดอื่นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรที่อาศัยอยู่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 100 คน ซึ่งทั้งหมดเป็นผู้เข้าร่วมฝึกอบรมการถ่ายทอดสูตรและการจัดทำผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปุ๋ยหมักอินทรีย์ชีวภาพจากผักตบชวา ดินผสมจากผักตบชวา ถ่านอัดแท่งจากผักตบชวา และวัสดุเพาะเห็ดฟางจากผักตบชวา และใช้วิธีเก็บข้อมูลจากเกษตรกรที่เข้าร่วมฝึกอบรมทุกคน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ เรื่อง ปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม การยอมรับการแปรรูปผักตบชวา และปัญหาและอุปสรรคในการแปรรูปผักตบชวา แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (multiple regression analysis)

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 52) มีอายุเฉลี่ย 53.40 ปี มีสถานภาพสมรส (ร้อยละ 90) จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 65) มีรายได้จากการทำการเกษตรเฉลี่ย 104,051 บาท/ปี ขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย 2.25 ไร่ มีประสบการณ์ในการทำการเกษตร 22.50 ปี เคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการแปรรูปผักตบชวาในรอบปีที่ผ่านมาเฉลี่ย 2 ครั้ง (ร้อยละ 81) เคยได้รับข่าวสารการแปรรูปผักตบชวาในรอบปีที่ผ่านมาเฉลี่ย 2 ครั้ง (ร้อยละ 51) และได้รับการข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการแปรรูปผักตบชวาจากเจ้าหน้าที่ (ร้อยละ 95)

ผลการศึกษาการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับการแปรรูปผักตบชวาอยู่ในระดับปานกลาง ที่ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดคือ 3.21 โดยที่ ด้านสังคม ซึ่งประกอบไปด้วย การได้รับคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่ เจ้าหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกและติดตามผลอย่างใกล้ชิด การได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ เห็นผู้อื่นทำแล้วประสบผลสำเร็จ และมีแหล่งความรู้ในท้องถิ่น มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (ที่ค่าเฉลี่ยรวม 4.52) รองลงมาคือ ด้านการผลิต ซึ่งประกอบไปด้วย ผลผลิตที่ได้มีปริมาณมาก ผลผลิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ผลผลิตสามารถส่งขายไปยังพื้นที่อื่นได้ มีตลาดรองรับ และผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาด (ที่ค่าเฉลี่ยรวม 3.82) ด้านการเศรษฐกิจ ซึ่งประกอบไปด้วย ผลผลิตไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง มีต้นทุนการผลิตต่ำ ผลผลิตที่นำออกมาจำหน่ายขายได้ราคา ผู้ผลิตมีรายได้ที่แน่นอน และมีแหล่งเงินทุนให้กู้ยืม (ที่ค่าเฉลี่ยรวม 3.82) ด้านกายภาพ ซึ่งประกอบไปด้วย ในพื้นที่มีผักตบชวาตลอดทั้งปี ในพื้นที่มีผักตบชวาจำนวนมาก วัสดุในการแปรรูปผักตบชวาสามารถหาได้ง่าย มีวัสดุเพียงพอต่อการผลิต และสภาพพื้นที่มีความเหมาะสมที่จะจัดทำการแปรรูปผักตบชวา (ที่ค่าเฉลี่ยรวม 2.55) และด้านชีวภาพ ซึ่งประกอบไปด้วย ผลผลิตมีคุณภาพดี ไม่มีสัตว์และแมลงรบกวน ผลผลิตดูแลรักษาง่าย และขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยาก มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (ที่ค่าเฉลี่ยรวม 2.40) ตามลำดับ (Table 1)

ผลการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการแปรรูปผักตบชวา ส่วนใหญ่พบว่า การยอมรับการแปรรูปผักตบชวายังอยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น ที่ค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งหมดคือ 3.05 ทั้งนี้เนื่องจากจังหวัดปทุมธานีเป็นชุมชนเมืองซึ่งยากต่อการจัดทำผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเกษตรกรยังขาดทักษะในการติดต่อค้าขาย ตลาดรองรับผลผลิตหายาก พื้นที่ทำการผลิตไม่สามารถขยายออกไปได้ เครื่องมือทำการผลิตไม่เพียงพอ วัสดุบางชนิดหาไม่ได้ในท้องถิ่นและหายาก และขาดความร่วมมือจากเกษตรกรด้วยกันเอง

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม กับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา และขนาดพื้นที่ถือครอง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ เพศ สถานภาพ รายได้จากการทำการเกษตร ประสบการณ์ในการทำการเกษตร การได้รับฝึกอบรม การรับข้อมูลข่าวสาร และช่องทางการรับรู้ข่าวสาร พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา (Table 2)

Table 1 Level of adoption of processed water hyacinth products.

Participation	Average	Standard Deviation	Level
1. Social	4.52	0.12	High
2. Economical	2.86	0.35	Moderate
3. Physical	2.55	042	Moderate
4. Biological	2.40	0.50	Moderate
5. Production	3.82	0.18	High
Total	3.21	0.30	Moderate

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ กับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวาของเกษตรกรในจังหวัดปทุมธานี ผลการวิจัยพบว่า อายุ ระดับการศึกษา และขนาดพื้นที่ถือครอง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา เนื่องจาก

1. อายุมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา โดยพบว่าส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่มีอายุค่อนข้างสูง เพราะเกษตรกรในปัจจุบันจะเป็นเกษตรกรรุ่นเก่าที่มีอาชีพทำการเกษตรกรมานาน และยังเป็นเกษตรกรที่พร้อมรับความรู้ใหม่ ๆ พร้อมจะลองผิดลองถูกอยู่เสมอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุลดา และคณะ (2554) พบว่า อายุมีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตยาสูบในแนวทางเกษตรผสมผสานในเขตรับผิดชอบของสถานีใบยาป่าก่อดำ จังหวัดเชียงราย (Table 2)

2. ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา โดยพบว่า การศึกษาของเกษตรกรมีผลต่อการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา เพราะเกษตรกรพอมีความรู้ อ่านออก เขียนได้บ้าง แต่เมื่อมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาส่งเสริมในท้องถิ่น เกษตรกรส่วนใหญ่ที่มีการศึกษาก็พร้อมที่จะยอมรับและนำเทคโนโลยีนั้นมาใช้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญจันทร์ และรุจ (2554) พบว่า การศึกษามีความสัมพันธ์กับการยอมรับการเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์พื้นเมืองกับพ่อพันธุ์บราห์มันแดงของเกษตรกรในนครหลวงเวียงจันทร์ สปป.ลาว

3. ขนาดพื้นที่ถือครอง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการยอมรับการแปรรูปผักตบชวา โดยพบว่า เกษตรกรที่พอมีพื้นที่ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา จะมีการยอมรับและนำความรู้ที่ได้รับไปทดลองใช้ในพื้นที่ของตนเอง จนเกิดประโยชน์แก่ตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงษ์ศักดิ์ (2549) พบว่า ขนาดการถือครองที่ดินมีความสัมพันธ์กับการยอมรับและการแพร่กระจายเทคโนโลยีของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการพัฒนาอาชีพเกษตรกร ในพื้นที่ปรับปรุงระบบชลประทานขนาดใหญ่ ภายใต้เงินกู้ภาคการเกษตร (ASPL) : โครงการชลประทานแม่ลาว จังหวัดเชียงรายและจังหวัดพะเยา (Table 2)

Table 2 Multiple regression analysis of factors related to famers' adoption of processing water hyacinth.

Variables	Coefficient (b)	t	*P*-value
1. Sex	-0.132	-1.556	0.102
2. Age (year)	0.021	2.274	0.030*
3. Marital status	0.001	0.142	0.887
4. Education	0.009	2.107	0.036*
5. Income from farming (Baht)	-0.146	-1.988	0.101
6. Size of land holding (rai)	0.015	2.771	0.025*
7. Experience in farming (year)	-0.099	-1.324	0.121
8. Workshop on processing water hyacinth in last year (times)	-0.132	-1.556	0.102
9. Obtaining information on processing water hyacinth in last year (times)	-0.099	-1.486	0.139
10. Chanels of information about processing water hyacinth from officer	0.045	0.400	0.636

Constant	2.443	15.744	0.000
R^2		0.361	(36.1%)
F		2.565	
Sig. F		0.000	

* Correlation showed significant at the 0.05 level.

สรุปผล

เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาของจังหวัดปทุมธานี ส่วนใหญ่มีอาชีพทำไร่นาและรับจ้างเป็นหลัก การที่สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดปทุมธานีร่วมมือกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เข้าไปส่งเสริมและให้ความรู้เกี่ยวกับการแปรรูปผักตับชวากับเกษตรกร ได้มีอาชีพเสริมและเป็นผลดีกับเกษตรกร โดยเกษตรกรได้รับความรู้จากการแปรรูปผักตบชวาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สามารถนำเอาไปเป็นอาชีพเสริมให้กับครอบครัวได้ ซึ่งผลที่ได้คือเกษตรกรมีรายได้จากการนำความรู้ที่ได้รับไปปฏิบัติจริงและสามารถเลี้ยงดูครอบครัวตัวเองได้ แต่สิ่งที่ทำให้เกษตรกรเกิดการยอมรับการแปรรูปผักตบชวาในระดับปานกลาง คือ จังหวัดปทุมธานีถือว่าเป็นชุมชนเมือง การจะรวมกลุ่มรวมตัวกันของเกษตรกรในพื้นที่เป็นไปได้ยากกว่าเกษตรกรในชุมชนชนบท ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการแปรรูปผักตบชวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ การศึกษา และขนาดพื้นที่ถือครอง ปัญหาและอุปสรรค ได้แก่ เป็นชุมชนเมืองยากต่อการจัดทำผลิตภัณฑ์ ขาดทักษะในการติดต่อค้าขาย ตลาดรองรับผลผลิตหายาก พื้นที่ทำการผลิตไม่สามารถขยายออกไปได้เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นชุมชนเมือง เครื่องมือทำการผลิตไม่เพียงพอ วัสดุบางชนิดหาไม่ได้ในท้องถิ่นและหายาก และขาดความร่วมมือจากเกษตรกรด้วยกันเอง ซึ่งเกษตรกรต้องมีการรวมกลุ่มกันและปรึกษากับหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อช่วยกันแก้ไขปัญหาและขอความร่วมมือให้ช่วยเหลือดูแลต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดปทุมธานี และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่สนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 2558, โครงการเสริมสร้างศักยภาพการใช้ประโยชน์และพัฒนาสายน้ำเจ้าพระยา/ป่าสัก ระยะที่ 3 ของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน 1, รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1, พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

จุลลดา พลัง วีรศักดิ์ ปรกติ พหล ศักดิ์คะทัศน์ และ นคเรศ รังควัต, 2554, การยอมรับเทคโนโลยีการผลิตยาสูบในแนวทางเกษตรผสมผสานในเขตรับผิดชอบของสถานีใบยาป่าก่อดำ จังหวัดเชียงราย. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 28(2): 57-64.

บุญจันทร์ มณีแสง และ รุจ ศิริสัญลักษณ์, 2554, ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์พื้นเมืองกับพ่อพันธุ์บราห์มันแดงของเกษตรกรในนครหลวงเวียงจันทร์ สปป.ลาว. วารสารเกษตร 27(2): 137-143.

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ .2549. การยอมรับและการแพร่กระจายเทคโนโลยีของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการพัฒนาอาชีพเกษตรกร ในพื้นที่ปรับปรุงระบบชลประทานขนาดใหญ่ ภายใต้เงินกู้ภาคการเกษตร (ASPL) : โครงการชลประทานแม่ลาว จังหวัดเชียงรายและจังหวัดพะเยา. แก่นเกษตร 34(1): 55-62.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2557, โครงการเสริมสร้างศักยภาพการใช้ประโยชน์และพัฒนาสายน้ำเจ้าพระยา/ป่าสัก ระยะที่ 2 ของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน 1. รายงานฉบับสมบูรณ์, พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ยิ่งศักดิ์ จงเลิศเจษฎาวงศ์, 2557, เครื่องใช้และของตกแต่งบ้านจากผักตบชวา, กรุงเทพฯ: Prasarnmitr Publishing.

มัลติโดเมนไกลโคซิลไฮโดรเลส 26 ชนิดใหม่จาก *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6: โคลนนิ่ง การแสดงออกของรีคอมบิแนนท์ และคุณสมบัติทางชีวเคมี

A Novel Multidomain Glycosyl Hydrolase 26 from *Paenibacillus Curdlanolyticus* B-6: Cloning, Recombinant Expression and Biochemical Characterization

ธัญลักษณ์ เกิดบุญ[1] รัตติยา แวววนุกูล[2] ภัทรา ผาสอน[2] อะคิฮิโกะ โคสุกิ[3] กนก รัตนะกนกชัย[1] และ จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2]

Kerdboon, T.[1], Waeonukul, R.[2], Pason P.[2], Kosugi, A. [3], Ratanakhanokchai K.[1] and Tachaapaikoon, C.[2]

Abstract

In this study, a gene encoding of multidomain mannanase that belonging to glycosyl hydrolase family 26 (GH26) of *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 was cloned, expressed in *E.coli* BL21 (DE3) and characterized biochemical properties. A 2559 bp DNA fragment, namely *PcMan26B* encoded for 853 amino acids with an estimated molecular weight of 94.6 kDa. The multidomain fragment shows a structure comprising three carbohydrate binding modules (CBM3, CBM35 and CBM-X2) and a catalytic domain GH26. Interestingly, the multidomain exhibited low similarity when compared in the NCBI database (only 36% with *Rhodothermus marinus*). Purified recombinant PcMan26B showed activity toward β -mannan, konjac, locust bean gum and ivory nut for 439, 277, 145 and 128 units per gram protein, respectively. The predominant products resulting from endo- β -1,4-mannanase hydrolysis were M2-M5 units of manno-oligosaccharides from β -mannan. The result provided a novel multidomain endo- β -1,4-mannanase that demonstrates attrative to application in manno-oligosaccharide production.

Keywords: endo- β -1,4-mannanase, glycosyl hydrolase family 26, *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

บทคัดย่อ

การศึกษานี้พบว่ายีนช่วงหนึ่งที่สามารถเข้ารหัสเป็นมัลติโดเมนแมนนาเนสซึ่งเป็นสมาชิกในไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมิลี่ 26 จาก *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 ถูกโคลน ทำการแสดงออกใน *E. coli* BL21 (DE3) และศึกษาสมบัติทางชีวเคมี พบว่ายีน *PcMan26B* ประกอบด้วย 2559 นิวคลีโอไทด์ ถอดรหัสเป็น 853 กรดอะมิโน ทำนายขนาดโมเลกุลได้ 94.6 กิโล ดาลตัน โดยองค์ประกอบของมัลติโดเมนประกอบไปด้วย carbohydrate binding modules จำนวน 3 โดเมน (CBM3 CBM35 และ CBM-X2) และแคทตาไลติกโดเมน GH26 ซึ่งมัลติโดเมนมีความคล้ายคลึงค่อนข้างต่ำกับฐานข้อมูล NCBI (เพียง 36% กับ *Rhodothermus marinus*) รีคอมบิแนนท์ PcMan26B บริสุทธิ์แสดงกิจกรรมจำเพาะต่อเบต้าแมนแนน คอนยัค โลคัสบีนกัม และไอโวรีนัท เท่ากับ 439, 277, 145 และ 128 ยูนิตต่อกรัมโปรตีนตามลำดับ ผลิตภัณฑ์หลักจากการย่อยเบต้า-1,4-แมนแนนคือ แมนโนโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด M2-M5 ซึ่งแสดงกิจกรรมเป็นแบบเอนโด-เบต้า-1,4-แมนนาเนส จากผลการทดลองสรุปได้ว่า มัลติโดเมนเอนโด-เบต้า-1,4-แมนนาเนสน่าจะเป็นสมาชิกใหม่ในกลุ่มแมนนาเนสที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตแมนโนโอลิโกแซคคาไรด์

คำสำคัญ: เอนโด-เบต้า-1,4-แมนนาเนส ไกลโคซิล ไฮโดรเลส แฟมิลี่ 26 *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

คำนำ

แมนแนน (mannan) เป็นโพลิเมอร์ที่พบในธรรมชาติจัดเป็นเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ประเภทหนึ่งมักพบในไม้ เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน เมล็ดของพืชตระกูลถั่ว รวมไปถึงเมล็ดพืชทั่วไป (Dhawan และ Kaur, 2007) โดยแมนแนนที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท ได้แก่ แมนแนน กลูโคแมนแนน กาแลคโตแมนแนน และกาแลคโตกลูโคแมนแนน ซึ่งการย่อยโพลิ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Tha Kham, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม เขตบางขุนเทียนกรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Tha Kham, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น ทสึคุบะ อิบารากิ 305-8686

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

เมอร์ จำพวกแมนแนนนั้นจำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของเอนไซม์ในกลุ่มแมนนาโนไลติก (mannanolytic enzyme) ที่ประกอบด้วยเอนโดแมนนาเนส (endo-mannanase) เอ็กโซแมนนาเนส (exo-mannanase) และเบต้าแมนโนซิเดส (β - mannosidase) โดยเอนไซม์ที่กล่าวจัดอยู่ในกลุ่ม Glycosyl hydrolase (GH) (ฐานข้อมูล Carbohydrate active enzyme; CAZY) พบได้ในหลายแฟมิลี่ เช่น GH5 GH26 และ GH113 เป็นต้น อย่างไรก็ตามพบว่าสมาชิกในแฟมิลี่ GH26 แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ที่หลากหลาย เช่น endo- β -1,4-mannanase (EC 3.2.1.78) exo- β -1,4-mannanase (EC 3.2.1.100) β -1,3/1,4-glucanase (EC 3.2.1.73) รวมถึง β -1,3-xylanase (EC 3.2.1.32) โดยแมนนาเนสสามารถพบได้จากหลายแหล่ง เช่น พบได้ในพืชที่เกี่ยวข้องในกระบวนการงอกของเมล็ดพืช และจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ รา และแอคติโนมัยซีส (Dhawan และ Kaur, 2007) เช่น *Aspergillus niger* (Wu และคณะ, 2011), *Bacillus subtilis* (Mendoza, 1995), และ *Enterobacter* sp. N18 (You และคณะ, 2015) เป็นต้น

แมนนาเนสสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย เช่น การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ อุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ รวมไปถึงอุตสาหกรรมการผลิตกาแฟ (Blibech และคณะ, 2011) นอกจากการนำเอนไซม์แมนนาเนสไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่หลากหลายแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเอนไซม์ถือเป็นสารที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น manno-oligosaccharide (MOS) สามารถนำไปใช้เป็นสารประเภทโภชนเภสัช (neutraceuticals) หรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (functional food) ที่มีมูลค่าสูงมีคุณสมบัติช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของทั้งคนและสัตว์ (Titapoka และคณะ, 2008)

P. curdlanolyticus B-6 เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่ มีหรือไม่มีออกซิเจน ผลิตเอนไซม์ในกลุ่มเฮมิเซลลูเลส (hemicellulase) และเอนไซม์กลุ่มเซลลูเลส (cellulases) ที่ย่อยชีวมวลได้ อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องผ่านการปรับสภาพก่อนการย่อย (Pason และคณะ, 2006) จึงมีความเป็นไปได้ว่าเอนไซม์ที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าวอาจจะมีคุณสมบัติแตกต่างจากแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาเอนไซม์จากแบคทีเรียชนิดนี้ โดยพบว่ามีลำดับนิวคลีโอไทด์บางบริเวณสามารถเข้ารหัสเป็นเอนไซม์แมนนาเนสประกอบไปด้วยหลายโดเมน (multidomain) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล National Center for Biotechnology Information (NCBI) ซึ่งมีความคล้ายคลึงค่อนข้างต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงทำการโคลนยีน แสดงออกของยีน และศึกษาคุณสมบัติทางทางชีวเคมีเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการสกัดโครโมโซมจาก *P. curdlanolyticus* B-6 จากนั้นทำการเพิ่มปริมาณชิ้นยีน *PcMan26B* ด้วยเทคนิค Polymerase Chain Reaction (PCR) โดยใช้ primer ได้แก่ Forward primer: 5’-GGGGGATCCATGAATATTTGGCTTA AAAAAACA-3’ และ Reverse primer: 5’-GGGCTCGAGTA TGGTTCCAATCCCCATTGCAG-3’ ซึ่งออกแบบให้มีตำแหน่ง เอนไซม์ตัดจำเพาะได้แก่ BamHI และ XhoI ตามลำดับ (ที่ขีดเส้นใต้) ทำการโคลนยีน *PcMan26B* เข้าสู่ pGEM-T Easy vector และ วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์เทียบกับฐานข้อมูล NCBI จากนั้นโคลนยีนดังกล่าวเข้าสู่เวคเตอร์ pET-28a และ ทรานสฟอร์มเข้าสู่ *E. coli* BL21 (DE3) ทำการแสดงออกของยีนโดยเลี้ยงเซลล์ที่มียีน *PcMan26B* ที่อุณหภูมิ 37°C จนกระทั่งเซลล์มีความขุ่นที่ 0.5 เมื่อวัดด้วยความยาวคลื่นที่ 600 nm จากนั้นเติม IPTG ที่ความเข้มข้นสุดท้าย 1 mM ที่อุณหภูมิ 16°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บเซลล์และละลายตะกอนเซลล์ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate buffer saline; PBS) ที่ความเข้มข้น 100 mM จากนั้นทำลายผนังเซลล์ด้วยวิธี sonication และแยกส่วน supernatant มาทำบริสุทธิ์โดยใช้อะไวเซลที่ล้างด้วยบัฟเฟอร์ชนิดเดียวกัน โดยบ่มที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 30-60 นาที ปั่นแยกส่วนใสออก (unbound) และล้างด้วยบัฟเฟอร์ชนิดเดียวกันจน ไม่มีโปรตีนหลุดออกมา ทำการชะด้วย 1% (v/v) ไตรเอทิลเอมีน (Triathylamine) และ dialysis จากนั้นนำโปรตีนที่ได้ไป ตรวจสอบขนาดโดยใช้เทคนิค SDS-PAGE และ zymogram ศึกษาความจำเพาะต่อสับสเตรทโดยบ่มเอนไซม์กับ 1% (w/v) สับสเตรท ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้คอนยัค (konjac) โลคัสบีนกัม (locust bean gum) เบต้า-แมนแนน (β -mannan) และไอโวรีนัท (ivory nut) เป็นสับสเตรท และที่เวลา 24 ชั่วโมงสำหรับ ไคติน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เบต้ากลูแคน และแป้ง โดยวัดน้ำตาลที่เกิดขึ้นด้วยวิธี Nelson-Somogyi จากนั้นศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยด้วยวิธีโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (Thin layer chromatrography; TLC)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *PcMan26B* ที่โคลนได้ พบว่าประกอบด้วย 2559 นิวคลีโอไทด์ และสามารถถอดรหัสเป็นได้ 853 กรดอะมิโน คำนวณขนาดของโปรตีนประมาณ 94.6 kDa ยีน *PcMan26B* ประกอบไปด้วย 4 โดเมน ได้แก่ CBM3 CBM35 และ CBM-X2 และแคทตาไลติกโดเมนที่จัดอยู่ในไกลโคซิลไฮโดรเลสแฟมิลี่ 26 (GH26) ดังแสดงรูปที่ 1 นอกจากนั้น *PcMan26B* มีความคล้ายคลึงกับ *R. marinus* เพียงร้อยละ 36 เมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NCBI จากผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่ายีน *PcMan26B* เป็นมัตติโดเมนไกลโคซิลไฮโดรเลส ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจจะเป็นสมาชิกใหม่ใน GH26

Figure 1 Domain structure of *PcMan26B* from *P. curdlanolyticus* B-6.

เมื่อทำการแสดงออกของยีน และทำบริสุทธิ์โดยใช้อะไวเซลเนื่องจากชิ้นยีนประกอบด้วยส่วนของ CBM3 ที่สามารถจับกับเซลลูโลสได้อย่างจำเพาะ (affinity binding ability) จึงใช้คุณสมบัติดังกล่าวช่วยในการทำบริสุทธิ์เอนไซม์อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับการใช้การจับอย่างจำเพาะทางการค้า (commercial Hig-tag) อย่างไรก็ตามพบว่าขนาดของรีคอมบิแนนท์โปรตีนมีขนาดเท่ากับ 98 kDa เมื่อทดสอบด้วยเทคนิค SDS-PAGE (รูปที่ 2) ซึ่งรีคอมบิแนนท์โปรตีนที่แสดงออกมีขนาดใหญ่กว่าที่ได้มีการทำนายไว้ เนื่องจากมีส่วนของ His-tag (ประมาณ 3.4 kDa) จากพลาสมิด pET-28a โดยรีคอมบิแนนท์โปรตีนนั้นแสดงกิจกรรมแมนนาเนสเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค zymogram ที่ใช้คอนยัคร้อยละ 1 (w/v) เป็นสับสเตรท จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า commercial tag ไม่มีผลต่อกิจกรรมของรีคอมบิแนนท์เอนไซม์ ส่วนการศึกษาความจำเพาะต่อสับสเตรทพบว่ารีคอมบิแนนท์โปรตีน PcMan26B มีความจำเพาะกับสับสเตรทในกลุ่มแมนแนนเท่านั้น โดยมีกิจกรรมของต่อเบต้าแมนแนน คอนยัค โลคัสบีนกัม และไอโวรีนัท มีค่าเท่ากับ 439 277 145 และ 128 ยูนิตต่อกรัมโปรตีน ตามลำดับ โดยไม่แสดงกิจกรรมต่อไคติน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ไซแลน เบต้ากลูแคน และแป้ง (ตารางที่ 1)

Table 1 Substrate specificity of the recombinant *PcMan26B*

Substrate	Specific activity (unit/g protein)
β-mannan	439
Konjac (Glucomannan)	277
Locust bean gum (Galactomannan)	145
Ivory nut	128
Chitin	ND
CMC	ND
Birch wood xylan	ND
β-1,3-glucan	ND
Starch	ND

ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ได้ในสภาวะที่ทดสอบ

จากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เมื่อทำการย่อยเบต้าแมนแนนนั้น พบว่า PcMan26B ผลิตอนุกรมของน้ำตาลแมนโนโอลิโกแซค คาไรด์ ขนาด M2-M5 หน่วย (ดังรูปที่ 3) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ารีคอมบิแนนท์โปรตีน PcMan26B จัดเป็นเอนโด-เบต้า-1,4-แมนนาเนส

สรุปผล

การโคลน และแสดงออกของยีน *PcMan26B* จาก *P. curdlanolyticus* B-6 สำเร็จในแบคทีเรีย *E.coli* BL21 (DE3) รีคอมบิแนนท์ PcMan26B มีขนาดโมเลกุลได้ 98 kDa ประกอบด้วย 3 โดเมน ของ CBMs และไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมิลี่ 26

สามารถทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการจับกันอย่างจำเพาะกับอะไวเซล โดย PcMan26B แสดงกิจกรรมต่อสับสเตรทในกลุ่มแมนแนนเท่านั้น โดยสามารถย่อยเบต้าแมนแนนได้ดีที่สุด และให้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นอนุกรมของแมนโนโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด M2-M5 ยูนิต ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งเอนไซม์แมนนาเนสใหม่สำหรับการผลิตแมนโนโอลิโกแซคคาไรด์ต่อไป

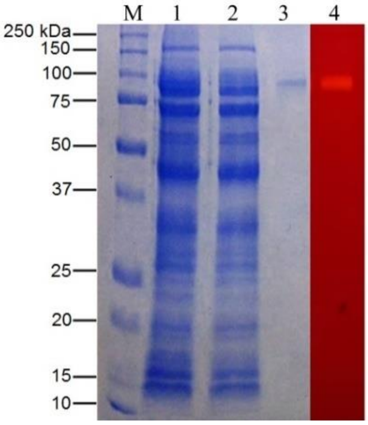


Figure 2 SDS-PAGE and zymogram analysis of protein fraction during purification of the recombinant PcMan26B that expressed in *E. coli* BL21 (DE3). Lane M: the molecular weight marker; Lane 1-3: crude culture supernatant of the recombinant PcMan26B, unbound fraction of Avicel column and purified PcMan26B, respectively. Lane 4: active band of purified PcMan26B.

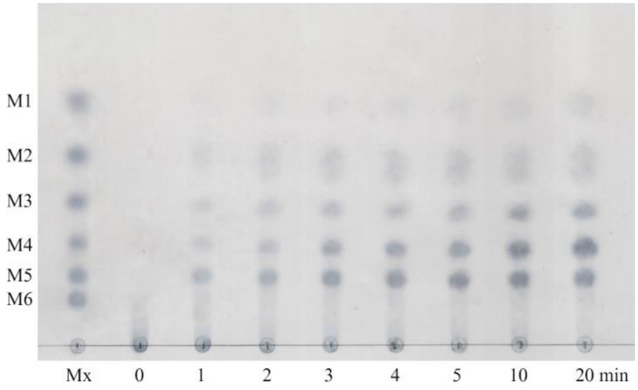


Figure 3 Thin layer chromatography analysis. Products from β-mannan hydrolysis by the recombinant PcMan26B at various time points. Lane M: standard marker of manno-oligosaccharides with M1-M6 represent mannose to mannohexaose.

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Bibech, M., Chaari, F., Bhiri, F., Dammak, I., Ghorbel, R.E., Shaabouni, S.E., 2011, Production of manno-oligosaccharides from locust bean gum using immobilized *Penicillium occitanis* mannanase, Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 73: 111-115.

Dhawan, S., and Kaur, J., 2007, Microbial mannanases: an overview of production and applications, Critical Reviews in Biotechnology, 27: 197-216.

Mendoza, N.S., Arai, M., Sugimoto, K., Ueda, M., Kawaguchi, T. and Joson, L.M., 1995, Cloning and sequencing of β -mannanase gene from *Bacillus subtilis* NM-39, Biochemical et Biophysica Acta, 1243: 552-554.

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.

Titapoka, S., Keawsompong, S., Haltrich, D., Nitisinprasert, S., 2007, Selection and characterization of mannanase producing bacteria useful for the formation of pre biotic manno oligosaccharides from copra meal. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 24: 1425-1433.

Wu, M., Tang, C., Li, J., Zhang, H. and Guo, J., 2011, Bimutation breeding of *Aspergillus niger* strain for enhancing β -mannanase production by solid-state fermentation, Carbohydrate Research, 346: 2149-2155.

You, J., Liu, J., Yang, S. and Mu, B., 2015, Low-temperature-active and salt-tolerant β -mannanase from a newly isolated *Enterobacter* sp. strain N18, Journal of Bioscience and Bioengineering,121: 140-146.

ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์

Effect of Seed Enhancement by Chemical Solution on Quality of 'Holland' Papaya (*Carica papaya* L.) Seed

พิจิตรา แก้วสอน[1] สุคุณวัต สุขแก้ว[1] เจนจิรา ชุมภูคำ[1] และ รัฐพล ฉัตรบรรยงค์[1]

Kaewsorn, P.[1], Sukkaew, S.[1], Chumpookam, J.[1] and Chatbanyong, R.[1]

Abstract

The effect of seed enhancement by chemical solution on quality of 'Holland' papaya (*Carica papaya* L.) seed was studied. Seeds were soaked in water or chemical solution with aeration for 24 hours. The experiment was designed in completely randomized design (CRD) that composed of 13 treatments: reverse osmosis (RO) water, 0.2 and 0.5% KNO_3 solution, 0.01 and 0.05% salicylic acid (SA) solution, 10 and 50 ppm $CaCl_2$ solution, 0.02 and 0.06% GA_3 solution, 0.05 and 0.1% ascorbic acid (AsA) solutionม and 1 ppm Atonik solution compared with untreated seeds (control). Results showed that soaked seeds in 0.06% GA_3 solution had the highest germination of 67.50% and its mean germination time (MGT) was 14.02 days, compared with untreated seeds which its germination and MGT were 59.00% and 14.69 days. Moreover, the fastest MGT was found in seeds soaked with 0.5% KNO_3 solution at 13.34 days.

Keywords: soaking seed, seed vigor, mean germination time, germination

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ โดยนำเมล็ดแช่ในน้ำหรือสารเคมีร่วมกับการให้อากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 13 ทรีทเมนต์ ได้แก่ น้ำ reverse osmosis (RO) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5% สารละลายกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) ความเข้มข้น 0.01 และ 0.05% สารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 10 และ 50 ppm สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.06% สารละลายกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ความเข้มข้น 0.05 และ 0.1% และสารละลาย Atonik ความเข้มข้น 1 ppm เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) พบว่า เมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.06% มีความงอกสูงสุด คือ 67.50 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 14.02 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีความงอกเพียง 59.00 เปอร์เซ็นต์ และมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 14.69 วัน นอกจากนี้เมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5% มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 13.34 วัน

คำสำคัญ: การแช่เมล็ด ความแข็งแรงของเมล็ด เวลาเฉลี่ยในการงอก ความงอก

คำนำ

มะละกอเป็นไม้ผลเขตร้อนกลุ่มหลักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก เนื่องจากมีการผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งการผลิตโดยรวมทั่วโลกมีประมาณ 6 ล้านตันต่อปี และประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตรายสำคัญ (International Tropical Fruits Network, 2008) จากข้อมูลสถิติของ FAO ผลผลิตมะละกอไทยอยู่ในอันดับ 8 ของโลกในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณผลผลิตมะละกอ 211,594 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,921 ล้านบาท มีปริมาณการส่งออกมะละกอสด 630 ตัน คิดเป็นมูลค่า 27 ล้านบาท และในปี 2554 มีปริมาณผลผลิตมะละกอ 212,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,925 ล้านบาท มีปริมาณการส่งออกมะละกอสดเพิ่มเป็น 995 ตัน คิดเป็นมูลค่า 50 ล้านบาท (FAOSTAT, 2014) เมล็ดมะละกอมีการพักตัวแบบ physiological dormancy เนื่องจากสาร benzyl isothiocyanate ที่พบบริเวณเนื้อของผล เยื่อหุ้มเมล็ด และน้ำยาง (Tang, 1971) จึงทำให้เมล็ดพันธุ์มะละกอมีความงอกต่ำ ซึ่งในการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ควบคุมมีกฎหมายเมล็ดพันธุ์หรือพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2556 ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะละกอต้องมี

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900

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

ความงอกไม่ต่ำกว่า 70% และมีความบริสุทธิ์ทางกายภาพ (physical purity) ไม่ต่ำกว่า 98% เพื่อคุ้มครองให้เกษตรกรได้ใช้เมล็ดพันธุ์คุณภาพดี (สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร, 2556) ซึ่งผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์มะละกอต้องหาวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดให้สามารถงอกได้สูงขึ้น ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมีหลายชนิด เช่น KNO_3 เป็นสารที่ช่วยสังเคราะห์โปรตีนที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด (วันชัย, 2553) Furutani และ Nagao (1987) รายงานการแช่เมล็ดพันธุ์มะละกอ 'Kapoho Solo' ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 1 M เป็นเวลา 15 นาที ทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงและงอกได้เร็ว กรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พืชสร้างขึ้นและเป็นฮอร์โมนพืชโดยควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึม กระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน และส่งสัญญาณควบคุมการสร้างโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับสารหรือเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจะเข้ามาช่วยจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ด (Hayat และคณะ, 2010) พิสิษฐ์ (2557) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015% ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่า 50% สาร $CaCl_2$ เป็นสารที่แตกตัวให้ Ca^{2+} มีส่วนช่วยให้การทำงานของเอนไซม์ phosphatase และ kinase ซึ่งเป็นสัญญาณกระตุ้นให้เกิดการงอกของเมล็ด (Harper และคณะ, 2004) Bautista-Calles และคณะ (2008) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming) ด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์มะละกอ 'Maradol' ในสารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 10^{-3} 10^{-4} หรือ 10^{-5} M เป็นเวลา 4 วัน ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น กรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ดและกระตุ้นการงอกของเมล็ด (Desai และคณะ, 1997) Anjanawa และคณะ (2012) รายงานการแช่เมล็ดพันธุ์มะละกอ 'Barwani red' ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.01% เป็นเวลา 6 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอก 65.4% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลายมีความงอกเพียง 43.36% กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid; AsA) เป็นสารที่สามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพช้าลง (Sathiyamoorthy และ Nakamura, 1995) ซึ่งยังไม่มีรายงานการใช้สาร AsA ในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอ อโทนิค® (Atonik®) ชื่อสามัญโมโนไนโตรฟีนอล (mononitriphenol) สารสำคัญคือ 2-nitrophenolate, sodium 4-nitrophenolate, sodium 2-methoxy-5-nitrophenolate เป็นสารที่มีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยทำให้เกิดการสังเคราะห์เอนไซม์ catalase peroxidase และ polyphenol oxidase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ด (Zaghdani, 2002) Zaghdani (2002) รายงานการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวา 'Dolge Zelene' ในสารละลาย Atonik® ความเข้มข้น 0.25 ppm เป็นเวลา 8 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงถึง 94% นอกจากนี้การเพิ่มอากาศในระหว่างการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารละลายเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ โดยออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจ และใช้ในกระบวนการงอกของเมล็ด (วันชัย, 2553) Carrillo-Castañeda และคณะ (2013) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอในน้ำร่วมกับการให้อากาศทำให้เมล็ดงอกได้สูงและงอกได้เร็ว จากปัญหาเมล็ดพันธุ์มะละกอมีความงอกต่ำและงอกไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ ทำให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้นและสม่ำเสมอมากขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตต้นกล้ามะละกอ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์มาแช่ในน้ำหรือสารเคมีชนิดต่างๆ และมีการให้อากาศตลอดเวลา โดยใช้หัวทรายต่อกับปั๊มลม เพื่อเป็นตัวกระจายอากาศเป็นเวลา 24 ชม. โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) มี 13 ทรีทเมนต์ ได้แก่ น้ำ reverse osmosis (RO) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5% สารละลาย salicylic acid (SA) ความเข้มข้น 0.01 และ 0.05% สารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 10 และ 50 ppm สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.06% สารละลาย ascorbic acid (AsA) ความเข้มข้น 0.05 และ 0.10% และสารละลาย Atonik® ความเข้มข้น 1 ppm เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) จากนั้นนำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี sand test ที่อุณหภูมิสลับ 20-30°C ประเมินความงอกตามหลักการประเมินของ International Seed Testing Association (ISTA, 2014) โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติครั้งแรกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้ายที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ด (Tarp, 2005) การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ความงอกของเมล็ดพันธุ์ และเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) (Ellis และ Roberts, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารเคมีชนิดต่างๆ มีผลทำให้ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.06% มีความงอกสูงที่สุด คือ 67.5% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย AsA ความเข้มข้น 0.05%, สารละลาย Atonik® ความเข้มข้น 1 ppm, สารละลาย AsA ความเข้มข้น 0.1%, สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5%, สารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 50 ppm, สารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 10 ppm, ไม่กระตุ้นความงอก (control), น้ำ RO, สารละลาย SA ความเข้มข้น 0.05% และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02% โดยมีความงอกประมาณ 58.00-65.50% แสดงว่าการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและความเข้มข้นดังกล่าวไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) แต่การแช่เมล็ดมะละกอในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.06% ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 67.50% ซึ่ง GA_3 ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ α-amylase และ β-amylase ที่ใช้ย่อยแป้งที่สะสมอยู่ในเอนโดสเปิร์มให้เป็นน้ำตาลแล้วนำมาใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้นระหว่างการงอกของเมล็ด (วันชัย, 2553) เมื่อพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดเป็นค่าที่แสดงความเร็วในการงอกหรือความแข็งแรงของเมล็ด โดยเมล็ดที่มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยแสดงว่าเมล็ดนั้นมีความแข็งแรงและงอกได้เร็ว (สุเทวี, 2551) จากการทดลอง พบว่า เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดมะละกอที่แช่ในน้ำ RO หรือสารเคมีชนิดต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5% ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 13.34 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย AsA ความเข้มข้น 0.05 และ 0.10% มีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 13.69-13.77 วัน ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอกนาน 14.69 วัน ดังนั้น การแช่เมล็ดมะละกอในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5% มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 13.34 วัน และมีความงอกสูง คือ 62.5% (Table 1) อาจเป็นเพราะสาร KNO_3 ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจของเมล็ด จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็ว อีกทั้งออกซิเจนที่ได้จากการแตกตัวของ KNO_3 นั้นมีความสำคัญต่อเซลล์ภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดมีการหายใจสูงขึ้น เร่งปฏิกิริยาชีวเคมีภายในเซลล์ ส่งผลให้กระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงอกเกิดได้เร็วขึ้น (วันชัย, 2553)

สรุปผล

การแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.06% ร่วมกับการให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 24 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 67.5% และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 14.02 วัน ส่วนการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5% ร่วมกับการให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 24 ชม. ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 13.34 วัน

เอกสารอ้างอิง

พิสิษฐ์ พรพัชรเรืองกุล, 2557, ผลของกรดซาลิไซลิกต่อความงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำ, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร, 2556, ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง การกำหนดมาตรฐาน คุณภาพ และวิธีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม พ.ศ. 2556 [สืบค้น], http://seed.or.th/documents/ seedregulation2.pdf [1/June/16].

สุเทวี ศุขปราการ, 2551, การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืชสวน, ปรับปรุงครั้งที่ 10 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Anjanawa, S.R., Kanpure, R.N., Kachouli, B.K. and Mandloi, D.S., 2012, Effect of plant growth regulators and growth media on seed germination and growth vigour of papaya, Annals of Plant and Soil Research, 15(1): 31-34.

Bautista-Calles, F., Carillo-Castaneda, G. and Villegas-Monter, A., 2008, Recuperation of the high germinability condition of papaya seed through priming technology and bioregulators, Agrociengia, 42(7): 817-826.

Carrillo-Castañeda, G.M., Bautista-Calles, F. and Villegas-Monter, A., 2013, Postharvest seed treatments to improve the papaya seed germination and seedlings development, Tropical and Subtropical Agroecosystems, 16: 133-141.

Desai, B.B., Kotecha, P.M. and Salunkhe, D.K., 1997, Seed Handbook Biology, Production, Processing and Storage, Marecl Deaker Inc. New York.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980, Improved equation for the prediction of seed longevity, Annals of Botany, 45: 13-30.

FAOSTAT, 2014, Food and Agriculture Organization of the United Nations [online], Available:http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor[February 22, 2016].

Furutani, S.C. and Nagao, M.A., 1987, Influence of temperature, KNO_3, GA_3 and seed drying on emergence of papaya seedling, Scientia Horticulture, 32: 67-72.

Harper, J.F., Breton, G. and Harmon, A., 2004, Decoding Ca^{2+} signals through plant protein kinases, Annual Review of Plant Biology, 55: 263-288.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A., 2010, Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A Review, Environmental and Experimental Botany, 68: 14-25.

International Tropical Fruits Network, 2008, Tropical Fruit Information Papaya [Online], Available: http://www.itfnet.org/index_archive.jsp?page=1&process=11&mid=1&fid=8[February 10, 2016].

ISTA, 2014, International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Brassersdorf, Switzerland.

Sathiyamoorthy, P. and Nakamura, S., 1995, Free radical induced lipid peroxidation in seeds, Israel Journal of Plant Science, 4: 295-302.

Tang, C.S., 1971, Benzyl isothiocyanate of papaya fruit, Phytochemistry, 10: 117-121.

Tarp, G., 2005, Task force on tropical seed, Seed Testing International, 129: 19.

Zaghdani, A.S., 2002, Effect of Pre-Sowing Seed Treatments for Quality of Cucumber, Pepper, Tomato and Pea Seed. Ph.D. Thesis, Szent István University, Hungary.

Table 1 Germination and mean germination time of papaya treated seeds by different chemical solutions

Treatment	Germination (%)	Mean germination time (day)
Untreated seeds (control)	59.0 abc[1/]	14.69 a
RO water	59.0 abc	13.90 bc
0.2% KNO_3	56.0 bc	13.95 bc
0.5% KNO_3	62.5 ab	13.34 d
0.01% SA	52.0 c	14.69 a
0.05% SA	58.5 abc	14.02 bc
10 ppm $CaCl_2$	59.5 abc	14.11 bc
50 ppm $CaCl_2$	62.5 ab	14.34 ab
0.02% GA_3	58.0 abc	14.43 ab
0.06% GA_3	67.5 a	14.02 bc
0.05% AsA	65.5 ab	13.77 cd
0.10% AsA	64.5 ab	13.69 cd
1 ppm Atonik®	65.5 ab	13.89 bc
F-test	*	*
C.V. (%)	10.37	2.42

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$ by Duncan's new multiple range test (DMRT)

ปริมาณสารสำคัญของเมล็ดลำไยที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล

Major Compounds of Longan Seeds Extracted by Water and Ethanol

นภาภรณ์ แซ่ลี้[1] ณัติฐพล ไข่แสงศรี[1] ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1,2] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Sae-Lee, N.[1], Kaisangsri, N.[1], Rungruang, R.[1,2], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This study has investigated water and ethanol extraction of phenolics from longan seeds, which its proximate compositions were 66.49% carbohydrate, 6.38% protein, 5.77% fat, and 7.41%, fiber. Results showed that the yield of longan seeds extracted with water was higher than ethanolic extract. Total phenolics of ethanolic extracts (8.98 mg GAE/g DW) were greater than water extracts (2.83 mg GAE/g DW). Moreover, gallic acid of longan seeds extracted with ethanol and water was at 35.47 and 12.31 mg/g crude extract, respectively. In addition, the ethanolic longan seed extract had a higher antioxidant activity analyzed by DPPH and ABTS radical scavenging method, than water extracts. Qualitative analysis of bioactive compounds by TLC method showed that saponins, flavonoids, and terpenoids were major bioactive compounds found in longan seed extracted with ethanol, while terpenoids were only bioactive compounds found in longan seed extracted with water.

Keywords: longan seed, phenolics, gallic acid, antioxidant activity

บทคัดย่อ

การศึกษาการสกัดสารสำคัญจากเมล็ดลำไยด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำและเอทานอล ซึ่งเมล็ดลำไยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับร้อยละ 66.49 6.38 5.77 และ 7.41 ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากเมล็ดลำไยด้วยน้ำมีร้อยละผลผลิตสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอล การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดพบว่า สารสกัดจากเมล็ดลำไยด้วยเอทานอลมีปริมาณฟีนอลิค (8.98 mg GAE/g DW) สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ (2.83 mg GAE/g DW) เช่นเดียวกับ gallic acid ที่พบในสารสกัดเมล็ดลำไยด้วยเอทานอลและน้ำเท่ากับ 35.47 และ 12.31 mg/g crude extract ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากเมล็ดลำไยที่สกัดด้วยเอทานอลมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดจากเมล็ดลำไยที่สกัดด้วยน้ำเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ ABTS สำหรับการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยวิธี TLC พบว่า สารสกัดเมล็ดลำไยด้วยเอทานอลพบ saponins, flavonoids และ terpenoids ในขณะที่การสกัดด้วยน้ำพบเฉพาะ terpenoids

คำสำคัญ: เมล็ดลำไย สารประกอบฟีนอลิค gallic acid สารต้านอนุมูลอิสระ

Introduction

Longan, a subtropical fruit widely grown in Thailand, is a rich source of antioxidant polyphenic compounds, mostly gallic acid. Dried longan seeds contain large amounts of antioxidant polyphenols (Panyathep *et al*., 2013). Generally, the flesh is most popular for consumption fresh and in processed products such as canned longan in syrup or dried longan (Rangkadilok *et al*., 2005). While the seeds account for 17% of the fresh weight of whole fruits, these are usually discarded as a waste or burned as fuel (Panyathep *et al*., 2013). A previous study demonstrated that the aqueous extract of longan contained high levels of polyphenolic compounds such as corilagin, gallic acid, and ellagic acid. The content of these polyphenolics was dependent upon cultivars and plant tissues. Several studies have indicated that gallic acid have important health benefits.

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

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

[2] หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 228-228/1-3 แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700

[2] Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, 228-228/1-3 Bangbamru, Bangplat, Bangkok 10700

Gallic acid possesses anti-cancer properties via anti-proliferation such as leukaemia, prostate, colon and lung cancer cell. It is of great interest to find a suitable method to extract these bioactive compounds from longan seed with higher extraction yields (Prasad *et al.*, 2010). However, there is limited information on the pharmacological studies of longan and especially for the commonly prepared extracts used in herbal medicine. Moreover, there are a few studies on antioxidant activity of longan extracts. Therefore, the present study, longan seeds were extracted with water and ethanol. The phenolics contents were evaluated and the free radicals scavenging and bioactive compounds of these two extracts were also monitored.

Materials and Methods

Sample preparation

The 'Edor' longan fruit were collected from Chiang Rai province. The seeds were separated, dried (60°C, 24 hours), grinded to powder and kept at –20°C until used.

Extraction

The 10 g of dried seed powder was extracted with 100 mL of 95% ethanol with ratio of 1:10 (sample: solvent, w/v) by shaking extraction (at 150 rpm, room temperature for 4 hours). The supernatants were filtered through filter paper Whatman no. 1, vacuum evaporated and kept at -20°C until used.

Proximate analysis of longan seeds

The grinded seed powder was analyzed the moisture, ash, crude protein, crude oil, crude fiber and ash with the standard methods of AOAC (2000).

Determination of extraction yield

Extraction yield was calculated following the equivalent of %yield = (weight of extract/weight of dried sample) x 100.

Determination of bioactive compounds

Phenolic contents were carried out according to Folin-Ciocalteu's reagent method with slightly modifications from Singleton and Rossi (1965). The 20 μL of extracts (1 mg/mL) were mixed with 100 μL of Folin's reagent and incubated for a minute before added 80 μL of 7.5% (w/v) Na_2CO_3. The reaction was left for 30 min at an ambient temperature and spectrometry measurement at 765 nm. Extractable phenolic content was reported as mg of gallic acid/g of dried sample (mg GAE/g DW).

Determination of antioxidant activities

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity

The DPPH scavenging activity of longan extract was assayed according to Thaipong *et al.* (2006) with some modifications. The 10 μL of extracts (1 mg/mL) were mixed with 190 μL of 0.1 mM DPPH solution. The mixture was incubated for 30 min in the dark chamber and measured at 515 nm. The result expressed as the concentration of extract which inhibited DPPH by 50% (IC_{50}) (mg/mL).

2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothialine-6-sulfonic acid) (ABTS) scavenging activity

The $ABTS^+$ scavenging activity of longan extract was assayed by Thaipong *et al*. (2006). The 10 μl of extracts (1 mg/mL) were mixed with 190 μL of 7.0 mM $ABTS^+$ solution (ABTS) solution was oxidized with 2.45 mM $K_2S_2O_8$ and incubated for 15 h in the dark room). The mixture was incubated for 15 min in the dark chamber and measured at 734 nm. The result expressed as the concentration of extract which inhibited $ABTS^+$ by 50% (IC_{50}) (mg/mL).

Identification of bioactive compounds by thin layer chromatography (TLC)

Aqueous and ethanolic extracts were identified the main bioactive compounds consisted in forms of saponins, flavonoids, and terpenoids by TLC. TLC was performed on 0.2 mm thickness pre-coated silica gel plates. TLC60F254 (20cm×20 cm) were used for the qualification of the main bioactive compounds, using the method of Sharma *et al.* (2012), Eljan *et al.* (2008), and Hajnos (2008), respectively.

Results and Discussion

The chemical component of longan seed is shown in Table 1. Longan seed contained large amounts of carbohydrate (66.49%), followed by moisture (12.22%), fiber (7.41%), protein (6.38%), fat (5.77%), and ash (1.72%). A comparative analysis of extraction yield and total phenolic content of longan seed using water and ethanol extraction is presented in Table 2. Results showed that the yield of longan seeds extracted with water (9.36%) was higher than ethanolic extract (4.78%). Total phenolics of ethanolic extracts (8.98 mg GAE/g DW) were greater than water extracts (2.83 mg GAE/g DW). Gallic acid is the major phenolic compounds present in dried longan seed extract. The contents of gallic acid in longan seeds depended on the methods of extraction (Table 2). HPLC analysis determined that the crude water extract contained the small amount (12.31 mg/g crude extract) of these compounds, which were increased by the ethanol extract (35.47 mg/g crude extract) (Figure 1). In addition, the ethanolic longan seed extract had a higher antioxidant activity analyzed by DPPH and ABTS radical scavenging method with 0.07 and 0.19 mM TE/g DW, respectively than water extracts with 0.02 and 0.06 mM TE/g DW (Table 2). Qualitative analysis of bioactive compounds by TLC method showed that saponins, flavonoids, and terpenoids were major bioactive compounds found in longan seed extracted with ethanol, while terpenoids were only bioactive compounds found in longan seed extracted with water (Table 2). Since these properties are associated with anti-cancer effects, dried longan seeds could be a novel natural source for compounds used in chemoprevention and chemotherapy (Panyathep *et al*., 2013).

Summary

These results indicated that ethanolic longan seed extract possessed higher phenolic contents and exhibited stronger antioxidant activities than water longan seed extract. This study also gave a strong impact for expanding the investigation of gallic acid and bioactive compounds extracted with ethanol from longan seed and making the use of the extract from ethanol as a substitute antioxidant in the food, cosmetic, and pharmaceutical industry.

Acknowledgments

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University (NRU) Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Literature cited

AOAC, 2000, Association of Official Analytical Chemists. 17th Edn., Official Method of Analysis, Washington D.C., USA.

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

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

Panyathep, A., Chewonarin, T., Taneyhill, K. and Vinitketkumnuen, U., 2013, Antioxidant and anti-matrix metalloproteinases activities of dried longan (*Euphoria longana*) seed extract, ScienceAsia, 39: 12-18.

Prasad, K.N., Yang, B., Shi, J., Yu, C., Zhao, M., Xue, S. and Jiang, Y., 2010, Enhanced antioxidant and antityrosinase activities of longan fruit pericarp by ultra-high-pressure-assisted extraction, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 51: 471-477.

Rangkadilok, N., Worasuttayangkurn, L., Bennett, R.N. and Satayavivad, J., 2005, Identification and quantification of polyphenolic compounds in longan (*Euphoria longana* Lam.) fruit, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1387-1392.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Zevallos, L.C. and Byrne, D.H., 2006, Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis 19(6–7): 669-675.

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

Table 1 Proximate composition of Longan seeds (%).

Parameter	Longan seeds (%)
Moisture	12.22
Fat	5.77
Ash	1.72
Fiber	7.41
Protein	6.38
Carbohydrate	66.49

Table 2 The extraction yield, extractable phenolic and qualitative analysis of bioactive compounds of longan seed extracts.

Solvents	Yield (%)	Total phenolic (mg GAE/g DW)	Gallic acid (mg/g crude extract)	DPPH (mM TE/ g DW)	ABTS (mMTE/ g DW)	Saponins	Flavonoids	Terpienes
Ethanol	4.78	8.98	35.47	0.07	0.19	+	+	+
Water	9.36	2.83	12.31	0.02	0.06	-	-	+

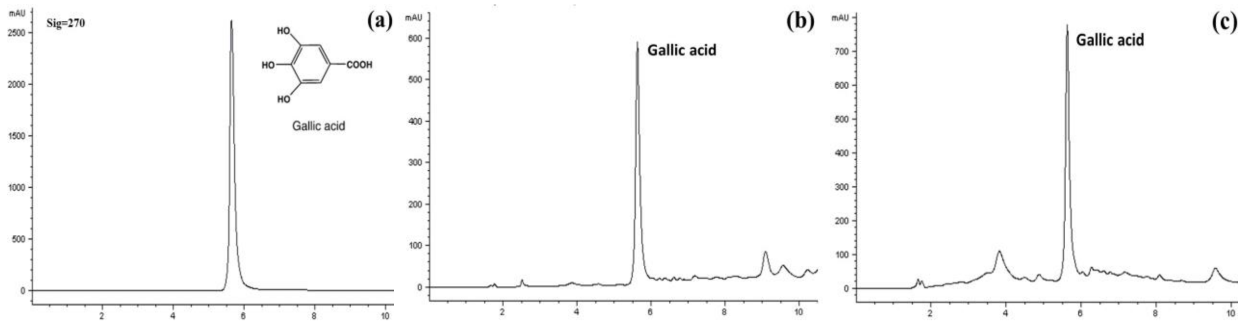


Figure 1 HPLC chromatograms (detected at 270 nm) of gallic acid (a), water extract of longan seed (b) and ethanol extract of longan seed (c).

การลดความขมในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูด

Reduction of Bitterness in Kaffir Lime Marmalade Product

ศรัญญา วอขวา[1] กษมา ชารีโคตร[1] ปัทมาภรณ์ พวกพระลับ[1] และ อธิปพงศ์ ตนสุวรรณชัย[1]

Workhwa, S.[1], Chareekhot, K.[1], Poukpralab, P.[1] and Rattanasuwanchai, A.[1]

Abstract

This study was conducted to determine the effects of salt in reducing bitterness of Kaffir-lime marmalade product. The treatments were 1) untreated Kaffir-lime peel (control), 2) Kaffir-lime peel was squeezed with salt 5% for 15 min 3 times, 3) Kaffir-lime was boiled for 2 min before squeezed with 5% salt for 15 minutes, 4) Kaffir-lime peel was soaked into 5% salt solution for 2 hr and boiled before squeezed with 5% salt for 15 min, and 5) Kaffir-lime was soaked into 5% salt solution for 2 hr. Results showed that squeezed kaffir-lime peel with 5% salt for 15 min 3 times before mixing sugar: peel: water at ratio; 41.84: 4.18: 48.82 respectively, and kept at 10 degree Celsius for a day, could reduce the bitterness more than the other treatments. Color L*, a* and b* of the optimum treatment was 42.97, -1.94 and 19.64, respectively. The pH, TA and TSS were 2.56, 0.50%, 62.00°Brix, whereas bitterness taste and overall acceptant scores were 4.67 and 5.13 respectively.

Keywords: marmalade, Kaffir lime, bitterness

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของเกลือต่อการลดความขมของเปลือกมะกรูดที่ใช้ในการผลิตมาร์มาเลด โดยมี 5 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ไม่ผ่านกระบวนการลดความขม (ควบคุม), กรรมวิธีคั้นผิวมะกรูดด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา 15 นาที 3 ครั้ง, กรรมวิธีต้มผิวมะกรูดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วคั้นเปลือกด้วยเกลือเป็นเวลา 15 นาที, กรรมวิธีแช่น้ำเกลือ 5% เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต้มผิวมะกรูดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แล้วคั้นเปลือกด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา 15 นาที และกรรมวิธีแช่น้ำเกลือ 2 ชั่วโมง พบว่ากรรมวิธีที่คั้นเปลือกด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา 15 นาที 3 ครั้ง แล้วนำเปลือกมะกรูดมาเชื่อมด้วยน้ำตาลซูโครสในสัดส่วนผิวมะกรูด 4.18 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 41.84 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 48.82 เปอร์เซ็นต์ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ช่วยลดความขมในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดได้มากที่สุด และค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 42.97, -1.94 และ 19.64 มีพีเอชเท่ากับ 2.56 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เท่ากับ 0.5% ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 62.00 องศาบริกซ์ คะแนนด้านรสชาติขม เท่ากับ 4.67 และได้รับคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 5.13

คำสำคัญ: มาร์มาเลด มะกรูด ความขม

คำนำ

มาร์มาเลด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากผลไม้ตระกูลส้ม อาจมีเนื้อผลไม้หรือไม่มีก็ได้ผสมกับเปลือกหรือเนื้อผลไม้ชิ้นบางๆ และสารที่ให้ความหวานทำให้มีความข้นหนืดพอเหมาะ กรณีที่จากผลไม้ชนิดอื่นให้ระบุชื่อของผลไม้ชนิดนั้นไว้หลังคำว่ามาร์มาเลด (มอก. 263, 2521) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 (2543) ซึ่งมะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) เป็นผลไม้ตระกูลส้มชนิดหนึ่ง มีผิวขรุขระ มีรสเปรี้ยว หอมฉุน ผิวและใบมีกลิ่นหอมฉุน ใช้แต่ง กลิ่นและรสอาหาร ใช้ทำยาได้ ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และ ผิวของมะกรูดสามารถช่วยแก้อาการนอนไม่หลับได้ นิยมใช้ใบมะกรูดและผิวมะกรูดเป็นส่วนหนึ่งของ เครื่องปรุงอาหารหลายชนิด (สุรีรัตน์, 2556) ในงานวิจัยเห็นถึงประโยชน์และสรรพคุณของมะกรูด โดยบริเวณส่วนเปลือกของมะกรูด แบ่งเป็น 2 ชั้น คือ Flavedo และ Albedo จึงได้นำผิวมะกรูดเอาเฉพาะส่วน (Flavedo) มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มาร์มาเลด แต่บริเวณผิวมะกรูด (Albedo) ของผลมะกรูดมีรสขม ซึ่งเกิดจากสารประกอบลิโมนอยด์ เช่น ลิโมนิน ซึ่งเป็นสารหลักที่ให้รสขมในผลไม้ตระกูลส้ม (ญาณินสิริ, 2547) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาวิธีการปริมาณเกลือที่ใช้ลดความขมในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูด

---

[1] **สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000**

[1] Department of Food science and Technology, Faculty of Technology, UdonThaniRajabhat University 64 Thaharn Road, Muang, UdonThani 41000

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่าง

เตรียมผิวมะกรูดโดยการปอกผิวมะกรูดบางๆ โดยไม่เอาส่วนที่เป็นเยื่อสีขาว นำไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เป็นเส้น จากนั้นนำไปศึกษากรรมวิธีลดความขมของผิวมะกรูดด้วยเกลือ ก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูด โดยมี 5 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ไม่ผ่านกระบวนการลดความขม (ควบคุม), กรรมวิธีคั้นผิวมะกรูดด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา 15 นาที 3 ครั้ง, กรรมวิธีต้มผิวมะกรูดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาทีแล้วคั้นเปลือกด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา 15 นาที, กรรมวิธีแช่น้ำเกลือ 5% เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต้มผิวมะกรูดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แล้วคั้นเปลือกด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา 15 นาที และกรรมวิธีแช่น้ำเกลือ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำผิวมะกรูดเชื่อมมาเคี่ยวเข้ากับน้ำ น้ำตาล เพคติน เกลือ และน้ำมะกรูด ให้ความร้อนที่ 90 –100 องศาเซลเซียส เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มาร์มาเลด

การวิเคราะห์คุณภาพ

ศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูดภายหลังบรรจุขวดแก้วที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC, 2000)
2. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC, 2000)
3. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ (AOAC, 2000)
4. วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี วัดด้วยระบบ Hunter ค่าที่วัด ได้แก่ ค่า L* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง

วัตถุมีความสว่างสีดำ, 100 หมายถึง วัตถุมีความสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีออกแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีออกเขียว) และ b* (+ หมายถึงวัตถุมีสีออกเหลือง, - หมายถึงวัตถุมีสีออกสีน้ำเงิน) โดยทำการวัด 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test

ศึกษาการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูด ทดสอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ (ความขม) เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ 7-point hedonic scale กับผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูด โดยศึกษากรรมวิธีลดความขมผิวมะกรูดด้วยเกลือในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลด ทั้ง 5 กรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีการที่ 2 คือคั้นผิวมะกรูดด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา15 นาที 3 ครั้ง พบว่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูด (Table 2) โดยวิเคราะห์คุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส รสชาติ(ความขม) เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดที่ผ่านกรรมวิธีลดความขมทั้ง 5 กรรมวิธี พบว่า คะแนนความชอบคุณลักษณะทางด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณลักษณะทางด้านกลิ่นพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สารให้กลิ่นรสจะมีปริมาณน้อยลงหรือหายไปเมื่อถูกแปรรูปด้วยความร้อนสูง (Hirasa and Takemasa, 1998) ทั้งนี้ในเปลือกของผลไม้ตระกูลส้มจะมีต่อมน้ำมันซึ่งจะมีสารลิโมนินที่ระเหยได้ (Volatile) (วาสนา คากวน และคณะ, 2005) ซึ่งให้กลิ่นเฉพาะในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดผิวมะกรูด เมื่อได้รับความร้อนและกรรมวิธีลดความขมด้วยวิธีคั้นด้วยเกลือหรือนำไปต้ม ส่งผลทำให้ต่อมน้ำมันเกิดรอยแตก เกิดการระเหยของน้ำมันทำให้ได้กลิ่นเฉพาะของมะกรูด การใช้ความร้อนทำให้น้ำมันหอมระเหยระเหยได้มากขึ้น (Kefford และ Chandler, 1970) ถ้าเคี่ยวมาร์มาเลดเป็นเวลานานจะส่งผลให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดลดลง และพบว่าคะแนนความชอบด้านสี เท่ากับ 6.00 คะแนน ความชอบด้านกลิ่นรส เท่ากับ 5.00 คะแนน ความชอบด้านรสชาติ เท่ากับ 4.67 คะแนน ความชอบด้านเนื้อสัมผัส เท่ากับ 5.13 และคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 5.13 ซึ่งเป็นสูตรที่ได้รับยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และจากวิธีการที่คั้นผิวมะกรูดด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา15 นาที 3 ครั้ง จากกระบวนแปรรูปมาร์มาเลด เกลือที่อยู่ในผิวมะกรูดมีผลต่อรสชาติ

โดยมีรสชาติเค็มเพิ่มขึ้นตัดกับความขม และไม่ใช้ในส่วนที่มีสีขาว (albedo) คือส่วนของเปลือกผลชั้นกลางของผลไม้ตระกูลส้มมีสารกลุ่ม flavonoids ซึ่งเป็นสารที่ให้รสขมในการทำผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดจากผิวมะกรูด

ค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดมีค่ามากที่สุด และค่า a* ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 5 กรรมวิธี และในกรรมวิธีที่ 2 มีค่ามากที่สุด มีค่า a* เท่ากับ -1.94 ทั้งนี้เนื่องจากผิวมะกรูดนั้นมีรงควัตถุสีเขียวที่มีชื่อเรียกว่า คลอโรฟิลด์ เมื่อคลอโรฟิลด์ได้ทำปฏิกิริยากับเกลือจะทำให้คลอโรฟิลด์มีสีขียวสดกว่าเดิม เพราะว่า โซเดียมจากเกลือจะเข้าไปแทนที่ธาตุแมกนีเซียมที่หลุดออกไปทำให้คลอโรฟิลด์กลายเป็นคลอโรฟิลลิน (chlorophylin) ซึ่งทำให้สารคลอโรฟิลด์มีสีเขียวมากกว่าเดิม เมื่อได้รับความร้อนจากการเคี่ยวในอุณหภูมิที่สูงๆ จะทำให้คลอโรฟิลด์เปลี่ยนไปเป็นฟีโอไฟตินที่มีสีเขียวอมเหลืองหรือเป็นสีขียวมะกอก (Gordon, 1985) ดังนั้นในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดผิวมะกรูดที่ลดความขมด้วยกรรมวิธีที่ 2 คั้นผิวมะกรูดด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา 15 นาที 3 ครั้ง กรรมวิธีที่ 2 ใช้เกลือกับผิวมะกรูดมากกว่าสูตรอื่นอาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าสีเขียวมากกว่าสูตรอื่นๆ

ค่า b* ของมาร์มาเลดที่ใช้ลดความขมทั้ง 5 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ ($p<0.05$) กรรมวิธีที่ 2 คือทาร์มาเลดที่ผ่านการลดความขมโดยวิธีคั้นเปลือกกับเกลือเป็นเวลา 15 นาที 3 ครั้ง มีค่าสีเหลืองมากที่สุด คือ เท่ากับ 19.64 จากการทดลองพบว่าเมื่อนำผิวมะกรูดที่มีสีเขียวไปต้มสีของผิวมะกรูดจะเปลี่ยนสีเขียวสดเป็นเขียวอมเหลืองหรือเหลืองน้ำตาล หรือจากสารคลอโรฟิลด์เปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน ซึ่งในผิวมะกรูดนั้นมีรงควัตถุสีเขียวที่เรียกว่า คลอโรฟิลด์ เมื่อคลอโรฟิลด์ผ่านการให้ความร้อนในอุณหภูมิที่สูงๆ จะทำให้คลอโรฟิลด์เปลี่ยนไปเป็นฟีโอไฟตินที่มีสีเขียวอมเหลือง และในกระบวนการเคี่ยวมาร์มาเลดด้วยความร้อนมีผลต่อการเกิดสีของเจลที่เกิดขึ้นจากน้ำตาล (อรทัย, 2533) จึงทำให้มาร์มาเลดออกไปทางสีเหลือง ซึ่งรงควัตถุที่มีในพืชตระกูลส้มจะมีแคโรทีนและแซนโทฟลล (Braverman, 1948)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดได้อยู่ในช่วง 2.52 ถึง 2.70 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p>0.05$) และมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ 2.8-3.5 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดเจลได้ (ญาณินสิริ, 2547) ผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดผิวมะกรูดที่ได้มีลักษณะเป็นเจลและไม่เหลวจนเกินไป และในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดเติมน้ำมะกรูดในปริมาณที่เท่ากันทุกสูตร พบว่า ค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid : TSS) พบว่ามีค่า 56.43 ถึง 62.00 องศาบริกซ์ กรรมวิธีการทำมาร์มาเลดผิวมะกรูดใช้ปริมาณน้ำตาลซูโครส เกลือ เพกตินในปริมาณที่เท่ากัน แต่ในขั้นตอนการลดความขมที่ต่างกันนั้นใช้ปริมาณเกลือที่ต่างกัน ซึ่งมาร์มาเลดผิวมะกรูดที่มีกรรมวิธีที่ 2 ลดความขมโดยคั้นผิวมะกรูดด้วยเกลือ 5% เป็นเวลา15 นาที 3 ซึ่งจะใช้ปริมาณเกลือในการช่วยลดความขมมากที่สุด อาจเป็นสาเหตุทำให้มาร์มาเลดที่ผ่านกรรมวิธีลดความขมกรรมวิธีที่ 2 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าสูตรอื่นๆ

สรุปผล

จากการศึกษากรรมวิธีที่ลดความขมในผิวมะกรูดเพื่อใช้ในการทำมาร์มาเลดผิวมะกรูดโดยใช้เกลือ พบว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดมะกรูด กรรมวิธีการที่ 2 คือคั้นผิวมะกรูดด้วยเกลือเป็นเวลา 15 นาที 3 ครั้ง ซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 14.99 ค่า a* เท่ากับ -1.94 และค่า b* เท่ากับ 19.64 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.56 ค่าการไทเทรตกรดซิตริก เท่ากับ 0.50 มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 62.00 องศาบริกซ์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสได้รับคะแนนความชอบด้านสี เท่ากับ 6.00 ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส เท่ากับ 5.00 ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติ เท่ากับ 4.67 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส เท่ากับ 5.13 และได้รับคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 5.13 เป็นสูตรที่ได้รับยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และจากวิธีการที่คั้นผิวมะกรูดด้วยเกลือเป็นเวลา 15 นาที 3 ครั้ง จะสามารถลดความขมของผิวมะกรูดที่ใช้ในผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดมะกรูดได้

เอกสารอ้างอิง

ญาณินสิริ ถิ่นนคร, 2547, การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดส้มโอพลังงานต่ำ, ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาสนา คำกวน สิริพัชร์ สุธีรภัทรานนท์ และ จันทรารักษ์ โตวรานนท์, 2005, ปริมาณลิโมนินในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากผิวของพืชสกุลส้มบางชนิด, วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัแม่ฟ้าหลวง

อรทัย ศิลปะนภาพร, 2533, การพัฒนาแยมสับปะรดเพื่อให้ได้มาตรฐานในอุตสาหกรรม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International v.1.17 thed. Horwitz, (Ed) AOAC INTERNATIONAL, U.S.A. Braverman, J.B.S. 1948, Citrus Products, Interscience Publishers, New York.

Gordon, L. R., 1985, Changes in the Chlorophyll and Pheophytin Concentrations of Kiwifruit During Processing and Storage Original Research Article, Food Chemistry, 17 (1): 25-32.

Hirasa, K., and Takemasa, M., 1998, Spice Science and Technology. Marcel Dekker,Inc., New York.

Kefford, J.F., and Chandler, B.V., 1970, The chemical Constituents of Citrus fruits, Academic Press, New York.

Table 1 Physical and chemical properties of Kaffir Lime Marmalade Products after treating Kaffir Lime flavedo with salt.

Treatment	L* (NS)	a* (NS)	b* (NS)	pH	TA (%)	TSS (°brix) NS
1	27.07 ± 2.58	-3.48 ± 0.06	13.06 ± 3.04	2.70 ± 0.01	0.50 ± 0.01	60.33 ± 0.58
2	42.97 ± 0.58	-1.94 ± 0.16	19.64 ± 0.87	2.56 ± 0.02	0.50 ± 0.01	62.00 ± 0.00
3	29.87 ± 1.15	-2.84 ± 0.02	10.34 ± 0.58	2.59 ± 0.02	0.50 ± 0.03	57.07 ± 0.42
4	30.05 ± 1.20	-2.54 ± 0.07	11.77 ± 0.98	2.52 ± 0.01	0.50 ± 0.05	58.67 ± 0.58
5	23.79 ± 0.72	-2.75 ± 0.18	13.08 ± 0.74	2.56 ± 0.01	0.60 ± 0.35	56.43 ± 0.12

a,b,c… within columns represent significant difference ($p \leq 0.05$)

NS in the same column is indicated non-signification ($p > 0.05$)

Table 2 Sensory evaluation of Kaffir Lime Marmalade Products after treating Kaffir Lime flavedo with salt.

Treatment	Attributes				
	Color	Flavor (NS)	Taste (Bitterness)	Texture	Overall acceptance
1	6.07 ± 0.80	5.47 ± 1.36	5.93 ± 1.53	5.93 ± 0.96	6.07 ± 0.89
2	6.00 ± 1.31	5.00 ± 1.70	4.67 ± 1.54	5.13 ± 1.55	5.13 ± 1.00
3	4.86 ± 1.64	4.33 ± 2.70	5.33 ± 2.06	4.73 ± 1.62	5.00 ± 1.96
4	4.73 ± 1.75	4.40 ± 1.18	5.67 ± 0.72	5.40 ± 0.99	5.40 ± 0.74
5	5.47 ± 1.30	4.40 ± 1.35	4.93 ± 1.39	5.33 ± 1.35	5.00 ± 1.20

a,b,c… within columns represent significant difference ($p \leq 0.05$)

NS in the same column is indicated non-signification ($p > 0.05$)

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิวของน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย เสม็ดขาวและไพล

Study of Antioxidant and Anti-acne Inducing Bacterial Activities of Cinnamon, Cajuput and Plai Essential Oils

ชญานี วงศ์แหลมทอง[1] รัตนา อินทรานุปรณ์[1] ไตรวิทย์ รัตนโรจน์พงศ์[2] และ ปารภัทร โศภารักษ์[1]

Wonglamthong, C.[1], Indranupakorn, R.[1], Rattanarojpong, T.[2] and Sobharaksha, P.[1]

Abstract

The aim of this study was to investigate antioxidant and anti-bacterial (caused acne) of cinnamon *(Cinnamomum burmannii)*, cajuput (*Melaleuca leucadendron*), and plai (*Zingiber cassumunar* Roxb) oils. The mixture of cinnamon and plai oils (1:1 by volume) showed the highest antioxidant activities, which its IC_{50} values by 2,2-diphenhydramine-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging assays, were 41.16±1.02 and 21.08±0.62 µg/mL, respectively. Moreover, the mixture of cinnamon and cajuput oils was particularly effective against *Staphylococcus epidermidis* ATCC 14990 and *Propionibacterium acnes* DMST 14916 which the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) values were 1.024 and 0.512 mg/mL, respectively.

Keywords: essential oil, antioxidant activity, anti-acne inducing bacteria activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิวจากน้ำมันหอมระเหยแบบเดี่ยวและแบบผสม ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยอบเชย*(Cinnamomum burmannii)* เสม็ดขาว *(Melaleuca leucadendron)* และไพล *(Zingibercassumunar Roxb)* โดยน้ำมันหอมระเหยแบบผสมระหว่างอบเชยและไพล (อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด และมีค่า IC_{50} ของวิธี 2,2-diphenhydramine-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothizoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging เท่ากับ 41.16±1.02 และ 21.08±0.62 µg/mL ตามลำดับ อีกทั้งพบว่าน้ำมันหอมระเหยแบบผสมระหว่างอบเชยและเสม็ดขาวมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว *Staphylococcus epidermidis* ATCC14990 และ *Propionibacterium acnes* DMST14916 ได้ดีที่สุด โดยมีค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ (MIC) และค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ (MBC) ต่อเชื้อแต่ละชนิดเท่ากันที่ 1.024 และ 0.512 mg/mL ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิว

คำนำ

ปัจจุบันสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระถูกนำมาศึกษาเป็นลำดับแรกๆ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางชะลอความแก่ (รัตนา, 2550) หากสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าว มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิวด้วย อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ทดแทนยาแผนปัจจุบันที่มักมีราคาแพง และมีผลข้างเคียงสูงได้ (Ellen, 2009) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่หาง่ายและมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิว ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย (*Cinnamomum burmannii*) น้ำมันหอมระเหยจากเสม็ดขาว (*Melaleuca leucadendron*) และน้ำมันหอมระเหยจากไพล (*Zingiber cassumunar Roxb*) (พิมพร, 2545) ที่มีสารสำคัญ ได้แก่ cinnamaldehyde, eucalyptol, limonene, terponeol, pinene, sabinene และ curcumin (Mariam และคณะ, 2013; Christop และคณะ, 2000) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้ พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญ

---

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540

[1] Faculty of Pharmaceutical Sciences, Huachiew Chalermprakiet University,18/18 Bang na-Trad Rd, Bangplee District, Samutprakan 10540

[2] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[2] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd., Thung Khru, Bangkok 10140

ของเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เนื่องจากมีความสามารถในการทำลายผนังเซลล์ (cell wall) ของแบคทีเรีย และมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีประโยชน์มากทางด้านเครื่องสำอาง โดยงานวิจัยทำการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิว 2 ชนิด คือ *Staphylococcus epidermidis* และ *Propionibacterium acnes* ซึ่งเป็นแบคทีเรียในกลุ่มแกรมบวก รวมทั้งศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยทั้งชนิดเดียวและน้ำมันหอมระเหยที่ผสม 2 ชนิดในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร โดยมีงานวิจัยที่มีการศึกษาน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิดนำมาผสมกันเพื่อฆ่าเชื้อรา พบว่า น้ำมันหอมระเหย 2 ชนิดที่ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยชนิดเดียว (Atanda และคณะ, 2007) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาน้ำมันหอมระเหยแบบผสมกัน 2 ชนิด เพื่อศึกษาการเสริมฤทธิ์กันของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาสิว เพื่อช่วยลดต้นทุนการใช้ยาปฏิชีวนะและลดปัญหาผลข้างเคียงจากการใช้ยาสังเคราะห์ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้มีการปลูกพืชสมุนไพรเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับประชากรในประเทศ และมีส่วนในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชสมุนไพรที่ใช้ศึกษา

น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย เสม็ดขาวและไพล จากบริษัท Botanic essence ซึ่งสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) โดยเตรียมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย เสม็ดขาว ไพล และน้ำมันหอมแบบผสมจากน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิด คือ อบเชยผสมเสม็ดขาว อบเชยผสมไพล เสม็ดขาวผสมไพล (อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร) เพื่อใช้ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิว

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ คือ *S. epidermidis* ATCC 14990 และ *P. acnes* DMST 14916 จากกรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เตรียมให้มีความเข้มข้นเริ่มต้น เท่ากับ 1×10^6 CFU/mL ดัดแปลงจากวิธีของ (Scott, 2006) โดยปรับความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ให้เท่ากับ McFarland standard เบอร์ 0.5

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH radical scavenging assay

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH radical scavenging assay ดัดแปลงจากวิธีของ (Fatma และคณะ, 2013) โดยวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm นำมาคำนวณหาค่า % Inhibition เพื่อสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % Inhibition กับความเข้มข้น รายงานผลเป็นค่า IC_{50} โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับ L-ascorbic acid ซึ่งเป็นตัวควบคุมบวก (positive control)

2) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย ABTS radical scavenging assay

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดย ABTS radical scavenging assay ดัดแปลงจากวิธีของ (Li และคณะ, 2013) โดยวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm รายงานผลเป็นค่า IC_{50} โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับ L-ascorbic acid ซึ่งเป็นตัวควบคุมบวก (positive control)

การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิว

1) การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (MIC) ของน้ำมันหอมระเหย

ดัดแปลงจากวิธีของ (Da Silva และคณะ, 2010) เตรียมหลอดทดลอง 10 หลอด ดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ MHB สำหรับเชื้อ *S. epidermidis* และ TSB สำหรับเชื้อ *P. acne*ใส่ลงในหลอดที่ 1-9 หลอดละ 1 mL ดูดน้ำมันหอมระเหยที่ต้องการศึกษาลงในหลอดที่ 1 ปริมาณ 1 mL ทำการเจือจางส่วนผสมในหลอดที่ 1 ถึงหลอดที่ 9 แบบ serial two-fold โดยหลอดที่ 10 เป็นหลอดควบคุม (Control) ซึ่งจะมีแต่อาหารเลี้ยงเชื้อและเชื้อจุลินทรีย์ภายในหลอด จากนั้นเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการทดสอบลงไปในทุกหลอดทดลอง หลอดละ 1 mL นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับ *S. epidermidis* และ 72 ชั่วโมง ในสภาวะไร้อากาศ (ปิดทับด้วย paraffin oil และบ่มใน anaerobic jar) สำหรับ *P. acnes* สังเกตและบันทึกผลการทดสอบ

2) การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (MBC) ของน้ำมันหอมระเหย

จากการทดลองหาค่า MIC สามารถนำมาหาค่า MBC ด้วยวิธี Agar dilution technique นำหลอดที่ไม่มีความขุ่นจากการทดสอบหาค่า MIC มาเกลี่ย (Spread plate) ลงบนอาหาร MHA และ TSA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C สังเกตและบันทึกผลการทดสอบ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH และ ABTS radical scavenging assays ของน้ำมันหอมระเหยแบบเดี่ยวและแบบผสม

น้ำมันหอมระเหยแบบเดี่ยวที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดคือ น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย รองลงมา คือ น้ำมันหอมระเหยจากไพล โดยมีค่า IC_{50} จากการต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ เท่ากับ 45.72±1.69 และ 230.95±2.02 µg/mL ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet+}$ มีค่าเท่ากับ 27.25±0.94 และ 106.83±1.26 µg/mL ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยแบบผสมจากอบเชยและไพล มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ ได้ดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 41.16±1.02 และ 21.08±0.62 µg/mL ซึ่งใกล้เคียงกับค่า IC_{50} ของ L-ascorbic acid (Positive Control) เท่ากับ 37.33± 0.60 และ 24.43 ±0.68 µg/mL ตามลำดับ (Table 1) จากการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) พบว่า น้ำมันหอมระเหยแบบผสมจากอบเชยและไพลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ไม่แตกต่างกับน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย แต่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพล อาจเนื่องจาก cinnamaldehyde ซึ่งเป็นสารสำคัญในอบเชยและ cassumunarin A, B และ C สารสำคัญในไพล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (พรรณี, 2550; Akiko และคณะ, 1994)

Table 1 The DPPH scavenging activity and ABTS scavenging activity in individual and blended essential oils

Essential oil	DPPH assay (µg/mL) IC_{50} (%v/v)	ABTS assay (µg/mL) IC_{50} (%v/v)
Cinnamon (*C. burmannii*)	45.72±1.69 [a]	27.25±0.94 [a]
Cajuput (*M. leucadendron*)	602.30±3.46 [e]	397.97±3.22 [e]
Plai oil (*Z. cassumunar Roxb*)	230.95±2.02 [b]	106.83±1.26 [b]
Cinnamon (*C. burmannii*) and Cajuput (*M. leucadendron*)	415.79±3.90 [c]	269.93±3.47 [c]
Cinnamon (*C. burmannii*) and Plai oil (*Z. cassumunar Roxb*)	41.16±1.02 [a]	21.08±0.62 [a]
Cajuput (*M. leucadendron*) and Plai oil (*Z. cassumunar Roxb*)	501.40±3.33 [d]	313.42±2.49 [d]

* The different letters in the same column showed the significant difference ($p< 0.05$)

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (MBC) ของน้ำมันหอมระเหยแบบเดี่ยวและแบบผสม

พบว่า น้ำมันหอมระเหยแบบเดี่ยวที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อที่ก่อให้เกิดสิวได้ดีที่สุด คือ น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย โดยมีค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อ *S. epidermidis* ATCC 14990 เท่ากับ 2.048 mg/mL และต่อเชื้อ *P. acnes* DMST 14916เท่ากับ 1.024 mg/mL รองลงมา คือ น้ำมันหอมระเหยจากเสม็ดขาว มีค่า MIC และ MBC เท่ากันต่อเชื้อ *S. epidermidis* ATCC 14990 เท่ากับ 4.096 mg/mL และต่อเชื้อ *P. acnes* DMST 14916 เท่ากับ 2.048 mg/mL ส่วนน้ำมันหอมระเหยแบบผสมของอบเชยและเสม็ดขาวมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิวได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC และ MBC เท่ากันต่อเชื้อ *S. epidermidis* ATCC 14990 เท่ากับ 1.024 mg/mL และมีต่อเชื้อ *P. acnes* DMST 14916 เท่ากับ 0.512 mg/mL (Table 2) เนื่องจากสารสำคัญในน้ำมันอบเชย ได้แก่ cinnamondehyde และ eugenol มีความสามารถในการทำลายผนังเซลล์ (cell wall) ของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิว (Mehmet และคณะ, 2010) และน้ำมันเสม็ดขาวมีสารสำคัญ cineole, beta-pinene และ alpha-terpineol ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Christop และคณะ, 2000) ทำให้น้ำมันหอมระเหยแบบผสมของอบเชยและเสม็ดขาวมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิวได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยแบบเดี่ยว

Table 2 The MIC, MBC in individual and blended essential oils

Essential oil	MIC (mg/ml)		MBC (mg/ml)	
	P.acnes	*S.epidermidis*	*P.acnes*	*S.epidermidis*
Cinnamon (*C. burmannii*)	1.024	2.048	1.024	2.048
Cajuput (*M. leucadendron*)	2.048	4.096	2.048	4.096
Plai (*Z. cassumunar Roxb*)	8.192	16.384	16.384	32.768
Cinnamon (*C. burmannii*) and Cajuput (*M. leucadendron*)	0.512	1.024	0.512	1.024
Cinnamon (*C. burmannii*) and Plai (*Z. cassumunar Roxb*)	2.048	4.096	4.096	8.192
Cajuput (*M. leucadendron*) and Plai (*Z. cassumunar Roxb*)	4.096	8.192	8.192	8.192

สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยแบบผสมระหว่างอบเชยและไพล มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด และน้ำมันหอมระเหยแบบผสมระหว่างอบเชยและเสม็ดขาวมีฤทธิ์ในยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว *S. epidermidis* ATCC 14990 และ *P. acnes* DMST 14916 ได้ดีที่สุด ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยแบบผสมจึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิวได้มากกว่าน้ำมันหอมระเหยแบบเดี่ยว ซึ่งเป็นผลจากการเสริมฤทธิ์กันของน้ำมันหอมระเหย จึงช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดเดี่ยวในผลิตภัณฑ์ได้และอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

เอกสารอ้างอิง

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2545, สุคนธบำบัด Aromatherapy, สำนักพิมพ์คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 172 หน้า.

พรรณี เด่นรุ่งเรือง, 2550, ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นวงศ์อบเชย, รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2550, กรุงเทพฯ, หน้า 19-26.

รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2550, การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร (พิมพ์ครั้งที่ 2), สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 215 หน้า.

Atanda, O., Akpan, I., Oluwafemi, F., 2007, The potential of some spice essential oils in the control of *A. parasiticus* CFR 223 and alflatoxin production, ELSEVIER, 18:601-607.

Akiko, J., Toshiya, M., Tom, J., Mabry, 1994, Novel Antioxidants, Cassumunarin A, B, and C, from *Zingiber cassumunar*, Tetrahedron Letters, 35(7): 981-984

Christop F, Keulfers P.m, Stahl B.E, 2000, A Comparative study of the *in vitro* antimicrobial activity of tea tree oil s.l. with special reference to the activity of the beta triketone, Journal of Plant Medicine, 66(6):556-560.

Da Silva, R.F., de Almeida Barros, A.C., Pletsch, M., Argolo, A.C.C.M. and de Araujo, B.S., 2010, Study on the Scavenging and Anti-*Staphylococcus aureus*activities of the Extracts, Fractions and Subfractions of Two *Volvariellavolvacea*Strains, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26(10): 1761-1767.

Ellen E. Rhinard, 2009, Acne, In Applied therapeutics: The clinical use of drugs, 9thedition, Lippincott Williams&Wilkins, 2944 p.

Fatma, A., Sokindra, K. and Shah, K., 2013, Estimation of total phenolic content *in vitro* antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 3:623-627.

Li, S., Li, S.K., Gan, R.Y., Songi, F.L., Kung, L. and Li, H.B., 2013, Antioxidant capacities and total phenolic content of infusions from 233 medicinal plant, Industrial Crops and Products, 51: 289-298.

Mariam, A., Chung, P., Gabriel, A., Nur, N., Mohd, A., Sook, Y., et al., 2013, Safety assessment of standardized methanol extract of *Cinnamomum burmannii*, ELSEVIER, 20:1124-1130

Mehmet, U., Emel, E., Gulhan, V., Hulya, S. and Nilufer, V., 2010, Composition, antimicrobial activity and in vitro cytotoxicity of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* Blum (Lauraceae) Food and Chemical Toxicology, 48:3274-3280.

Scott, S., 2011, Measurement of Microbial Cells by optical density, Journal of validation technology, 17:46-49

Seaton TL, 2009, Acne, In Applied therapeutics: The clinical use of drugs, 9th edition, Koda-Kimble MA et al, editor, Lippincott Williams&Wilkins.

West DP, West LE, Musumeci ML et al., 2011, Acne vulgaris, In Pharmacotherapy, A pathophysiologic approach, 8th edition, Dipiro JT et al. edition, McGraw-Hill, Medical Publishing Division.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหอมเพื่อสุขภาพ
The Development of Khao Hom Beverage for Health

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์[1] และ ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา
Ieowsakulrat, S.[1] and Phongpanya, T.[2]

Abstract

The objective of this study was to develop Khao Homnil beverage for health by using mixed rice: Homnil, Luempua, and Health-rice of UTCC (3 mixed rice) and blended Nata de coco in syrup was added. The Khao-Hom formula was varied at 6, 12, 18 and 24% (w/v), before mixing with the blended Nata de coco in syrup. The best formula from sensory test was selected to develop to Khao Hom-Jeed by added lime juice 6, 7, 8 and 9% (w/v). The sensory test showed that the accepted formula was 6% Khao Hom formula ($p \leq 0.05$). The high rice contents effected to the decrease of L* and a* ($p \leq 0.05$), increase of anthocyanin ($p \leq 0.05$), but no effect on pH value ($p>0.05$). Sensory test of Khao Hom-Jeed formula added 6-9% lime juice (w/v) showed no difference ($p>0.05$). Shelf life of every formula of Khao-Hom and Khao Hom-Jeed in plastic bottle was at least 4 weeks at 5±2ºC.

Keywords: Khao Hom beverage, Khao Homnil, health

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรน้ำข้าว หอมเพื่อสุขภาพ โดยใช้ข้าวผสม ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวลืมผัว และข้าวเพื่อสุขภาพของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (ข้าวผสม 3 ชนิด) และวุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อมปั่น โดยแปรข้าวผสม 6 12 18 และ 24% น้ำหนักต่อปริมาตรก่อนนำมาผสมกับวุ้นน้ำมะพร้าว นำสูตรที่ดีที่สุดจากการประเมินทางประสาทสัมผัสมาพัฒนาสูตรให้เป็นข้าวหอมจี๊ดโดยใช้น้ำมะนาว 6 7 8 และ 9% น้ำหนักต่อปริมาตร ผลการทดลองพบว่า ปริมาณข้าวที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่า pH ($p>0.05$) แต่ค่า L* และ a* ลดลง ($p \leq 0.05$) ปริมาณ แอนโทไซยานินมีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ผลประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า สูตรน้ำข้าวผสม 6% ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าสูตรอื่น ($p \leq 0.05$) เมื่อนำมาพัฒนาสูตรน้ำข้าวหอมจี๊ดพบว่าทั้ง 4 สูตรได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) น้ำข้าวหอมและน้ำข้าวหอมจี๊ดทุกสูตรสามารถเก็บในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 5±2ºC ได้นานอย่างน้อย 4 สัปดาห์

คำสำคัญ: น้ำข้าวหอม ข้าวหอมนิล สุขภาพ

คำนำ

ศูนย์นวัตกรรมและบริการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยได้มีการจำหน่ายข้าวเพื่อสุขภาพที่ประกอบด้วยข้าวหอมนิลจักรพรรดิ์ ข้าวหอมมะลิแดงและข้าวหอมมะลิขาว 105 ซึ่งได้จากผลงานวิจัยของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (ผาณิต และคณะ,2555) ได้วิจัยประโยชน์ของข้าวหลายสายพันธุ์ที่มีในประเทศไทย และมีรายงานเกี่ยวกับข้าวที่มีสีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเข้มมีคุณค่าทางอาหารสูง (อาทิตย์และคณะ, 2551, จรัญจิต และ สุวัฒน์, 2552, ชนากานต์ และคณะ, 2559, FAO, 2016) อีกทั้งความนิยมในการบริโภคข้าวสีเข้ม เช่น ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวลืมผัว มีมากขึ้นเนื่องจากเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ข้าวหอมนิลเป็นข้าวที่เรียวยาว มีสีม่วงเข้ม เมื่อหุงสุกจะเหนียวนุ่มและมีกลิ่นหอม(เกษตรวิรุฬ, 2559) ข้าวหอมนิลจักรพรรดิ์ก็เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดเป็นสีดำเงา และมีคุณค่าทางอาหารสูง ข้าวเหนียวลืมผัวเป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำ เมื่อหุงแล้วจะมีกลิ่นหอม(แนวหน้า,2559) ซึ่งข้าวทั้งสามชนิดเป็นข้าวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง (เกษตรวิรุฬ, 2559; แนวหน้า, 2559; ชนากานต์ และคณะ, 2559) ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็ง ช่วยเสริมให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค จึงมีงานวิจัยเกี่ยวกับการทำเครื่องดื่มจากข้าวหอมนิลหลาย

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok 10400
[2] สาขาวิชาพื้นฐานและบริการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Department of Basic Science and Service, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok 10400

งานวิจัย ส่วนใหญ่จะเป็นงานวิจัยที่ใช้แป้งข้าวเป็นวัตถุดิบทำเป็นน้ำนมข้าว (จุฬาภรณ์ และ รสิตา, 2551; จุฑามาศ และ เฉลิมพล, 2558) งานวิจัยนี้จึงสนใจในการนำข้าวผสมที่มีกลิ่นหอมมาพัฒนาเป็นน้ำขาวหอม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรน้ำข้าวหอมเพื่อสุขภาพโดยใช้ข้าวที่ให้ความหอม ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวลืมผัว และข้าวเพื่อสุขภาพของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย) และให้ความหวานด้วยวุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อมปั่น โดยแปรปริมาณข้าวผสม 6 12 18 และ 24% น้ำหนักต่อปริมาตร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาสูตรน้ำข้าวหอม : กำหนดปริมาณข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวลืมผัว และข้าวเพื่อสุขภาพของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยน้ำหนักแล้วจึงแปรปริมาณ 6 12 18 และ 24% (น้ำหนักต่อปริมาตร) และใช้วุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อม(ปั่นละเอียด) 15% น้ำหนักต่อปริมาตร ทำการทดลองโดยต้มน้ำให้เดือดแล้วเติมข้าวลงไปต้มนาน 10 นาที จากนั้นนำไปกรองผ่านผ้าขาวบางได้น้ำข้าวหอมแล้วจึงเติมวุ้นน้ำมะพร้าวที่ปั่น ผสมให้เข้ากัน จากนั้นบรรจุในขวดพลาสติกขณะร้อนได้น้ำข้าวหอมเพื่อสุขภาพสูตรต่างๆ เก็บที่อุณหภูมิ 5±2ºC นาน 4 สัปดาห์

2. การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรน้ำข้าวหอมที่เหมาะสม : โดยทดสอบความชอบ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คนทำแบบทดสอบความชอบ 9 – point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด) วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เลือกสูตรที่ดีที่สุดไปพัฒนาเป็นน้ำข้าวหอมจี๊ด

3. การพัฒนาสูตรน้ำข้าวหอมจี๊ด : นำสูตรน้ำข้าวหอมที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2 มาพัฒนาสูตรโดยการเพิ่มส่วนผสม ได้แก่ น้ำตาลทราย กรดซิตริก และน้ำมะนาว ศึกษาสูตรน้ำข้าวหอมจี๊ดที่แปรปริมาณน้ำมะนาวสด 6 7 8 และ 9% (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยปริมาณน้ำตาลทรายและกรดซิตริกคงที่ (9 และ 1% น้ำหนักต่อปริมาตร)

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำข้าวหอมจี๊ดสูตรต่างๆ : โดยทดสอบความชอบ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คนทำแบบทดสอบความชอบ 9 – point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด) วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

5. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของน้ำข้าวหอมสูตรต่าง ๆ และน้ำข้าวหอมจี๊ดสูตรต่างๆ : ทดสอบปริมาณความหวาน (ºBrix) ค่า pH ค่าสี (ใช้ Hunter Lab Colorimeter) และปริมาณแอนโทไซยานิน โดยวิธี pH differential method

6. การศึกษาอายุการเก็บของสูตรน้ำข้าวหอมทั้ง 4 สูตรและน้ำข้าวหอมจี๊ดทั้ง 4 สูตรในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 5±2ºC: เก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์ ไปทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ทำ 3 ซ้ำ)

7. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค : เลือกเฉพาะน้ำข้าวหอมที่ได้รับการยอมรับจากการทดลองข้อ 2 โดยนำไปทดสอบกับผู้บริโภค 100 คน ในบริเวณมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยใช้แบบสอบถามและให้ทดสอบความชอบด้วยแบบทดสอบ 5 – point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5= ชอบมากที่สุด) และมีตัวอย่างเครื่องดื่มน้ำข้าวหอมที่บรรจุในขวดพลาสติกขนาด 250 mL ใช้ประกอบการสอบถามเรื่องการซื้อผลิตภัณฑ์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 น้ำข้าวหอมที่มีปริมาณข้าวที่เพิ่มขึ้นจะไม่มีผลต่อค่า pH ($p>0.05$) แต่ทำให้ค่า L*และ a* ลดลง ($p\leq0.05$) ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) ซึ่งลักษณะปรากฏจะมีสีม่วงแดงเข้มขึ้นตามปริมาณแอนโทไซยานินที่ได้จากข้าวที่ใช้มากขึ้น (Figure 1a) สูตรน้ำข้าวหอม 6% ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากกว่าสูตรอื่น ($p\leq0.05$) (Table 2) เมื่อนำมาพัฒนาสูตรน้ำข้าวหอมจี๊ดพบว่าทั้ง 4 สูตร (ที่แปรปริมาณน้ำมะนาวสด 6 7 8 และ 9%) ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) น้ำข้าวหอมทั้ง 2 สูตร สามารถเก็บในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 5±2ºC ได้นานอย่างน้อย 4 สัปดาห์ (ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบน้อยกว่า 30 CFU/mL ตลอด 4 สัปดาห์) โดยลักษณะปรากฏของน้ำข้าวหอมจี๊ดจะมีสีแดงมากกว่าน้ำข้าวหอม(Figure 1b) เนื่องจากมีค่า pH เป็นกรดมากกว่า (ค่า pH ของน้ำข้าวหอม 6% และน้ำข้าวหอมจี๊ดทั้ง 4 สูตร เท่ากับ 4.66 และ 2.82 – 3.04 ตามลำดับ) ซึ่งแอนโทไซยานินจะมีสีแดง ปริมาณแอนโทไซยานินในเครื่องดื่มน้ำข้าวหอม 6% เท่ากับ 0.50 mg/L และน้ำข้าวหอมจี๊ดทั้ง 4 สูตร เท่ากับ 0.41-0.48 mg/L ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของจุฑามาศและเฉลิมพล(2558) ที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล 1ส่วนต่อน้ำ 30 ส่วนและใส่สารทำให้คงตัว น้ำข้าวหอมนิลที่ได้มีปริมาณแอนโทไซยานิน 0.37 mg/mL ซึ่งน้อยกว่างานวิจัยนี้มาก แต่มีโปรตีน ไขมันและใยอาหาร เท่ากับ 0.23 0.05 และ 0.83% และเก็บได้นาน 15 วัน ที่อุณหภูมิ 4-6ºC (จุฑามาศ และ เฉลิมพล, 2558) เมื่อนำน้ำข้าวหอม 6% ไปทดสอบการยอมรับผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นหญิง (63%) ในช่วงอายุ 20- 30 ปี (41%) ระดับการศึกษาปริญญาตรี (51%) รายได้

ต่ำกว่า 20,000 บาท (62%) ไม่เคยดื่มเครื่องดื่มน้ำข้าวหอมมาก่อน (75%) ภายหลังการชิมน้ำข้าวหอม 6% ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวม 3.65 จากคะแนนเต็ม 5 (Table 5) สนใจที่จะซื้อน้ำข้าวหอม 83% ยินดีซื้อในราคา 10-15 บาทต่อขวด 250 mL (65%) โดยให้เหตุผลคือเป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ (51.8%) และมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงเรื่องกลิ่นและความหวานให้มากขึ้น ซึ่งความหวานของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 4 ^{o}Brix ทำให้ผู้บริโภคไม่ค่อยชอบ เมื่อพัฒนาให้เป็นน้ำข้าวหอมจี๊ดจะมีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1 เท่าต่อขวด เนื่องจากมีส่วนประกอบของน้ำตาลทรายและมะนาวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณความหวานของน้ำข้าวหอมจี๊ดทั้ง 4 สูตร เท่ากับ 13 – 14 ^{o}Brix แม้ว่าคะแนนความชอบของน้ำข้าวหอมจี๊ดจะมีค่ามากกว่าน้ำข้าวหอมในทุกด้าน (Table 1 และ Table 3) แต่ในด้านธุรกิจอาจไม่คุ้มกับการลงทุน

สรุปผล

จากการวิจัยพบว่า สูตรน้ำข้าวหอมผสม 6% ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าสูตรอื่น (2 18 และ 24% (น้ำหนักต่อปริมาตร, $p \leq 0.05$) เมื่อนำมา พัฒนาสูตรน้ำข้าวหอมจี๊ดพบว่าทั้ง 4 สูตรได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อนำน้ำข้าวหอม 6% ไปทดสอบกับผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับปานกลาง – มาก (3.65 จาก 5 คะแนน) และสนใจซื้อน้ำข้าวหอมจำนวน 83% ราคา 10 – 15 บาท ต่อขวดปริมาณ 250 mL (65%) และพบว่าน้ำข้าวหอมทุกสูตรและน้ำข้าวหอมจี๊ดทุกสูตรสามารถเก็บในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 5± 2^{o}C ได้นานอย่างน้อย 4 สัปดาห์

เอกสารอ้างอิง

เกษตรวิรุฬ. ข้าวเจ้าหอมนิล [สืบค้น], http://www.kasetvirul.com/index.php. [14/January/16].

จรัญจิต เพ็งรัตน์ และสุวัฒน์ เจียระคงมั่น, 2552. ข้าวเหนียวดำ หลากประโยชน์ หลายแนวคิด เสริมเศรษฐกิจไทยสู่สากล เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวประจำปี 2552, สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว , กรุงเทพมหานคร, หน้า 325-342.

จุฑามาศ ถิระสาโรช และเฉลิมพล ถนอมวงศ์, 2558, การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล, วารสารวิทยาศาสตร์ มข.,43(3): 395-402.

จุฬาภรณ์ เลิศบวรวงศ์ และ รสิตา โอสถานนท์, 2551, การศึกษากระบวนการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวแดง, วารสารวิจัยรามคำแหง,11(1): 1-10.

ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย ศันสนีย์ จำจด และ เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, 2559, คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเฉดสี [สืบค้น], http://www.brrd.in.th/[1/February/16].

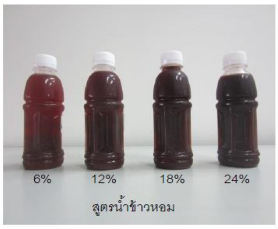
แนวหน้า, ต่อยอดวิจัย “ข้าวเหนียวลืมผัว” พัฒนายาต้านโรคอัลไซเมอร์ [สืบค้น], http://www.naewna.com/local/144999. [20 /January/16].

ผาณิต รุจิรพิสิฐ วิชชุดา สังขแก้ว และเสาวนีย์ เอี่ยวสกุลรัตน์, 2555, คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์และการผลิตข้าวผสมเพื่อสุขภาพ (โครงการข้าว 1 ไร่ 1 แสน), มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

อาทิตย์ กุคำอู อภิชาติ เนินพลับ สมเดช อิ่มมาก และเล็ก จันทร์เกษม, การประเมินคุณค่าทางโภชนาการในข้าวต่างสี, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมือหนาวประจำปี 2551, สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, กรุงเทพมหานคร, หน้า 336-351.

FAO Food and Nutrition Division, 2016, Rice and human nutrition. [Online], Available: [February 11,2016].

Lee, J., Durst, R.W. and Wrolstad, R.E., 2005, Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juice, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study, J.AOAC Int, 88 : 1269-1278.



(a) Khao Hom beverage

(b) Khao Hom-Jeed beverage

Figure 1 Khao Hom beverage and Khao Hom-Jeed beverage

Table 1 Result of physical and chemical properties of Khao Hom beverage formula

Khao Hom beverage formula	°Brix	pH^{ns}	Color			Anthocyanin
			L*	a*	b*	(cyaniding-3-glucoside equivalent, mg/L)
6%	4	4.66	0.61^{a}	3.42^{a}	1.05^{a}	0.50^{d}
12%	4	4.68	0.50^{b}	3.34^{a}	0.97^{b}	0.97^{c}
18%	6	4.71	0.39^{c}	2.36^{c}	0.90^{c}	1.51^{b}
24%	6	4.72	0.32^{c}	2.66^{b}	0.67^{d}	1.78^{a}

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

Table 2 Result of sensory evaluation of Khao Hom beverage formula

Khao Hom beverage formula	Test score				
	$Appearance^{ns}$	$Color^{ns}$	Odor	Taste	Overall acceptance
6%	5.97 ± 2.04	6.00 ± 2.05	7.00 ± 1.86^{a}	6.07 ± 1.89^{a}	6.37 ± 1.77^{a}
12%	5.80 ± 1.92	5.77 ± 1.91	6.33 ± 1.63^{b}	5.03 ± 1.65^{b}	5.70 ± 1.66^{ab}
18%	5.67 ± 1.99	5.53 ± 2.01	5.40 ± 1.67^{c}	4.63 ± 1.92^{b}	5.40 ± 1.71^{b}
24%	5.50 ± 2.16	5.50 ± 2.26	6.17 ± 2.00^{b}	5.27 ± 2.21^{b}	5.83 ± 2.20^{ab}

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

Table 3 Result of physical and chemical properties of Khao Hom-Jeed beverage formula

Khao Hom-Jeed beverage formula	°Brix	pH	$Color^{ns}$			$Anthocyanin^{*\ ns}$
			L*	a*	b*	(cyaniding-3-glucoside equivalent,mg/L)
6%	14	3.04^{a}	0.11	0.36	0.18	0.47
7%	14	2.93^{b}	0.11	0.38	0.19	0.41
8%	13	2.85^{c}	0.09	0.36	0.19	0.42
9%	13	2.82^{c}	0.10	0.36	0.18	0.48

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

Table 4 Result of sensory evaluation of Khao Hom - Jeed beverage formula

Khao Hom –Jeed beverage formula	$Testscore^{ns}$				
	Appearance	Color	Odor	Taste	Overall acceptance
6%	6.57 ±1.59	6.73 ±1.51	6.67 ±1.35	6.23 ±1.83	6.93 ±1.44
7%	6.50 ±1.59	6.77 ±1.48	6.30 ±1.39	6.30 ±1.70	6.63 ±1.54
8%	6.47 ±1.55	6.33 ±1.56	6.50 ±1.55	6.07 ±1.70	6.57 ±1.38
9%	6.60 ±1.71	6.53 ±1.41	6.47 ±1.57	6.43 ±2.30	6.97 ±1.59

ns : non significantly different ($p>0.05$)

Table 5 Consumer evaluation of Khao Hom beverage

Factor	Attributes	Score*
Consumer acceptance	Appearance	3.34 ± 0.66
(5-point Hedonic scale)	Color	3.25 ± 0.74
	Odor	3.15 ± 0.78
	Taste	3.40 ± 0.66
	Overall acceptance	3.65 ± 0.64

*mean ± SD

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

Genetic Diversity of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Using Morphological Characters

ชนันดา ศรีบุญไทย[1] ภาณุมาศ ฤทธิไชย[1] และ เยาวพา จิระเกียรติกุล[1]
Sriboonthai, C.[1], Rithichai, P.[1] and Jirakaittikul, Y.[1]

Abstract

Genetic diversity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) using morphological characters of eight accessions from Thailand and six accessions from Myanmar were studied. Seeds were sown in August at the Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit campus. The 34 morphological characters were recorded after transplant 120 days and cluster analysis based on squared Euclidean distances was done using UPGMA (unweighted pair-group method with arithmetic average). It was found that roselle could be identified into 2 distinct clusters. The first cluster consisted of nine accessions which showed thick and large calyx, large leave with medium leaf lobing. Calyx color ranged from green-red to dark red. The second cluster comprised five accessions which exhibited papery and small calyx, small leave with deep leaf lobing. According to calyx color, this cluster could also be further divided into two sub-clusters; three accessions of green calyx and two accessions of red-green calyx.

Keywords: genetic diversity, morphological characters, roselle, cluster analysis

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่รวบรวมจากประเทศไทย 8 accessions และประเทศเมียนมาร์ 6 accessions นำเมล็ดมาปลูกในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 ณ แปลงทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต หลังปลูกได้ 120 วัน บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยา จำนวน 34 ลักษณะ วิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA (unweighted pair-group method with arithmetic average) โดยใช้ค่า squared Euclidean distances พบว่า สามารถแบ่งกระเจี๊ยบแดงออกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดง 9 accessions มีกลีบเลี้ยงหนาและใหญ่ ใบใหญ่และหยักลึกปานกลาง สีกลีบเลี้ยงมีตั้งแต่สีแดงแกมเขียวจนถึงสีแดงเข้ม ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดง 5 accessions มีกลีบเลี้ยงบางและเล็ก ใบเล็กและหยักลึกมาก จากสีกลีบเลี้ยง กระเจี๊ยบแดงในกลุ่มนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มที่มีกลีบเลี้ยงสีเขียว 3 accessions และกลุ่มที่มีกลีบเลี้ยงสีแดงแกมเขียว 2 accessions

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางพันธุกรรม ลักษณะสัณฐานวิทยา กระเจี๊ยบแดง การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม

คำนำ

กระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) อยู่ในวงศ์ Malvaceae (Osman และคณะ, 2011) เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ โดยกระเจี๊ยบแดงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด แต่ส่วนที่มีการนำมาใช้มากที่สุด คือ กลีบเลี้ยง (สุนทร, 2555) เนื่องจากมีคุณสมบัติทางยาหลากหลาย เช่น ลดไขมันในเลือด ขับปัสสาวะ และต้านอนุมูลอิสระ (เกศนภา และคณะ, 2549; พรรณภัทร และคณะ, 2555; Mahadevan และคณะ, 2009; Da-Costa-Rocha และคณะ, 2014) จากสรรพคุณดังกล่าว ทำให้มีการพัฒนายาสมุนไพรตำรับต่างๆ ออกมามากมาย รวมทั้งการแปรรูปเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ ซึ่งการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดีและมีสารสำคัญสูง การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระเจี๊ยบแดงได้มีรายงานมาบ้างแล้ว เช่น Hussein และคณะ (2010) Osman และคณะ (2011) Torres-Morán และคณะ (2011) และ Cruz และคณะ (2013) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการศึกษาด้านการปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกสายพันธุ์กระเจี๊ยบแดงในประเทศไทยยังมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด ดังนั้น การทดลองนี้จึงได้รวบรวมกระเจี๊ยบแดง

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120
[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathumthani 12120

จำนวน 14 accessions มาปลูกเพื่อประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและจำแนกกระเจี๊ยบแดงออกเป็นกลุ่ม เพื่อใช้ประโยชน์ในงานปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมเมล็ดพันธุ์กระเจี๊ยบแดงจากในประเทศไทย 8 accessions (HS001 HS002 HS004 HS007 HS011 HS012 HS013 และ HS014) และประเทศเมียนมาร์ 6 accessions (HS003 HS005 HS006 HS008 HS009 และ HS010) นำมาปลูกที่แปลงทดลองของภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โดยหยอดเมล็ดวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2557 ในแปลงปลูกกว้าง 0.8 m ยาว 9 m คลุมแปลงด้วย polyethylene film ในแต่ละแปลงปลูก 1 แถว ระยะห่างระหว่างต้น 0.8 m หยอดเมล็ด 5 เมล็ดต่อหลุม เมื่ออายุ 7 วันหลังหยอดเมล็ด ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ให้น้ำทุกวัน ใส่ปุ๋ยคอก รองพื้นอัตรา 100 kg/แปลง เมื่ออายุ 15 วันหลังหยอดเมล็ด ให้ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 250 g/ต้น จากนั้นเมื่ออายุ 30 วันหลังหยอดเมล็ด ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500 g/ต้น รอบทรงพุ่มพร้อมกับรดปุ๋ยยูเรีย อัตรา 10 g/น้ำ 20 l ปริมาณ 0.5 l/ต้น และหลังจากนั้นทุกๆ 30 วัน ให้ปุ๋ยสูตร 16-16-16 อัตรา 10 g/ต้น รอบทรงพุ่ม จนถึงอายุ 120 วันหลังปลูก ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตามการระบาดของโรคและแมลง บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยา 34 ลักษณะ วิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA (unweighted pair-group method with arithmetic average) โดยใช้ค่า squared Euclidean distance ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและทำ dendrogram ด้วยวิธี UPGMA โดยใช้ค่า squared Euclidean distance พบว่าสามารถแบ่งกระเจี๊ยบแดงออกได้เป็น 2 กลุ่ม (Figure 1 และ Table 1) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดง 9 accessions คือ HS001 HS002 HS004 HS005 HS007 HS011 HS012 HS013 และ HS014 ในกลุ่มนี้มีต้นสูง พุ่มกว้าง จำนวนกิ่งน้อย ใบใหญ่และหยักลึกปานกลาง ก้านใบยาว ลำต้นและก้านใบมีสีแดง ผลใหญ่ ผลมีสีเหลืองอมเขียวและมีสีแดงที่ปลายผล กลีบเลี้ยงหนาและใหญ่ กลีบเลี้ยงมีตั้งแต่สีแดงแกมเขียวจนถึงสีแดงเข้ม กลีบดอกมีสีชมพูและโคนกลีบดอกมีสีแดงเข้ม และให้ผลผลิตกลีบเลี้ยงแห้งสูงถึง 240.76±72.57 g/ต้น

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดง 5 accessions ในกลุ่มนี้มีทรงพุ่มเล็ก ใบเล็กและหยักลึกมาก ก้านใบสั้น ผลเล็ก ผลมีสีเขียว กลีบเลี้ยงบางและเล็ก จำนวนผล/ต้นมีมาก จากสีกลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดงในกลุ่มนี้ ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

กลุ่มย่อยที่ 2.1 กลุ่มที่มีกลีบเลี้ยงสีแดงแกมเขียว กลีบดอกมีสีชมพูและโคนกลีบดอกมีสีแดงเข้ม ลำต้นและก้านใบสีแดง จำนวน 2 accessions คือ HS003 และ HS010

กลุ่มย่อยที่ 2.2 กลุ่มที่มีกลีบเลี้ยงสีเขียว กลีบดอกสีเหลืองแกมเขียว โคนกลีบดอกสีแดงและสีเหลืองเข้ม ลำต้นและก้านใบสีเขียว จำนวน 3 accessions คือ HS006 HS008 และ HS009

จากผลของการจัดกลุ่ม กระเจี๊ยบแดงในกลุ่มที่ 1 ส่วนใหญ่เก็บรวบรวมมาจากประเทศไทย ยกเว้น HS005 และกระเจี๊ยบแดงในกลุ่มที่ 2 เก็บรวบรวมมาจากประเทศเมียนมาร์ แสดงให้เห็นว่า กระเจี๊ยบแดงที่มาจากต่างแหล่งกัน มีลักษณะสัณฐานที่คล้ายกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Torres-Morán et al. (2011) ที่พบว่ากระเจี๊ยบแดงภายในกลุ่มเดียวกันมีลักษณะคล้ายกันและมีวิวัฒนาการมาจากแหล่งเดียวกัน โดยทั่วไปกระเจี๊ยบแดงที่มีกลีบเลี้ยงสีแดงจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ มากมาย เช่น ใช้เป็นยาขับปัสสาวะ ลดการอักเสบ ลดไขมันในเลือด ลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง ต้านไวรัส และเสริมให้สุขภาพแข็งแรง เป็นต้น เนื่องจากมีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activity) มีประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีและวิตามินอีถึง 2 เท่า (สุนทร, 2555) ในขณะที่กลุ่มที่มีกลีบเลี้ยงสีเขียวสามารถใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มไร้สีรสกระเจี๊ยบแดงได้ (Hussein et al., 2010) จากการศึกษาของ Hussein et al. (2010) พบว่ากระเจี๊ยบแดงทั้งที่มีกลีบเลี้ยงสีแดงเข้ม สีแดง และสีเขียว มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง สามารถยับยั้งการสร้าง reactive nitrogen species ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

อย่างไรก็ตามกระเจี๊ยบแดงทั้งสองกลุ่มยังมีลักษณะบางประการคล้ายคลึงกัน ได้แก่ ข้อที่เกิดตาดอกแรก อายุการเกิดตาดอก วันที่ดอกแรกบาน 50% และอายุที่เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิต (Table 1) แสดงให้เห็นว่าการออกดอกของกระเจี๊ยบแดงในทุกกลุ่มมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมในลักษณะเดียวกัน เนื่องจากเป็นพืชวันสั้นต้องการช่วงแสงสั้นกว่า 12 ชั่วโมง ในการเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ (Ansari et al., 2013) ส่วนการให้ผลผลิตกลีบเลี้ยงจะเห็นว่ากระเจี๊ยบแดงในกลุ่มที่ 1 ให้ผลผลิตกลีบเลี้ยง

แห้งสูง เนื่องจากมีกลีบเลี้ยงหนาและใหญ่ แต่มีจำนวนผล/ต้น น้อยกว่ากระเจี๊ยบแดงในกลุ่มที่ 2 ที่มีจำนวนผล/ต้นมาก แต่ให้ผลผลิตกลีบเลี้ยงแห้งต่ำ เนื่องจากมีกลีบเลี้ยงบางและเล็ก ดังนั้นข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ได้จากการทดลองนี้ จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นแหล่งข้อมูลทางพันธุกรรมเบื้องต้น เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะของผลผลิตที่ดีตรงตามความต้องการ และใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

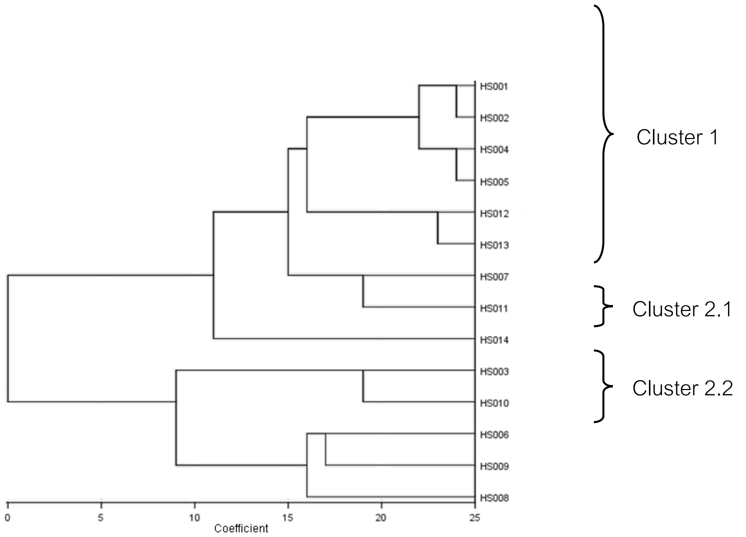


Figure 1 The UPGMA dendrogram based on squared Euclidean distance using morphological characters of roselle 14 accessions.

สรุปผล

จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA สามารถแบ่งกระเจี๊ยบแดงออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดง 9 accessions มีกลีบเลี้ยงหนาและใหญ่ สีกลีบเลี้ยงมีตั้งแต่สีแดงแกมเขียวจนถึงสีแดงเข้ม ใบใหญ่และหยักลึกปานกลาง และให้ผลิตกลีบเลี้ยงแห้งสูง ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดง 5 accessions มีกลีบเลี้ยงบางและเล็ก ใบเล็กและหยักลึกมาก และจำนวนผล/ต้นมีมาก จากสีกลีบเลี้ยง กระเจี๊ยบแดงในกลุ่มนี้ ยังสามารถแบ่งออกเป็นอีก 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มที่มีกลีบเลี้ยงสีเขียว 3 accessions และกลุ่มที่มีกลีบเลี้ยงสีแดงแกมเขียว 2 accessions

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในคณะกรรมการอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

เกศนภา ถาวร, ณธร ชัยญาคุณาพฤกษ์ และวิษณุ ธรรมลิขิตกุล, 2549, การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบการศึกษาประสิทธิภาพทางคลินิกของกระเจี๊ยบแดง, วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ, 1: 219-225.

พรรณภัทร อินทฤทธิ์, กัมมาล กุมาร ปาวา, อรุณพร อิฐรัตน์ และ พินิต ชินสร้อย, 2555, การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลและผลข้างเคียงของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงกับ Simvastatin ในการลดระดับไขมันในผู้ป่วยโรคไขมันในเลือดสูง (การวิจัยทางคลินิกระยะที่ ๒), ธรรมศาสตร์เวชสาร, 12: 506-517.

สุนทร ตรีนันทวัน, 2555, สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ในดอกกระเจี๊ยบแดง, เทคโนโลยีการศึกษา สสวท. [สืบค้น], http://edtech.ipst.ac.th [30/ June /15)

Ansari, M., Eslaminejad, T., Sarhadynejad, Z., and Eslaminejad, T., 2013, An overview of the roselle plant with particular reference to its cultivation, diseases and usages, European Journal of Medicinal Plants, 3: 135-145.

Cruz, N. A., and Solano, J. P. L., 2013. Morphological characterization of an ethnographic sample of roselle (*Hibiscus sabdariffa L.),* Revista Chapingo Serie Horticultura, 19: 85-98

Da-Costa-Rocha, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., and Heinrich, M., 2014, *Hibiscus sabdariffa* L. – A phytochemical and pharmacological review, Food Chemistry, 165: 424-443.

Hussein, R. M., Shahein, Y. E., El Hakim, A. E., and Awad, H. M., 2010, Biochemical and molecular characterization of three colored types of roselle (*Hibiscus sabdariffa L.),* Journal of American Science, 6: 726-733.

Mahadevan, N., S., and Kamboj, P., 2009, *Hibiscus sabdariffa* Linn.-An overview, Natural Product Radiance, 8: 77-83.

Osman, M., Golam, F., Saberi, S., Majid, N. A., Nagoor, N. H., and Zulqarnain, M., 2011, Morpho-agronomic analysis of three roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) mutants in tropical Malaysia, Australian Journal of Crop Science, 5: 1150-1156.

Torres-Morán, M. I., Escoto-Delgadillo, M., Ron-Parra, J., Parra-Tovar, G., Mena-Munguía, S., Rodríguez-García, A., and Castellanos-Hernández Y. O., 2011, Relationships among twelve genotypes of roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) cultivated in western Mexico, Industrial Crops and Products, 34: 1079–1083.

Table 1 Mean value and standard deviation (SD) of 34 morphological characters of the two clusters of roselle.

Character	Cluster 1		Cluster 2.1		Cluster 2.2	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
1. Plant height (cm)	128.76	12.54	113.75	6.15	110.73	18.46
2. Plant diameter (cm)	115.20	14.63	106.55	6.43	105.17	0.29
3. Number of branches/plant	24.90	3.39	28.05	3.75	26.77	1.59
4. Stem color[1]	1.55	0.01	1.56	0.01	178.45	0.03
5. Leaf length (cm)	14.14	1.12	12.19	0.08	12.65	1.19
6. Leaf width (cm)	15.94	1.75	13.84	0.31	14.84	2.82
7. Petiole length (cm)	13.50	1.51	7.57	0.18	8.25	0.78
8. Number of leaf lobes	4.71	0.15	4.60	0.14	5.10	0.10
9. Leaf lobing[2]	3.00	0.00	4.00	1.41	5.00	0.00
10. Leaf color [1]	178.45	0.00	178.44	0.00	178.44	0.00
11. Petiole color[1]	21.20	58.97	1.52	0.01	178.47	0.05
12. Days to initial flower budding	54.73	3.24	54.85	2.47	54.73	1.12
13. Nodes bearing the 1st flower bud	21.87	2.10	20.80	2.26	22.50	1.45
14. Days to 50% flowering	71.56	2.60	71.55	5.73	71.30	0.87
15. Petal color[1]	1.56	0.00	1.55	0.02	178.43	0.00
16. Corolla center color [1]	1.57	0.00	1.57	0.00	60.54	102.15
17. Calyx length (cm)	5.09	0.42	4.93	0.05	4.75	0.19
18. Calyx width (cm)	4.76	0.65	3.29	0.05	2.95	0.11
19. Calyx thickness (cm)	0.43	0.04	0.33	0.04	0.33	0.03
20. Fresh weight of calyx (g/calyx)	12.04	1.73	3.82	0.22	3.38	0.83
21. Dry weight of calyx (g/calyx)	1.23	0.16	0.41	0.01	0.40	0.02
22. Calyx color[1]	1.55	0.01	1.57	0.00	178.44	0.01
23. Capsule length (cm)	2.61	0.09	2.35	0.13	2.53	0.25
24. Capsule width (cm)	2.24	0.14	1.50	0.16	1.45	0.01
25. Fresh weight of young capsule (g/capsule)	5.32	0.54	2.85	0.09	3.07	0.09
26. Fresh weight of mature capsule (g/capsule)	2.16	0.38	1.61	0.11	1.53	0.13
27. Capsule color[1]	40.87	78.00	178.46	0.03	178.45	0.01
28. Number of seeds/capsule	23.46	3.03	26.10	0.28	23.03	3.01
29. 100-seed weight (g)	2.50	0.27	3.16	0.03	2.93	0.08
30. Seed color[1]	1.53	0.01	1.53	0.02	1.53	0.02
31. Days to harvest	80.31	2.73	84.00	1.06	82.75	3.68
32. Number of calyces/plant	202.52	49.56	582.82	70.82	373.75	83.75
33. Yield of fresh calyx (g/plant)	2117.22	564.56	2103.64	482.98	1316.49	421.64
34. Yield of dry calyx (g/plant)	240.76	72.57	232.74	26.16	145.21	32.32

[1]Color (°hue angle); 0-45=claret- light red, 45-90=orange-yellow, 90-135=yellow-light green, 135-180=green.

[2]Leaf lobing; 1=shallow, 3=medium, 5=deep.

ผลของการตัดแต่งกิ่ง โน้มกิ่ง และริดใบต่อผลผลิตผลมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60

Effects of Pruning, Bending and Leaf Pulling on Yield of 'Chiangmai 60' Mulberry Fruit

เจนจิรา ชุมภูคำ[1] **จารุตา จิตรอิ่ม**[1] **และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม**[1]

Chumpookam, J.[1], Jiteim, J.[1] and Arjcharoen Theanhom, A[1]

Abstract

The effects of pruning, bending and leaf pulling on yield of 'Chiangmai 60' mulberry fruit were studied in 16 inches plastic pots at the experiment field II, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, during November 2015 to February 2016. Experiment was randomized completele block design by 5 treatments 1) No - pruning (control) 2) pruning 3) leaf pulling 4) bending and 5) bending combination with leaf pulling. The results showed that the bending combination with leaf thinning had the fastest of bud opening (1.17 days) and gave the highest mix bud (30.17 buds), flower buds (1.33 buds), fruit/tree (78 fruits/tree) and yield of mulberry fruit. Thus, bending combination with leaf pulling can be increased yield of 'Chiangmai 60' mulberry fruit.

Keywords: mix bud, leaf bud, flower bud, yield

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่ง โน้มกิ่ง และริดใบต่อผลผลิตผลมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกในกระถางขนาด 16 นิ้ว ณ แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2558 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ ได้แก่ 1)ไม่ตัดแต่งกิ่ง (ชุดควบคุม) 2) ตัดแต่งกิ่ง 3) ริดใบ 4) โน้มกิ่ง และ 5) โน้มกิ่งร่วมกับริดใบ พบว่าการโน้มกิ่งร่วมกับริดใบ มีผลทำให้ใช้ระยะเวลาในการแตกตาเร็วที่สุด (1.17 วัน) มีจำนวนตารวม (30.17 ตา) จำนวนตาดอก (1.33 ตา) จำนวนผลต่อต้น (78 ผล/ต้น) และผลผลิตของผลมัลเบอร์รี่ (90.19 กรัม/ต้น) มากที่สุด ดังนั้นการโน้มกิ่งร่วมกับริดใบสามารถเพิ่มผลผลิตของผลมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้

คำสำคัญ: ตารวม ตาใบ ตาดอก ผลผลิต

คำนำ

หม่อนหรือมัลเบอร์รี่ (*Morus alba* L.) มีคุณค่าทางอาหารสูง ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี 6 และวิตามินซี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารโพลิฟินอล ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ และ แอนโธไซยานิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น (Huang และคณะ, 2014) มัลเบอร์รี่ได้รับความสนใจและนำมาใช้สำหรับการบริโภคผลสดในแถบประเทศทางยุโรป ออสเตรเลีย และอเมริกา โดยมีการปลูกกันทั่วไปตามสวนหลังบ้านเป็นไม้ประดับ และเก็บผลไว้รับประทาน ซึ่งปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น มัลเบอร์รี่จึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับคนที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาดที่เพิ่มมากขึ้นจึงต้องมีการปลูกมัลเบอร์รี่ให้ได้ผลิตมากขึ้น มัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อเก็บผลผลิตผลสด ให้ผลผลิตผลได้ดี ประมาณ 600-700 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (วราทิพย์, 2554) ผลมีรูปทรงกระบอก ผลมีขนาดใหญ่ ผลเป็นสีเขียว เมื่อผลสุกแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีแดงม่วงเข้ม หรือสีม่วงดำ มีปริมาณกรดสูง ฉ่ำน้ำ รสชาติหวานกลมกล่อมเหมาะสำหรับบริโภคผลสดและการแปรรูป การปลูกมัลเบอร์รี่สามารถกำหนดระยะเวลาในการให้ผลผลิตได้ ด้วยวิธีการบังคับให้ออกดอกติดผลนอกฤดูกาล โดยปัจจัยที่มีผลต่อการบังคับให้มัลเบอร์รี่ออกดอกนอกฤดูนั้นมีหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิต่ำ ช่วงแสง และความสมบูรณ์ของต้น ต้นมัลเบอร์รี่ที่จะใช้ผลิตนอกฤดูกาลต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า 6 เดือน วิธีการบังคับให้ออกผลผลิตนอกฤดูกาล คือ 1) การโน้มกิ่ง วิธีนี้เดิมใช้กับการผลิตมัลเบอร์รี่พันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งสามารถเก็บผลผลิตใบได้ตามปกติ โดยการโน้มกิ่งเข้าหากัน และใช้เชือกฟางในการยึดกิ่งจน

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900**

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

มีลักษณะเป็นอุโมงค์ 2) การตัดยอดโดยทำการตัดบริเวณส่วนปลายยอดของกิ่งออกทุกกิ่ง และ 3) การริดใบโดยทำการริดใบของมัลเบอร์รี่ออกให้หมด ซึ่งวิธีการตัดยอดและริดใบสามารถทำร่วมกับการโน้มกิ่งหรือไม่โน้มกิ่งก็ได้ เนื่องจากให้ผลผลิตผลมัลเบอร์รี่นอกฤดูกาลไม่แตกต่างกัน (วสันต์, 2548) นอกเหนือจากวิธีการดังกล่าวแล้ว ยังสามารถใช้เอทิฟอนฉีดพ่นเพื่อทำให้ใบมัลเบอร์รี่เกิดการหลุดร่วง และสามารถชักนำให้เกิดการออกดอกของมัลเบอร์รี่ได้ (กุศล และสดศรี, 2558) ซึ่งจากการศึกษาการบังคับให้มัลเบอร์รี่ออกดอกติดผลนอกฤดูที่ผ่านมายังไม่มีการระบุว่า วิธีใดสามารถกระตุ้นให้มัลเบอร์รี่มีการแตกตาได้เร็ว และสามารถเพิ่มผลผลิตได้ดีที่สุด ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้ศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่ง โน้มกิ่ง และริดใบต่อผลผลิตผลมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 เพื่อเป็นประโยชน์ให้แก่เกษตรกรหรือผู้ที่กำลังศึกษาเกี่ยวกับมัลเบอร์รี่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 วางแผนการทดลองแบบบล็อคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completele Block Design) โดยคัดเลือกต้นมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 อายุ 1 ปี ที่มีการปลูกในกระถางขนาด 16 นิ้ว จำนวน 40 ต้น ประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ได้แก่ 1) ไม่ตัดแต่งกิ่ง (ชุดควบคุม) 2) ตัดแต่งกิ่ง 3) ริดใบ 4) โน้มกิ่ง และ 5) โน้มกิ่งร่วมกับริดใบ จำนวน 8 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กระถางโดยทำการใส่ปุ๋ยสูตร 21-21-21 ปริมาณ 10 กรัมต่อต้น เดือนละ 1 ครั้ง และหลังจากออกดอกใส่ปุ๋ยสูตร 13-0-31 ปริมาณ 10 กรัมต่อต้น เดือนละ 1 ครั้ง จนเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยวิธีการตัดแต่งกิ่งมีการตัดแต่งกิ่งที่เป็นโรคและกิ่งที่ไม่สมบูรณ์ทิ้ง วิธีการริดใบ ทำโดยริดใบของมัลเบอร์รี่ออกทุกใบ วิธีการโน้มกิ่งทำโดยโน้มบริเวณปลายกิ่งหลักโน้มเข้าหาบริเวณลำต้นโดยใช้ลวดในการยึดกิ่งและลำต้น ซึ่งในทุกๆทรีตเมนต์ใช้กรรไกรตัดกิ่ง ตัดบริเวณส่วนยอดของทุกกิ่ง และกิ่งที่เคยให้ผลผลิตแล้ว การเก็บข้อมูลเริ่มจากการสังเกต และจดบันทึกตั้งแต่วันแรกหลังทำการทดลอง โดยทำการเก็บข้อมูลดังนี้ คือ จำนวนวันที่ใช้ในการแตกตา, จำนวนตารวม, จำนวนตาใบ, จำนวนตาดอก, จำนวนผลต่อกิ่ง, จำนวนผลต่อต้น, ผลผลิตต่อต้น (กรัม/ต้น), วัดขนาดความกว้างผล (มิลลิเมตร), ความยาวผล (มิลลิเมตร) โดยใช้เวอร์เนีย, น้ำหนักผล (กรัม), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids, TSS) โดยใช้ hand refractometer และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA) ในน้ำคั้นจากผลมัลเบอร์รี่โดยการไทเทรตกับ NaOH 0.1 N นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA analysis และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการตัดแต่งกิ่งโน้มกิ่งและริดใบต่อการแตกตาของมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า จำนวนวันที่ใช้ในการแตกตา พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการโน้มกิ่งร่วมกับริดใบใช้ระยะเวลาในการแตกตาเร็วที่สุด คือ 1.17 วัน แต่ไม่แตกต่างกับการริดใบ ซึ่งใช้เวลาในการแตกตา 2.00 วัน และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งใช้ระยะเวลาในการแตกตาช้าที่สุดคือ 33.50 วัน (Table 1) จำนวนตาที่แตกตาขึ้นมาใหม่หลังทำการทดลอง พบว่า มัลเบอร์รี่มีการแตกตาอยู่ 3 ชนิด คือ ตารวม ตาใบ และตาดอก โดยการโน้มกิ่งร่วมกับริดใบนั้นมีการเกิดจำนวนตารวม (30.17 ตา) และตาดอก (1.33 ตา) มากที่สุด และแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การไม่ตัดแต่งกิ่ง (ชุดควบคุม) มีการเกิดของจำนวนตาใบมากที่สุด (10.67 ตา) และไม่แตกต่างกับการโน้มกิ่ง และการโน้มกิ่งร่วมกับการริดใบ ซึ่งมีจำนวนตาใบ 8.83 ตา แต่แตกต่างทางสถิติกับการตัดแต่งกิ่ง ซึ่งมีจำนวนตาใบ 5.83 ตา ในขณะที่การริดใบนั้นพบว่าไม่มีการเกิดตาใบ (Table 1) การโน้มกิ่งสามารถเพิ่มจำนวนการแตกตา และกระตุ้นการออกดอกได้ดีที่สุด และการไม่ตัดแต่งกิ่ง ไม่สามารถผลิตผลมัลเบอร์รี่นอกฤดูกาลได้ จึงทำให้เกิดแค่ตาใบซึ่งไม่มีการเกิดตาดอกขึ้น (วสันต์, 2548) มัลเบอร์รี่จะมีการออกดอกติดผลบนยอดที่เกิดขึ้นมาใหม่ ดังนั้น การโน้มกิ่ง และริดใบจะทำให้ต้นมัลเบอร์รี่ได้รับแสงอย่างทั่วถึง เป็นการกระตุ้นให้เกิดยอดใหม่บนทุกตาของกิ่งที่สามารถให้ผลผลิตได้ การโน้มกิ่งเป็นการทำลายอิทธิพลของตายอด โดยการโน้มให้ปลายยอดอยู่ต่ำกว่าตาข้างจะทำให้สารในกลุ่มของออกซินไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ตาข้างจึงแตกออกมา นอกจากนั้นยังเกี่ยวข้องกับปริมาณและความสมดุลของธาตุอาหารภายในต้น การเจริญเติบโตของพืชจะสร้างสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และสารควบคุมการเจริญเติบโต สารเหล่านี้จะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เมื่อพืชมีธาตุไนโตรเจนมากจะมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบมากทำให้พืชสร้างดอกได้น้อยหรือไม่สร้างดอก และการริดใบเป็นการกำจัดแหล่งสร้างไนโตรเจน จึงทำให้พืชมีอาหารสะสมมากขึ้น และทำให้สมดุลของธาตุอาหารภายในต้นเกิดการเปลี่ยนแปลงจึงทำให้พืชสามารถสร้างดอกได้ (สังคม, 2547)

การพัฒนาของมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 หลังจากทำการโน้มกิ่งร่วมกับการริดใบ สามารถกระตุ้นให้มัลเบอร์รี่มีการแตกตา โดยเริ่มจากตาที่มีการพักตัวจะมีลักษณะสีน้ำตาล เมื่อเข้าสู่ระยะการพองของตา (Bud swelling) ตาจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียว และมีการขยายขนาด จากนั้น 1-2 วัน จะเข้าสู่ระยะแตกตา (Bud opening) ตาจะมีการปลิแตก และจะเห็นใบอ่อนแตกออกมา หลังจากนั้น 5-7 วัน จะเข้าสู่ระยะพัฒนาช่อดอก (Inflorescence development) ช่อดอกจะมีการพัฒนาพร้อมกับใบที่แตกออกมา 8-12 วัน จึงจะเข้าสู่ระยะดอกบาน (Flowering) ระยะนี้ดอกจะบานเต็มที่ เกสรเพศเมียมีลักษณะเป็นสีขาว เพื่อพร้อมเข้าสู่การผสมเกสร หากได้รับการผสมแล้ว เกสรเพศเมียจะเปลี่ยนเป็นสีเทา หรือสามารถพัฒนาเป็นผลได้โดยที่ไม่ได้รับการผสมเกสร จากระยะดอกบานจะเข้าสู่ระยะการพัฒนาของผล (Fruit development) จะใช้ระยะเวลา 30-40 วัน เริ่มจากผลสีเขียวขนาดเล็ก มีการขยายขนาด และมีการเปลี่ยนสีผลจากสีเขียว สีขาว สีชมพู สีชมพู-แดง และเข้าสู่ระยะสุกแก่ (Maturation) ใช้เวลา 10-15 วัน ผลจะมีลักษณะสีแดงคล้ำถึงม่วงดำ ผลนิ่ม และฉ่ำน้ำ (Figure 1) สอดคล้องกับ เจนจิรา และคณะ (2558) โดยสีผิวจะมีการเปลี่ยนสี จากสีเขียว เปลี่ยนเป็นสีชมพู-แดง และสีม่วงดำ ตามลำดับ

ผลของการตัดแต่งกิ่ง โน้มกิ่ง และริดใบต่อผลผลิตผลมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ขนาดและน้ำหนักผล พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยทุกทรีตเมนต์มัลเบอร์รี่มีความกว้างของผล 10.73-11.23 มิลลิเมตร ความยาวของผล 19.93-21.79 มิลลิเมตร และน้ำหนักผล 1.02-1.20 กรัม (Table 2) จำนวนผลต่อช่อ พบว่า การริดใบ การโน้มกิ่งร่วมริดใบ การตัดแต่งกิ่ง และการโน้มกิ่งนั้น ทำให้จำนวนผลต่อช่อไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีจำนวนผลต่อช่อ 3.06 3.04 1.87 และ 1.84 ผล ตามลำดับ ในขณะที่การไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) มีจำนวนผลต่อช่อน้อยที่สุด คือ 1.34 ผล และแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) จำนวนผลต่อต้น พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการโน้มกิ่งร่วมกับริดใบมีจำนวนผลต่อต้นมากที่สุดคือ 78.00 ผล ซึ่งวิธีการโน้มกิ่งเป็นการทำให้อาหารสะสมที่มีอยู่ในต้นพืชเคลื่อนย้ายไปยังรากไม่สะดวก และเป็นการทำลายอิทธิพลของตายอด ทำให้ตาข้างสามารถแตกออกมาได้ และวิธีการริดใบ เป็นการลดสารยับยั้งในการแตกตา ทำให้พืชเสมือนอยู่ในระยะพักตัวซึ่งสามารถทำให้ต้นพืชมีการออกดอกได้ดีขึ้น (สังคม, 2547) ผลผลิตต่อต้น พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การโน้มกิ่งร่วมกับการริดใบมีปริมาณผลผลิตต่อต้นมากที่สุด 90.19 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ การริดใบที่ให้ผลผลิต 50.92 กรัมต่อต้น ซึ่งสอดคล้องกับวสันต์ และคณะ (2556) พบว่าเทคนิคการโน้มกิ่งและริดใบสามารถให้ผลผลิต 400-500 ผลต่อต้น การโน้มกิ่งร่วมกับการริดใบทำให้มัลเบอร์รี่ออกดอก และติดผลได้อย่างสม่ำเสมอ ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพ แต่จากผลการทดลองนี้ ผลผลิตมัลเบอร์รี่มีปริมาณน้อยกว่าอาจเนื่องจากปลูกมัลเบอร์รี่ในกระถาง ขนาด 16 นิ้ว ส่งผลให้มีพื้นที่จำกัดในการเจริญเติบโต ทำให้รากพืชดูดธาตุอาหารได้อย่างจำกัด ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตที่ได้น้อยลง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ13.75-15.50 องศาบริกซ์ สอดคล้องกับการทดลองของวสันต์ (2548) พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะผลสีดำจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยอยู่ที่ 14.2 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.48-0.58% ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของเจนจิรา และคณะ (2558) พบว่า มัลเบอร์รี่ที่ระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ประมาณ 0.64%

สรุปผล

การโน้มกิ่งร่วมกับริดใบ ทำให้มัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีระยะเวลาในการแตกตาเร็วที่สุด มีจำนวนตารวม จำนวนตาดอก จำนวนผลต่อต้น และผลผลิตผลมากที่สุด ดังนั้นการโน้มกิ่งร่วมกับริดใบสามารถเพิ่มผลผลิตผลของมัลเบอร์รี่พันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กุศล เอี่ยมทรัพย์ และสดศรี เนียมเปรม, 2558, ผลของการฉีดพ่นปุ๋ยยูเรีย เอ็นเอเอ เอทีฟอน และการปลิดใบต่อการออกดอกคุณภาพ และผลผลิตหม่อนกินผล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3) (พิเศษ): 867-869.

เจนจิรา ชุมภูคำ ธีรวัฒน์ จตุอุทัยศรี และอารยา อาจเจริญ เทียนหอม, 2558, รูปแบบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3) (พิเศษ): 457-460.

วสันต์ นุ้ยภิรมย์ อัญชลี โพธิ์ดี และวิโรจน์ แก้วเรือง, 2556, หม่อนผลสดและการแปรรูป, กรมหม่อนไหม, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 68 หน้า.

วสันต์ นุ้ยภิรมย์, 2548, ศึกษาวิธีการบังคับทรงพุ่มให้หม่อนรับประทานผลออกดอก, งานวิชาการสถานี ทดลองหม่อนไหม เชียงใหม่, สถาบันวิจัยหม่อนไหม, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วราทิพย์ ผาสุข, 2554, ผลของการจัดทรงพุ่มต่อผลผลิตหม่อน 3 พันธุ์, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรกำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 35 หน้า.

สังคม เตชะวงค์เสถียร, 2547, สรีรวิทยาของพืชสวน, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

Huang, H.P., Ou, T.T., and Wang, C.J., 2014, Mulberry and its bioactive compounds, the chemoprevention effects and molecular mechanisms In Vitro and In Vivo, Journal of Traditional and Complementary Medicine, 3(1): 7-15.

Table 1 Effects of pruning, bending and leaf pulling on the bud opening and type of bud of 'Chaingmai 60' mulberry.

Treatment	Bud opening (day)	Number of mix bud (bud)	Number of leaf bud (bud)	Number of flower bud (bud)
Control	33.50 a[1/]	10.00 b	10.67 a	0.00 b
Pruning	4.83 b	13.00 b	5.83 b	0.00 b
Leaf pulling	2.00 cd	14.00 b	0.00 c	0.00 b
Bending	3.67 bc	13.33 b	8.83 ab	0.00 b
Bending + leaf pulling	1.17 d	30.17 a	8.83 ab	1.33 a
F-test	*	*	*	*
C.V.%	75.36	62.1	82.34	67.85

[1/] Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by DMRT.

Table 2 Effects of pruning, bending and leaf pulling on quality of 'Chaingmai 60' mulberry fruit.

Treatment	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Fruit weight (g)	Fruit/ branch	Fruit/ tree	Yield (g/tree)	TSS (°Brix)	TA (%)
Control	10.73	21.15	1.02	1.34 b[1/]	14.17 b	16.30 b	13.83	0.48
Pruning	11.23	19.93	1.20	1.87 ab	24.00 b	21.58 b	15.50	0.47
Leaf pulling	11.03	21.79	1.17	3.06 a	39.83 b	50.92 b	14.50	0.55
Bending	10.74	20.52	1.17	1.84 ab	25.17 b	35.70 b	13.75	0.58
Bending + leaf pulling	10.82	20.46	1.11	3.04 a	78.00 a	90.19 a	13.83	0.56
F-test	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns
C.V.%	5.73	10.95	33.52	22.37	25.82	24.82	12.67	32.79

[1/] Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by DMRT.

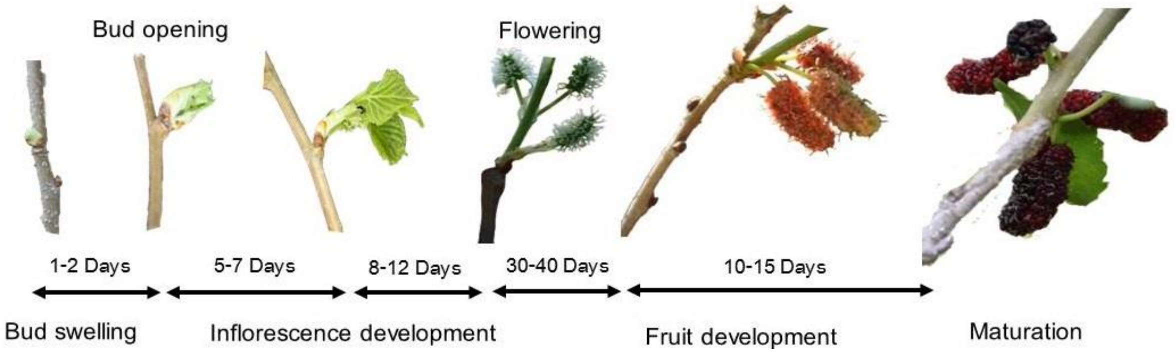


Figure 1. Development of 'Chiangmai 60' mulberry bud after bending combination with leaf pulling.

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 157-160 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 157-160 (2559)

การสำรวจความหลากชนิดของเห็ดในพื้นที่ป่าชุมชนดงภูดิน ตำบลไหล่ทุ่ง อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี

Survey on Mushroom Diversity at Dong Phu Din Community Forest, Lai Thung Subdistrict, Trakan Phuet Phon District, Ubon Ratchathani Province

จาตุรงค์ จงจีน[1]
Jongjeen, J.[1]

Abstract

This study was aimed to explore collected mushrooms and study mushroom morphology. The scientific name of found mushrooms was classified to provide a mushroom handbook in forest community at Dong Phu Din Community Forest, Lai Thung Subdistrict, Trakan Phuet Phon District, Ubon Ratchathani Province, during May, 2015 to April, 2016. The study area was divided into 3 types (jungle area, sparse area and wild open space area) based on differentiate of tree forest by random sampling plot method (40×40 m^2). Result showed that 126 mushroom samples were found and they were classified into 9 Order, 30 Family, 61 genus, 119 species. Most mushrooms were belong in Russulaceae (18 species), followed in Boletaceae (12 species), while Pluteaceae and Polyporaceae were found only 11 species, respectively. Results also showed that edible mushrooms were frequency found in August (32 species) and they were abundant in sparse area.
Keywords: jungle area, sparse area, wild open space area

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ เก็บรวบรวมและศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ด รวมทั้งระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของเห็ดที่พบ เพื่อจัดทำคู่มือชนิดเห็ดในพื้นที่ป่าชุมชนดงภูดิน ตำบลไหล่ทุ่ง อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี ในระหว่างเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 โดยสุ่มวางแปลงตัวอย่างขนาด 40×40 ตารางเมตร ตามสภาพพื้นที่ป่าที่มีลักษณะต่างกัน 3 บริเวณ คือ บริเวณ ป่าทึบ บริเวณป่าโปร่ง และบริเวณพื้นที่โล่ง ผลการศึกษาพบตัวอย่างเห็ดทั้งหมด 126 ตัวอย่าง สามารถจัดจำแนกได้ 9 อันดับ 30 วงศ์ 61 สกุล 119 ชนิด พบมากที่สุดคือ วงศ์ Russulaceae 18 ชนิด รองลงมาคือ วงศ์ Boletaceae 12 ชนิด ส่วน Pluteaceae และ Polyporaceae พบอย่างละ 11 ชนิด และพบเห็ดที่รับประทานได้พบมากที่สุดในช่วงเดือนสิงหาคม จำนวน 32 ชนิด และในพื้นที่ป่าโปร่งจะมีเห็ดรับประทานได้มากที่สุด
คำสำคัญ: ป่าทึบ บริเวณป่าโปร่ง และบริเวณพื้นที่โล่ง

คำนำ

เห็ด (Mushroom) เป็นสิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในอาณาจักรเห็ดรา (Fungi) ซึ่งมีการเจริญเติบโตเป็นเส้นใยเมื่อถึงระยะที่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนเกิดดอกเห็ด ซึ่งมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันมากมายขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ด โดยปกติแล้วดอกเห็ดมีรูปร่างคล้ายร่ม แต่อาจพบรูปครึ่งวงกลม รูปกระดุมและรูปปะการัง เป็นต้น และขนาดของเห็ดนั้นมีตั้งแต่ขนาดเล็กเท่าหัวไม้ขีดไฟไปจนถึงขนาดเท่าลูกฟุตบอล นอกจากนี้เห็ดจัดเป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนคุณภาพสูง มีธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินบีรวมและกรดอะมิโนต่างๆ ที่ร่างกายต้องการ นอกจากนี้เห็ดยังเป็นอาหารที่ปราศจากไขมัน มีปริมาณน้ำตาลและเกลือต่ำ ปัจจุบันเห็ดเป็นที่นิยมนำมารับประทานกันอย่างหลากหลายชนิด ทั้งแบบสด แบบกระป๋อง แบบตากแห้ง เช่น เห็ดหอม เห็ดหูหนู เป็นต้น (เฉลิมยศ อุทยารัตน์ และคณะ, 2552)

ป่าชุมชนดงภูดินมีเนื้อที่ทั้งหมด 305 ไร่ ห่างจากอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ไปตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2050 ถนนตระการพืชผล - อุบลราชธานี ประมาณ 52 กิโลเมตร อยู่ในเขตบ้านไหล่ทุ่ง ตำบลไหล่ทุ่ง อำเภอ

[1] **สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อ.เมือง จ.อุบลราชธานี 34000**
[1] Department of Biology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000

ตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี สภาพโดยทั่วไปเป็นที่ราบสลับที่ดอน เป็นป่าโปร่งฟื้นตัว มีต้นไม้ขนาดเล็กเกิดขึ้นสลับกับต้นไม้ขนาดกลาง ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย สภาพเดิมของพื้นที่ป่าจะมีลักษณะเป็นป่าหลายแบบ เช่น ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง จากพื้นที่สภาพป่าที่มีความหลากหลายของพรรณไม้ และชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่โดยรอบยังคงใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่านี้ ส่วนใหญ่ในด้านการเก็บหรือหาของป่าและด้านอาหาร เพื่อนำมาประกอบอาหารและยังสามารถนำมาขายเพื่อเป็นรายได้เสริมได้อีกด้วย (ศูนย์สารสนเทศ สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้, 2548)

ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงสนใจศึกษาความหลากชนิดของเห็ด ในบริเวณพื้นที่ป่าชุมชนดงภูดิน ตำบลไหล่ทุ่ง อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งการศึกษาดังกล่าวจะเป็นข้อมูลพื้นฐานของเห็ดให้แก่ชุมชน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการรวบรวมชนิดพันธุ์เห็ดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นที่ 1 การสำรวจและวางแปลงตัวอย่าง

ทำการสุ่มพื้นที่ป่าเพื่อวางแปลงตัวอย่างขนาด 40×40 เมตร โดยจะแบ่งตามสภาพพื้นที่ป่าออกตามบริเวณที่มีลักษณะต่างกัน 3 บริเวณ คือ บริเวณป่าทึบ ป่า และบริเวณพื้นที่โล่ง บริเวณละ 4 แปลง รวมทั้งหมด 12 แปลง จากนั้นบันทึกลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ป่า เช่น อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน ความเป็นกรดด่างของดิน เป็นต้น

ขั้นที่ 2 การเก็บตัวอย่างเห็ด

บันทึกภาพดอกเห็ดในสภาพธรรมชาติ ลักษณะของแหล่งอาหาร เช่น ดิน กิ่งไม้ ขอนไม้ ตอไม้ บนต้นไม้ โคนต้นไม้ ใบไม้แห้ง เป็นต้น รวมทั้งบันทึกลักษณะทางชีวภาพของเห็ด เช่น สี รูปร่าง ขนาด กลิ่น ผิวหมวกดอก ครีบ จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดอกเห็ดด้วยความระมัดระวัง เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาและการจัดจำแนกต่อไป โดยเก็บรวบรวมข้อมูลในระหว่างเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกเห็ด

บันทึกลักษณะภายนอก ลักษณะทั่วไปของดอกเห็ดและบรรยายลักษณะต่างๆ ดังนี้ 1) ขนาด และรูปร่างของหมวกดอก ก้านดอก ครีบดอก หรือรูใต้หมวกดอก 2) สีของหมวกดอก ก้านดอก ครีบดอก หรือรูใต้หมวกดอก 3) ผิวของหมวกดอก ก้านดอก ครีบดอก หรือรูใต้หมวกดอก 4) สีเนื้อภายในของหมวกดอก ก้านดอก ครีบดอก หรือรูใต้หมวกดอก 5) ขอบของหมวกดอก ก้านดอก ครีบดอก หรือรูใต้หมวกดอก 6) การเรียงตัวของครีบดอก การติดครีบ 7) ความเปราะ ความเหนียวของหมวกดอก ก้านดอก ครีบดอก หรือรูใต้หมวกดอก 8) ลักษณะน้ำยางจากหมวกดอก ก้านดอก ครีบดอก หรือรูใต้หมวกดอก 9) ความเป็นเมือกลื่นของผิวหมวกดอกเมื่อเปียกน้ำ 10) ลักษณะอื่นๆ เช่น เกล็ด ขน ถ้วยหุ้มโคน วงแหวน

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบลักษณะสปอร์และการเก็บรักษาตัวอย่างเห็ด

นำตัวอย่างเห็ดที่ได้มาส่องดูลักษณะของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิตอล แล้วนำเห็ดสภาพที่สมบูรณ์ใส่ในขวดแก้วที่มีแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ บรรจุอยู่ภายใน

ขั้นที่ 5 การระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างเห็ด

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้างต้น มาระบุชื่อวิทยาศาสตร์โดยวิธีการตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ ระดับวงศ์ สกุล และชนิด โดยเปรียบเทียบจากภาพตัวอย่าง และคำบรรยายกับเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หนังสือเห็ดป่าเมืองไทย หนังสือเห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย หนังสือเห็ดในป่าสะแกราช และหนังสือความหลากหลายของกลุ่มเห็ดผึ้งในภาคอีสาน เป็นต้น ตรวจสอบและยืนยันชนิดตามฐานข้อมูลรูปวิธานในฐานข้อมูล www.indexfungorum.org www.mushroomexpert.com

ผลการทดลอง

จากการศึกษาสำรวจความหลากชนิดของเห็ด โดยทำการสำรวจระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 จำแนกได้ 9 อันดับ 30 วงศ์ 61 สกุล 119 ชนิด พบมากที่สุดคือ วงศ์ Russulaceae 18 ชนิด รองลงมาคือ วงศ์ Boletaceae 12 ชนิด ส่วน Pluteaceae และ Polyporaceae พบอย่างละ 11 ชนิด เมื่อแบ่งตามลักษณะการนำมาใช้ประโยชน์ พบว่าในเดือนมิถุนายน พบเห็ดทั้งหมด 51 ชนิด เป็นเห็ดรับประทานได้ 29 ชนิด ไม่นำมารับประทาน 20 ชนิด มีพิษ 2 ชนิด ไม่พบเห็ดที่มีฤทธิ์ทางยา เดือนกรกฎาคม พบเห็ดทั้งหมด 44 ชนิด รับประทานได้ 20 ชนิด ไม่นำมารับประทาน 20 ชนิด มีพิษ 2 ชนิด และเห็ดที่มีฤทธิ์ทางยา 2 ชนิด เดือนสิงหาคมพบเห็ดทั้งหมด 54 ชนิด รับประทานได้ 32 ชนิด ไม่นำมารับประทาน 15 ชนิด มีพิษ 6 ชนิด และเห็ดที่มีฤทธิ์ทางยา 1 ชนิด เดือนกันยายนพบเห็ดทั้งหมด 45 ชนิด

รับประทานได้ 23 ชนิด ไม่นำมารับประทาน 13 ชนิด มีพิษ 7 ชนิด และเห็ดที่มีฤทธิ์ทางยา 2 ชนิด เมื่อศึกษาลักษณะรูปร่างของสปอร์ในเห็ด 18 วงศ์ 36 ชนิด จากเห็ด 30 วงศ์ 119 ชนิด พบว่าลักษณะรูปร่างของสปอร์มี 6 แบบ จากทั้งหมด 29 แบบ (Largent และคณะ, 1977) ได้แก่ รูปกระสวย (Fusiform) พบในเห็ดวงศ์ Boletaceae สกุล *Boletus* รูปทรงรี (Elliptical) พบในเห็ดวงศ์ Nidulariaceae Polyporaceae และ Russulaceae บางชนิด รูปเกือบกลม (subglobose) พบในเห็ดวงศ์ Bolitiaceae Pterulaceae Clavulinaeceae และ Pluteaceae รูปทรงกลม (globose) พบในเห็ดวงศ์ Boletaceae Geastraceae Suillaceae และ Russulaceae ส่วนใหญ่ รูปไข่ (Ovate) พบในวงศ์ Agaricaceae และ Hymenochetaceae รูปทรงกระบอก (Cylindrical) พบในเห็ดวงศ์ Auriculariaceae

วิจารณ์ผล

จากการสำรวจพบเห็ดทั้งหมด 9 อันดับ 30 วงศ์ 61 สกุล 119 ชนิด เห็ดที่พบมากที่สุดคือ เห็ดวงศ์ Russulaceae 18 ชนิด เนื่องจากเห็ดในวงศ์นี้โดยส่วนใหญ่เจริญบนดิน มีครีบอยู่ใต้หมวกดอกไม่ถี่แน่นมากจึงสามารถปล่อยสปอร์ได้ดี และกระจายสปอร์ได้ในระยะไกล สอดคล้องกับกุศล ถมมา (2545) ได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และพบเห็ดกินได้จากป่าในอำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น สามารถจัดจำแนกได้ 22 ชนิด กระจายอยู่ 5 อันดับ 9 วงศ์ 12 สกุล เห็ดที่พบส่วนใหญ่เป็นเห็ดวงศ์ Russulaceae จำนวน 10 ชนิด

เมื่อแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์พบว่าเห็ดที่รับประทานได้พบมากที่สุดในเดือนสิงหาคม 32 ชนิด รองลงมาคือ เดือนมิถุนายน 29 ชนิด เดือนกันยายน 23 ชนิด กรกฎาคม 20 ชนิด ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากช่วงเดือนดังกล่าวมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของเห็ด สอดคล้องกับวนิดา ผ่องมณี (2541) สำรวจและเก็บรวบรวมเห็ดที่บริเวณป่าดิบเขาในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม 2541 พบว่าบริเวณป่าห้วยคอกม้า พบเห็ดจัดจำแนกได้ 68 วงศ์ 24 สกุล 64 ชนิด และป่าบริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางสิริกิต์ พบเห็ดจัดจำแนกได้ 10 วงศ์ 16 สกุล 30 ชนิด พบปริมาณเห็ดมากที่สุดในเดือนสิงหาคม

จากความสัมพันธ์ระหว่างสภาพพื้นที่ศึกษา และจำนวนชนิดเห็ดรับประทานได้ พบว่าบริเวณป่าโปร่งมีเห็ดที่รับประทานได้มากที่สุด โดยสภาพพื้นที่ป่าโปร่งมีต้นไม้ขึ้นไม่มากนักสลับกับพื้นที่โล่งที่เป็นทุ่งหญ้า ดินเป็นทรายสีขาวมีการทับถมของใบไม้น้อย มีความชื้นดินค่อนข้างต่ำ รองลงมาคือ บริเวณป่าทึบ สภาพพื้นที่ป่ามีพืชพรรณขนาดใหญ่ เรือนยอดปกคลุมพื้นดินแสงส่องถึงได้น้อย มีการทับถมของใบไม้จำนวนมาก ทำให้มีความชื้นสัมพันธ์ในดินสูง ดินเป็นดินร่วนปนทรายสีน้ำตาล - ดำ พรรณไม้ที่พบ เช่น เหียง พลวง กระบก ก่อ มะกอกเกลื้อน ไม้พื้นล่าง เช่น เข็มป่า เป็นต้น และบริเวณพื้นที่โล่ง ซึ่งบริเวณนี้มีน้ำขังในฤดูฝน ทำให้บริเวณรอบข้างมีความชื้นค่อนข้างสูง เป็นทุ่งหญ้าโล่งๆ มีแสงส่องถึงพื้นดิน ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าความหลากหลายของพรรณไม้จะมีผลต่อความหลากหลายของเห็ด

ทั้งนี้พื้นที่ป่าชุมชนดงภูดินจะมี 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านไหล่ทุ่ง บ้านไหล่ทุ่งพัฒนา บ้านม่วง และบ้านคำข่า ที่ยังคงใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่านี้ส่วนใหญ่ในด้านอาหาร หรือหาของป่าเพื่อนำมาประกอบอาหาร และขายเพื่อเป็นรายได้เสริม จึงทำการศึกษาเพื่อนำข้อมูลเห็ดที่พบในป่านำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์และการใช้ทรัพยากรป่าไม้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

สรุปผล

1. จากการสำรวจพบเห็ดทั้งหมด 9 อันดับ 30 วงศ์ 61 สกุล 119 ชนิด เห็ดที่พบมากที่สุดคือ วงศ์ Russulaceae 18 ชนิด รองลงมาคือ Boletaceae 12 ชนิด Polyporaceae และ Pluteaceae 11 ชนิด Tricholomataceae 10 ชนิด Marasmiaceae 8 ชนิด Clavariaceae 7 ชนิด และ Agaricaceae 5 ชนิด รองลงมาตามลำดับ

2. เมื่อแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์แบ่งได้ 4 กลุ่ม และพบว่าเห็ดที่รับประทานได้ พบมากที่สุดในเดือนสิงหาคม 32 ชนิด เห็ดที่ไม่นำมารับประทาน พบมากที่สุดในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม เดือนละ 20 ชนิด เห็ดมีพิษ พบมากที่สุดในเดือนกันยายน 7 ชนิด และเห็ดที่มีฤทธิ์ทางยา พบทุกเดือน ยกเว้นเดือนมิถุนายน

3. เมื่อนำมาศึกษาลักษณะรูปร่างของสปอร์ในเห็ด 18 วงศ์ 36 ชนิด จากเห็ด 30 วงศ์ 119 ชนิด พบว่าลักษณะรูปร่างของสปอร์มี 6 แบบ จากทั้งหมด 29 แบบ

4. เมื่อนำมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพพื้นที่ศึกษา และจำนวนชนิดเห็ดรับประทานได้ พบว่าบริเวณป่าโปร่งมีเห็ดที่รับประทานได้มากที่สุด รองลงมาคือ ป่าทึบและพื้นที่โล่ง ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

กุศล ถมมา และคณะ, 2545, สัณฐานวิทยาและศักยภาพในการเพาะเลี้ยงเห็ดป่ากินได้ในเขตอำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น การประชุมวิชาการเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2545, ขอนแก่น, 152-161 หน้า

เกษม สร้อยทอง, 2537, เห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย, ศิริธรรม ออฟเซ็ท, กรุงเทพมหานคร

เฉลิมยศ อุทยารัตน์ และคณะ, 2552, เห็ดป่าในหุบเขาลำพญา ยะลา, ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 156 หน้า

นิวัต เสนาะเมือง, 2553, เห็ดป่าเมืองไทย : ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์, หจก.ยูนิเวอร์แซลพริ้นติ้ง แอนด์กราฟฟิก กรุงเทพมหานคร, 424 หน้า

ฝ่ายสิ่งแวดล้อมนิเวศวิทยาและพลังงาน, 2550, เห็ดในป่าสะแกราช, กรุงเทพมหานคร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 154 หน้า

ศูนย์สารสนเทศ สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้, (ออนไลน์) 2548, โครงการป่าชุมชนป่าดงภูดิน, (อ้างเมื่อ 22 มิถุนายน 2559) จาก : http://forestinfo.forest.go.th/55/fCom_detail.aspx?d=6646

อนงค์ จันทร์ศรีกุล, พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ และอุทัยวรรณ แสงวณิช, 2551, ความหลากหลายของเห็ดราขนาดใหญ่ในประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 541 หน้า

อุษา กลิ่นหอมและวินัย กลิ่นหอม, 2550, ความหลากหลายของกลุ่มเห็ดผึ้งในภาคอีสาน, มหาสารคาม, อภิชาติการพิมพ์, 144 หน้า

Largent D, J., and Watling, R., 1977, How to Identify Mushrooms to Genus III : Microscopic Features, Mad River Press, Inc., California,

การประเมินลักษณะฟีโนไทป์บัวสายเขตร้อนสกุลย่อย *Brachyceras* ในจังหวัดชลบุรี

Phenotypic Evaluation of Tropical Waterlilies (Subgenus *Brachyceras*) in Chonburi Province

รัตนากร กฤษณชาญดี[1]
Kitsanachandee, R.[1]

Abstract

The phenotypic evaluation was performed by tropical waterlily; 2 indigenous varieties, 3 cultivars and 1 new hybrid. The experimental design was a RCB with 3 replications (3 seasons) in 2015; April-June, July-September and October-December. The data of phenotypic traits were collected including petal color, flower shape, flowering, petal number, self- compatibility, viviparous and agronomic traits viz. stem length, flower size and number of flowers per plant. Six tropical waterlilies differed significantly in 3 traits in 3 seasons. The King of Siam (Chalongkwan) showed the highest of all traits, except viviparous character. Linsay wood, Chompumamueaw, Miami rose and new hybrid no.1 were found viviparous character and self-compatibility. Effect of environment (3 seasons) was significant in stem length and number of flowers per plant.

Keywords: tropical waterlilies, subgenus *Brachyceras*, phenotypic, Chonburi province

บทคัดย่อ

การประเมินลักษณะฟีโนไทป์ที่แสดงออกของบัวสายเขตร้อนพันธุ์พื้นเมือง 2 พันธุ์, พันธุ์ลูกผสมใหม่ 1 พันธุ์ และพันธุ์การค้า 3 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ (3 ฤดูกาล) คือ เดือนเมษายน -มิถุนายน 2558, เดือนกรกฎาคม- กันยายน 2558 และเดือนตุลาคม - ธันวาคม 2558 เก็บข้อมูลลักษณะฟีโนไทป์ ได้แก่ สีของกลีบดอก, รูปทรงดอก, การให้ดอก, ความซ้อนของกลีบดอก, การผสมตัวเองติด, viviparous และลักษณะทางการเกษตร เช่น ความยาวก้านดอก, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก และจำนวนดอกต่อต้น พบว่า บัวสายเขตร้อนทั้ง 6 พันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใน 3 ลักษณะทั้ง 3 ฤดูกาล โดยพันธุ์ฉลองขวัญให้ค่าทุกลักษณะสูงที่สุดแต่ไม่สามารถขยายพันธุ์แบบ viviparous ได้ พันธุ์ลินซี่ วู้ด, พันธุ์มะเหมี่ยว, พันธุ์ไมอามี่ โรส และพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 พบการขยายพันธุ์แบบ viviparousและผสมตัวเองได้ ส่วนอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกทั้ง 3 ฤดูกาล พบนัยสำคัญในลักษณะความยาวก้านดอกและจำนวนดอกต่อต้นเท่านั้น

คำสำคัญ: บัวสายเขตร้อน สกุลย่อย *Brachyceras* ลักษณะฟีโนไทป์ จังหวัดชลบุรี

คำนำ

บัวสายเขตร้อนบานกลางวัน หรืออุบลชาติล้มลุก (Tropical waterlily) ไม่สามารถปลูกในเขตหนาวได้ เพราะสู้อากาศหนาวและน้ำแข็งในฤดูหนาวไม่ได้ จำแนกออกเป็น 2 กลุ่มคือ สกุลย่อย *Anacphya* และสกุลย่อย *Brachyceras* (เสริมลาภ, 2547: ณรงค์, 2550: สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย, 2550) โดยสกุลย่อยที่จัดว่ามีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีจำนวนชนิดมากที่สุดคือ สกุลย่อย *Brachyceras* ซึ่งใช้ในการศึกษาครั้งนี้ บัวสายเขตร้อนบานกลางวันที่พบในประเทศไทย ได้แก่ บัวผัน บัวเผื่อน บัวขาบ และบัวจงกลนี ซึ่งเป็นบัวพื้นเมืองที่พบตามแหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบมีการกระจายพันธุ์อยู่ทั่วไปในเขตศูนย์สูตรทั้งทวีปเอเชีย แอฟริกา และอเมริกา เช่น *Nymphaea ampla*, *Nymphaea caerulea*, *Nymphaea calliantha*, *Nymphaea capensis*, *Nymphaea colorata*, *Nymphaea elegans*, *Nymphaea flavovirens*, *Nymphaea heudelotii, Nymphaea micrantha*, *Nymphaea nouchali*, *Nymphaea ovalifolia*, Nymphaea stuhlmannii, *Nymphaea sulfurea* และ *Nymphaea togoensis* เป็นต้น จึงทำให้บัวสายเขตร้อนมีความแตกต่างของลักษณะสีกลีบดอก 9 สีคือ สีขาว ชมพู แดง เหลือง แสดฟ้าคราม ม่วงแดง ม่วงน้ำเงินและสีเหลือบ มูลค่าการส่งออกในตลาดโลกนั้นสกุล *Nymphaea* จัดอยู่ใน 5

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

[1] Division of plant production technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok Bangphra Campus, Chonburi Province, 20110

อันดับแรกของพรรณไม้น้ำที่มีการส่งออก โดยในปี 2552 มีการส่งออกคิดเป็นมูลค่า 21.15 ล้านบาท และในปี 2553 คิดเป็นมูลค่า18.76 ล้านบาท ตลาดที่สำคัญคือ ประเทศญี่ปุ่น รองลงมาได้แก่ สหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน และโปแลนด์ แต่จะพบว่าหลังปี 2553 การส่งออกลดลง อาจเนื่องสายพันธุ์ใหม่ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มีจำนวนน้อยและความสามารถในการผลิตต้นใหม่ทำได้ช้า (Chomchalow, 2007) ดังนั้นการศึกษาลักษณะที่แสดงออกของบัวสายเขตร้อนแต่ละพันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกพันธุ์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ทั้งแบบการผสมข้ามภายในสกุลย่อยเดียวกัน (Intersubgeneric hybridization) และการผสมข้ามระหว่างต่างสกุลย่อย (Intrasubgeneric hybridization) ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์บัวสายเขตร้อนบานกลางที่ใช้ในการทดลอง: ปลูกต้นบัวสายเขตร้อนบานกลางวันอายุ 5 เดือนจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ฉลองขวัญ, พันธุ์ลินซี่วู้ด, พันธุ์ชมพูม่าเหมี่ยว, พันธุ์ไมอามี่โรส, พันธุ์ขาวมงคล และพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์พันธุ์จากสถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก โดยพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ของ ผศ. ดร. ณ นพชัย ชาญศิลป์ ดำเนินการปลูกพันธุ์ละ 3 กระถาง กระถางละ 1 ต้น แล้วจัดเรียงลงในบ่อซีเมนต์ขนาดความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 3 เมตร ลึก 0.45 เมตร ณ สถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.ชลบุรี ตั้งแต่เดือนเมษายน - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำคือ ฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ สูตร 14-15-14 (อัตราส่วน 1:1) ปริมาณ 2 กรัมที่บรรจุในห่อกระดาษ จำนวน 3 ห่อต่อกระถาง โดยใส่ทุก 15 วัน หมั่นกำจัดวัชพืชน้ำและศัตรูพืช เช่น หอย หนอนชอนใบอย่างสม่ำเสมอ

การบันทึกข้อมูลลักษณะคุณภาพและลักษณะปริมาณ: หลังปลูก 45 วันทำการบันทึกข้อมูล โดยจะทำการบันทึกข้อมูล 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ลักษณะที่ทำการการบันทึกข้อมูลมีดังนี้ ลักษณะทางด้านคุณภาพ ได้แก่ สีด้านหน้าและหลังของแผ่นใบแก่, สีของก้านใบ, ลักษณะดอกตูม, จำนวนกลีบดอก (ความซ้อนของกลีบดอก), ทรงของดอก, สีของกลีบดอก, ลักษณะการออกดอก การติดเมล็ด (ฝัก) และการขยายพันธุ์แบบ viviparous ส่วนลักษณะปริมาณ คือ ความยาวก้านดอก (ซม.), ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก (ซม.) และจำนวนดอกต่อต้น (ดอก) (เสริมลาภ, 2547)

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างวิธี DMRT (Duncan's Multiple-Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พันธุ์บัวสายเขตร้อนบานกลางวันจำนวน 6 พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ พันธุ์การค้าจำนวน 3 พันธุ์ คือพันธุ์ฉลองขวัญ,พันธุ์ไมอามี่ โรส และพันธุ์ลินซี่ วู้ด, พันธุ์พื้นเมืองจำนวน 2 พันธุ์ คือพันธุ์ขาวมงคล และพันธุ์ชมพูมะเหมี่ยว และพันธุ์ลูกผสมใหม่จำนวน 1 พันธุ์ คือพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 รวบรวมเพื่อศึกษาลักษณะฟีโนไทป์ที่แสดงออกใน 3 ฤดูกาล ณ สถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ. ชลบุรี ลักษณะฟีโนไทป์ที่ศึกษาได้แสดงไว้ใน Table 1 และ 2 สีแผ่นใบอ่อนและใบแก่ของบัวสายเขตร้อนบานกลางวันคงเดิมไม่มีการเปลี่ยนการเก็บข้อมูลจึงเก็บเฉพาะใบแก่เท่านั้น ซึ่งพบว่า พันธุ์ไมอามี่ โรส สีแผ่นใบมีสีเขียวแถบลายด่างสีแดง (หน้าใบ) และสีเขียวกระสีแดง (หลังใบ) ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์อื่นๆ ลักษณะของขอบใบจักมนและก้านใบไม่มีขนจะเป็นลักษณะเฉพาะของบัวสายเขตร้อนทุกพันธุ์จะแสดงออกเหมือนกัน สีของก้านใบส่วนใหญ่จะมีสีเขียวยกเว้นพันธุ์ชมพูมะเหมี่ยวและพันธุ์ลินซี่วู้ด การซ้อนทับกันของฐานใบพบเฉพาะพันธุ์ขาวมงคลและพันธุ์ฉลองขวัญ (Figure 1)

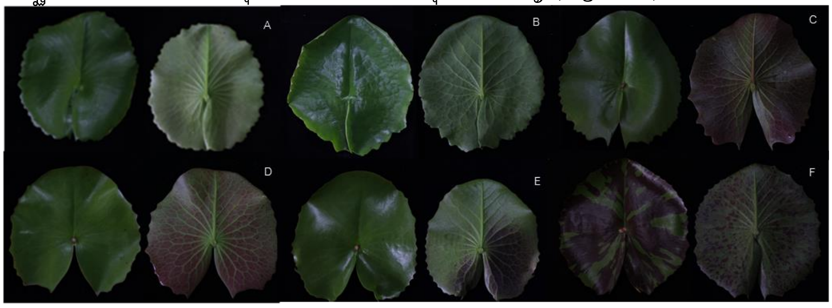


Figure 1 Leaf color (top - upside) and sinus overlap characters of 6 waterlillies; A = Kwamongkol, B = Chalongkwan, C = Chompumamueaw, D = New Hybride No.1, E = Linsey wood and F = Miami rose

ลักษณะสีของกลีบดอกมีสีแตกต่างกัน คือ พันธุ์ขาวมงคล กลีบดอกสีขาว, พันธุ์ฉลองขวัญ กลีบดอกสีน้ำเงินม่วง, พันธุ์ชมพู่มะเหมี่ยว กลีบดอกสีชมพูแดง, พันธุ์ลินซี่ วู้ด กลีบดอกสีน้ำเงินม่วง, พันธุ์ไมอามี่ โรส กลีบดอกสีชมพู และพันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์1 กลีบดอกสีเหลืองปลายกลีบม่วง ความซ้อนของกลีบ (จำนวนกลีบดอก) พันธุ์ฉลองขวัญจะมีกลีบดอกซ้อนมากพิเศษและพันธุ์ไมอามี โรส กลีบดอกซ้อน ซึ่งทั้งสองพันธุ์จะมีลักษณะทรงดอกแบบแผ่ครึ่งวงกลม ส่วนอีก 5 พันธุ์จะมีทรงดอกแบบถ้วยและจำนวนกลีบดอกไม่ซ้อน (Figure 2) ลักษณะความยาวก้านดอก (ซม.)และเส้นผ่านศูนย์กลางดอก (ซม.) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสามฤดูกาล ส่วนจำนวนดอกต่อต้นในฤดูร้อนและฤดูฝนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ยกเว้นฤดูหนาวที่จำนวนดอกต่อต้นไม่แตกต่างกัน เพราะอุณหภูมิลดลงจะส่งผลต่อการออกดอกของบัวสายเขตร้อน ทำให้ปริมาณดอกที่พบของแต่ละพันธุ์ลดลง ซึ่งพันธุ์ที่พบว่าให้ลักษณะที่กล่าวมาแล้วข้างต้นดีที่สุดทั้งสามฤดูกาลได้แก่ พันธุ์ฉลองขวัญ (Table 2) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบลักษณะการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและแบบ viviparous กับพันธุ์ฉลองขวัญ รวมทั้งพันธุ์ขาวมงคลจะไม่พบการขยายพันธุ์แบบ viviparous แต่สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดได้ ซึ่งลักษณะการติดเมล็ดและการขยายพันธุ์แบบ viviparous ช่วยให้การเพิ่มจำนวนต้นกล้าใหม่ได้ดีกว่าการแตกหัว ซึ่งจะได้จำนวนน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เยาวมาลย์และปิยะวดี (2555) จึงได้นำเอาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้ฮอร์โมน N6-Benzylaminopurine (BA) และ 3-indole acetic acid (IAA) ชักนำให้เกิดยอดของบัวฉลองขวัญ พบว่าฮอร์โมนทั้งสองมีประสิทธิภาพดีในการชักนำให้เกิดยอด เนื่องจากพันธุ์ฉลองขวัญขยายพันธุ์ได้ยากและได้จำนวนหัวเพื่อพัฒนาเป็นต้นใหม่น้อย จึงจำเป็นต้องนำเทคนิคทางด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้ แต่การใช้เทคนิคเหล่านี้จะต้องอาศัยความชำนาญและต้นทุนในการทำสูง ดังนั้น การคัดเลือกพันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์จึงควรมีลักษณะการขยายพันธุ์แบบพิเศษ (viviparous) และการขยายพันธุ์แบบเมล็ดร่วมด้วยจะทำให้ลูกผสมใหม่ที่ได้มีการขยายพันธุ์ได้เร็ว ทันต่อความต้องการของตลาด เช่นเดียวกับที่ไพรัตน์ (2553) กล่าวไว้ว่า การที่จะประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์บัวประดับจะต้องคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะการขยายพันธุ์ได้เร็วสามารถนำมาใช้เป็นได้ทั้งพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์

Figure 2 Flower character of 6 waterlillies; A = Kwamongkol, B = Chalongkwan, C = Chompumamueaw, D = New Hybride No.1, E = Linsey wood and F = Miami rose

สรุปผล

พันธุ์บัวสายเขตร้อนที่ใช้การศึกษาครั้งนี้สามารถเจริญได้ดีในพื้นที่จังหวัดชลบุรี โดยเฉพาะพันธุ์ฉลองขวัญแสดงลักษณะ ฟีโนไทป์ดีกว่าทุกพันธุ์ แต่ไม่เหมาะสมต่อการใช้เป็นต้นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ เนื่องจากเกสรตัวผู้เปลี่ยนเป็นกลีบดอก, ไม่สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและขยายพันธุ์แบบ viviparous ได้ รวมทั้งให้จำนวนหัวเพื่อผลิตเป็นต้นใหม่น้อย ดังนั้น บัวสายเขตร้อนที่มีลักษณะให้เมล็ดและขยายพันธุ์แบบ viviparous ได้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาพันธุ์ต่อไป เช่น พันธุ์ชมพู่มะเหมี่ยว, พันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 1, พันธุ์ลินซี่ วู้ด เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี ที่อนุเคราะห์พันธุ์บัวสายเขตร้อนบานกลางวันเพื่องานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้งบประมาณสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ โฉมเฉลา, 2550, ศัพท์บัว, เครือข่ายปลูกพืชพื้นเมืองไทยร่วมกับสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 112 หน้า

ไพรัตน์ ทรงพาณิช, 2553, เทคนิคการผสมพันธุ์บัวฝรั่ง, วารสารกสิกร 83(6) พฤศจิกายน-ธันวาคม, 37-42 .

สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย (สพส.), 2550, มหัศจรรย์บัวสายไทย, สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย (สพส.) ด้วยความสนับสนุนทางวิชาการจากสมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย (สมป.)และชมรมผู้รักบัวแห่งประเทศไทย (ชบท.), กรุงเทพฯ, 16.

เสริมลาภ วสุวัต, 2547, บัวประดับในประเทศไทย 1, เนชั่นบุ๊คส์, กรุงเทพฯ,. 192.

เยาวมาลย์ น้อยใหม่ และ ปิยะวะดี เจริญวัฒนะ, 2555, ผลของ BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอดเชื้อ, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 43, (2), (พิเศษ), 249-252

Chomchalow, N., 2007, Amazing Thai Waterlily, The Horticulture Science Society of Thailand (HSST) with technical support from the society for Ornamental Plants of Thailand, Bangkok, Thailand, 16.

Table 1 Qualitative morphological characters measured for 6 tropical waterlilies (Subgenus *Brachyceras*)

Line	Leaf characters			Flower characters				Other characters	
	Shape	Sinus overlap	Petiole color	Petal color	Flower shape	Petal shape	No. of petals	Pod	Viviparous
Chalongkwan	Orbicular	Present	green	Deep blue	Semicircle	Linear	45-48 petals	Absent	Absent
Kwamongkol	Orbicular	Present	green	White	Cuplike	Ovate	19-20 petals	Present	Absent
Chompumamueaw	Ovate	Absent	reddish	Reddish plum	Cuplike	Linear	19-20 petals	Present	Present
Linsey wood	Orbicular	Absent	reddish	Light purple	Cuplike	Linear	19-20 petals	Present	Present
Miami rose	Orbicular	Absent	green	Pink	Semicircle	Linear	21-23 petals	Present	Present
New Hybrid No.1	Orbicular	Absent	green	Yellow with purple tip	Cuplike	Elliptic	19-20 petals	Present	Present

Table 2 Mean comparison of stem length (cm.), flower diameter (cm.) and number of flowers per plant characters in 3 seasons

Lines	Dry season			Rainy Season			Cold season		
	SL (cm.)	FD (cm.)	FP	SL (cm.)	FD (cm.)	FP	SL (cm.)	FD (cm.)	FP
Chalongkwan	16.73^{a}	14.50^{a}	13.00^{a}	15.90^{a}	14.83^{a}	12.00^{a}	14.93^{a}	13.33^{a}	9.67
Kwamongkol	14.60^{b}	11.30^{b}	12.33^{a}	14.40^{b}	11.57^{b}	11.67^{a}	14.33^{a}	11.47^{b}	9.33
Chompumamueaw	13.07^{c}	9.20^{d}	12.00^{a}	13.90^{bc}	9.57^{d}	11.00^{a}	12.43^{b}	9.47^{c}	8.67
Linsey wood	13.77^{bc}	8.03^{e}	10.67^{ab}	13.57^{bc}	8.83^{e}	11.00^{a}	12.23^{b}	8.50^{d}	9.33
Miami rose	13.07^{c}	10.43^{c}	9.00^{bc}	13.70^{bc}	10.13^{c}	9.00^{b}	13.17^{b}	10.03^{c}	9.33
New Hybrid No.1	12.80^{c}	8.30^{e}	7.33^{c}	12.87^{c}	8.17^{f}	9.33^{b}	12.23^{b}	8.53^{d}	8.67
F-test	**	**	*	*	**	*	**	**	ns
C.V%	8.82	14.67	14.28	7.59	14.36	10.98	8.20	13.16	11.7

การผลิตไวน์สับปะรดผสมแครอท

Wine Production from Pineapple Mixed with Carrot

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์[1] และ สุนันทิดา สิงหพล
Chaikulsareewath, A.[1] and Singhapol, S.

Abstract

This study was investigated the mixed pineapple-carrot wine product. Pineapple juice and water were mixed at 1:1, 1:3 and 1:5 (by volume). Result showed that mixed volume at ratio 1:1 obtained the highest alcohol (15.40±0.20% by volume) at day 20, with no significant difference of sensory evaluation. Carrot juice and water was then varied at 1:3, 1:5 and 1:7 (by volume). The mixed ratio at 1:3 obtained the highest alcohol (12.30±0.30% by volume) at fermentation day 20th, and taste was not significantly different. When pineapple juice:water (1:1) and carrot juice:water (1:3) was fermented at ratio of 2:1, 1:1 and 1:2 (by volume). The mixed volume at ratio 2:1 obtained the highest alcohol (13.70±0.30% by volume) on day 20. However, aroma and overall of all ratios were not significantly different which the ratio 2:1 had the highest appearance, taste and aftertaste scores ($p \leq 0.05$).

Keywords: wine, pineapple, carrot

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตไวน์สับปะรดผสมแครอท เริ่มจากการศึกษาอัตราส่วนของน้ำสับปะรดต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:1 1:3 และ 1:5 (โดยปริมาตร) พบว่าอัตราส่วน 1:1 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 15.40±0.20 (โดยปริมาตร) ในวันที่ 20 ของการหมัก จากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไวน์ทั้ง 3 อัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อศึกษาอัตราส่วนน้ำแครอทต่อน้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 (โดยปริมาตร) พบว่าที่อัตราส่วน 1:3 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 12.30±0.30 (โดยปริมาตร) ในวันที่ 20 ของการหมัก และไม่พบว่าไวน์ทั้ง 3 อัตราส่วนแตกต่างกันเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำสับปะรดคั้นต่อน้ำ (1:1) และน้ำแครอทคั้นต่อน้ำ (1:3) ต่อการหมักไวน์ใช้อัตราส่วน 2:1 1:1 และ 1:2 (โดยปริมาตร) พบว่าไวน์ที่ใช้อัตราส่วน 2:1 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด เท่ากับร้อยละ 13.70±0.30 (โดยปริมาตร) ในวันที่ 20 ของการหมัก พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วน มีคะแนนด้านกลิ่นและความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างทางสถิติ ส่วนลักษณะปรากฏ รสชาติ และสิ่งตกค้างในปาก พบว่าอัตราส่วน 2:1 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุด ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ไวน์ สับปะรด แครอท

คำนำ

ไวน์เป็นเครื่องดื่มประเภทที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ ผลิตขึ้นจากผลไม้ต่างๆ โดยเฉพาะผลองุ่น จึงนิยมเรียกว่าไวน์องุ่น เชื่อกันมานานว่าการดื่มไวน์เป็นประจำก่อนรับประทานอาหาร จะช่วยป้องกันโรคภัยรวมทั้งชะลอความชราลงได้ เนื่องจากมีสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ (antioxidants) และมีจำนวนฟีนอลิก (phenolic compounds) อยู่หลายชนิด เช่น แอนโทไซยานิน (anthocyanins) และ ฟลาโวนอล (flavonols) เป็นต้น (Jin และคณะ, 2009) โดยทั่วไปแล้วผลไม้แทบทุกชนิดหรือพืชพรรณเกษตรสามารถผลิตไวน์คุณภาพดีได้เช่นกัน (ศักดิ์สิทธิ์ และ ไพบูลย์, 2547) ผลไม้ที่เหมาะสำหรับทำไวน์ควรมีรสหวานอมเปรี้ยว มีสี กลิ่น และรสชาติดี หรือมีรสฝาดเล็กน้อย ในกระบวนการผลิตไวน์ต้องมีการปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการหมักไวน์ ทั้งความเป็นกรด และสารอาหารให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์เพื่อใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ ผลไม้ที่นิยมมาทำไวน์และได้ผลดี ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง กระท้อน ชมพู่ มะม่วง มะยม มะขามเปียก หม่อน มะขามป้อม และสับปะรด เป็นต้น (ประดิษฐ์, 2545) สับปะรดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งวิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี และแร่ธาตุ แคลเซียม ฟอสฟอรัสและเหล็ก มีเอนไซม์โบมีเลน (bromelain) ช่วยย่อยโปรตีนไม่ให้ตกค้างในลำไส้ น้ำสับปะรดมีปริมาณน้ำตาลอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งผลการตรวจ

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เพชรเกษม ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam university, Petchkasem, Phasicharoen, Bangkok 10160

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในสับปะรดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 9-20 และมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.65-0.85 (นิอร และคณะ, 2554; Kongsuwan และคณะ, 2009; Panjai และคณะ, 2009) แครอทเป็นพืชกินหัว เนื้อมีหลายสี เช่น เนื้อสีขาว เหลือง ส้ม แดง ม่วงและดำ แครอทเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารเบต้าแคโรทีน (Beta carotene) โดยเฉพาะบริเวณส่วนของเปลือกแก่ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอสูง (11,000 IU) นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี1 บี2 และวิตามินบี วิตามินเอช่วยทำให้ร่างกายมีภูมิต่อต้านโรคหวัด ป้องกันโรคมะเร็ง ป้องกันอาการผิดปกติในกระดูก โรคผิวหนังและรักษาสายตา นิยมรับประทานสด ในสลัด หรือนำมาประกอบอาหารชนิดอื่นๆ เช่น ผัด ต้มซุป ใส่แกงจืด ใช้ทำส้มตำแบบมะละกอ คั้นสดรับประทานเป็นน้ำเพื่อสุขภาพ และช่วยเพิ่มสีสันในจานอาหาร (กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี, ม.ป.ป.) การทำไวน์โดยทั่วไปมักจะใช้ผลไม้ในการหมัก แต่พืชชนิดอื่นๆ ก็นำมาทำไวน์ได้ดีเช่นเดียวกัน เช่น ธัญพืช สมุนไพร ดอกไม้ เครื่องเทศ รวมทั้งผัก แต่ไวน์ผักไม่ค่อยมีใครทำกันมากนัก เนื่องจากผักส่วนใหญ่โดยเฉพาะผักที่เป็นรากหรือหัวจะไม่มีกรด ไม่มีรสเปรี้ยว เช่นแครอท จึงต้องใช้การปรับส่วนประกอบให้เหมาะสมต่อการหมักไวน์ โดยเติมสารเคมีหรือผสมกับผลไม้ที่มีความเป็นกรด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์จากน้ำสับปะรดผสมน้ำแครอท เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์ให้มีความหลากหลายมายิ่งขึ้น อีกทั้งเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับไวน์ และยังจะส่งผลต่อการเพิ่มมูลค่าของสับปะรดและแครอทให้สูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการเตรียมกล้าเชื้อและขั้นตอนการทดลองดัดแปลงมาจากการทดลองของอำพรรณ และปิยมาศ (2548) โดยเตรียมกล้าเชื้อโดยเลี้ยงยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ *Burgundy* (สถาบันวิจัยและฝึกอบรม การเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตลำปาง) ในขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำสับปะรดเข้มข้นร้อยละ 100 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้กล้าเชื้อมีความเข้มข้น ร้อยละ 10 ของน้ำหมัก 3 ลิตร จากนั้นทำการศึกษาต่อไป โดยใช้สับปะรด พันธุ์ปัตเตเวีย และแครอท พันธุ์หงส์แดง มาศึกษาการผลิตไวน์

ศึกษาอัตราส่วนของน้ำสับปะรดต่อน้ำที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์สับปะรด โดยเตรียมน้ำสับปะรด (สับปะรดสดคั้นน้ำ) ผสมกับน้ำต้มอัตราส่วน 1:1 (น้ำสับปะรดคั้น 1,500 มิลลิลิตร:น้ำต้ม 1,500 มิลลิลิตร) 1:3 (น้ำสับปะรดคั้น 750 มิลลิลิตร: น้ำต้มสุก 2,250 มิลลิลิตร) และ 1:5 (น้ำสับปะรดคั้น 500 มิลลิลิตร:น้ำต้มสุก 2,500 มิลลิลิตร) จากนั้นปรับให้มีความหวาน 22 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลทราย ปรับให้มีความเป็นกรด เท่ากับ 0.4-0.6 กรัมต่อลิตร ด้วยกรดซิตริก เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (potassium metabisulfite: KMS) 150-200 ppm ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ต่อมาเติมกล้าเชื้อที่เตรียมได้ลงในขวดที่มีน้ำสับปะรดอัตราส่วนต่างๆ ทำการหมักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน เก็บตัวอย่างทุก 4 วัน มาวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ จากนั้นนำไวน์ทั้ง 3 อัตราส่วนมาทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ (appearance) กลิ่น (aroma) รส (taste) สิ่งตกค้างในปาก (Aftertaste) และความชอบโดยรวม (overall) ด้วยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ศึกษาอัตราส่วนของน้ำแครอทต่อน้ำที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์แครอท ที่อัตราส่วน 1:3 1:5 และ 1:7 โดยนำน้ำแครอท (นำแครอทมาปั่นเพื่อคั้นน้ำ) 750 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำต้มปริมาตร 2,250 มิลลิลิตร จะได้น้ำแครอทต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:3 สำหรับอัตราส่วน 1:5 และ 1:7 ให้ทำเช่นเดียวกับอัตราส่วน 1:3 แต่ใช้น้ำแครอท 500 มิลลิลิตรต่อน้ำ 2,500 มิลลิลิตร สำหรับอัตราส่วน 1:5 ส่วนที่อัตราส่วน 1:7 ใช้น้ำแครอท 375 มิลลิลิตรต่อน้ำ 2,625 มิลลิลิตร จากนั้นปรับให้มีความหวาน 22 องศาบริกซ์ ปริมาณกรด เท่ากับ 0.4-0.6 กรัมต่อลิตร ตามการศึกษาข้างต้น เติม KMS 150-200 ppm ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ต่อมาเติมกล้าเชื้อที่เตรียมได้ลงในขวดที่มีน้ำสับปะรดอัตราส่วนต่างๆ หมักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน เก็บตัวอย่างทุก 4 วัน มาวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ ทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) ตามวิธีข้างต้น

ศึกษาอัตราส่วนน้ำสับปะรดต่อน้ำแครอทที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์แครอทผสมสับปะรด โดยนำน้ำสับปะรดผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 (ส่วนผสม A) และน้ำแครอทผสมน้ำในอัตราส่วน 1:3 (ส่วนผสม B) ผสมกันในอัตราส่วน A:B เท่ากับ 1:1 1:2 และ 2:1 ให้ได้ปริมาตร 3,000 มิลลิลิตร จากนั้นปรับให้มีความหวาน 22 องศาบริกซ์ ปริมาณกรด เท่ากับ 0.4-0.6 กรัมต่อลิตร ตามการศึกษาข้างต้น เติม KMS 150-200 ppm ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ต่อมาเติมกล้าเชื้อที่เตรียมได้ลงในขวดที่มีน้ำสับปะรดอัตราส่วนต่างๆ หมักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน เก็บตัวอย่างทุก 4 วัน มาวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ (%alcohol) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid; TSS) ปริมาณกรดทั้งหมด (หาเป็นค่ากรดซิตริก) และค่าความเป็นกรด-ด่าง จากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รส สิ่งตกค้างในปาก และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตไวน์แครอทผสมสับปะรด โดยเริ่มจากศึกษาอัตราส่วนของน้ำสับปะรดต่อน้ำที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์สับปะรด โดยใช้อัตราส่วน 1:1 1:3 และ 1:5 พบว่า ทุกอัตราส่วนจะมีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และผลิตในปริมาณใกล้เคียงกันทั้ง 3 อัตราส่วน โดยที่อัตราส่วน 1:1 จะผลิตแอลกอฮอล์สูงสุดคือร้อยละ 15.40±0.20(โดยปริมาตร) ในวันที่ 20 ของการหมัก อัตราส่วน 1:3 และ 1:5 มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 14.50±0.30 และ 12.30±0.20 (โดยปริมาตร)ตามลำดับ การที่ทั้ง 3 อัตราส่วนมีปริมาณแอลกอฮอล์ใกล้เคียงกันเนื่องจากมีการปรับความหวานและความเป็นกรดให้เท่ากัน แต่ที่อัตราส่วน 1:1 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด เนื่องจากอัตราส่วน 1:1 เจือจางน้อยที่สุด จึงมีปริมาณสารอาหารสูงกว่าอัตราส่วนอื่น เนื่องจากในสับปะรดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีน้ำตาล มีปริมาณไนโตรเจนที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ได้ และสารอาหารที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและการหมักของยีสต์ (growth factor) เป็นต้น (นิอร และคณะ, 2554; Ribéreau-Gayon และคณะ, 2006) ซึ่งเหมาะต่อการเจริญของยีสต์ที่ใช้ในการหมักและผลิตแอลกอฮอล์ จากนั้นทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 1 พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วนได้รับการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

จากนั้นศึกษาอัตราส่วนของน้ำแครอทต่อน้ำที่เหมาะสมในการหมักไวน์แครอท โดยใช้อัตราส่วนน้ำแครอทต่อน้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน 1:3 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดคือร้อยละ 12.30±0.30 (โดยปริมาตร) ในวันที่ 20 ของการหมัก อัตราส่วน 1:5 และ 1:7 มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 11.60±0.20 และ 11.00±0.10 (โดยปริมาตร) ตามลำดับ การที่ทั้ง 3 อัตราส่วนมีปริมาณแอลกอฮอล์ใกล้เคียงกันเนื่องจากมีการปรับความหวานและความเป็นกรดให้เท่ากัน แต่ที่อัตราส่วน 1:3 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด เนื่องจากอัตราส่วน 1:3 เจือจางน้อยที่สุด จึงมีปริมาณสารอาหารสูงกว่าอัตราส่วนอื่น และส่งผลให้ให้แอลกอฮอล์สูงสุด จากนั้นทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 2 พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วนได้รับการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

การศึกษาอัตราส่วนของน้ำสับปะรดและน้ำแครอทที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์ โดยนำสัดส่วนที่เหมาะสมมากที่สุดจากการทดลองข้างต้นมาทำไวน์ โดยนำน้ำสับปะรดต่อน้ำ (1:1) (A) และน้ำแครอทต่อน้ำ (1:3) (B) มาแปรอัตราส่วน A:B เป็น 1:1 1:2 และ 2:1 มาหมักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน และเก็บตัวอย่างมาทุกๆ 4 วัน เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรดซิตริก และค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ผลการทดลองดัง Table 3-6 จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่ 2:1 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดคือร้อยละ 13.70±0.30 (โดยปริมาตร) ในวันที่ 20 ของการหมัก ซึ่งมีความแตกต่าง กับอีก 2 อัตราส่วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 12.40±0.30 และ 12.10±0.40 (โดยปริมาตร) ตามลำดับ จากTable 3-6 พบว่า เมื่อใช้เวลาในการหมักมากขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์ค่อยๆ สูงขึ้นพร้อมๆ กับปริมาณของแข็งที่ลดลง ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น และค่าพีเอชลดลง เนื่องจาก *Saccharomyces cerevisiae* ผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตส (Invertase enzyme) ที่สามารถย่อยสลายน้ำตาลซูโครสได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส จากนั้นกลูโคสจึงถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเอนไซม์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในวิถี Embden-Meyerhof-Panas (EMP) ส่งผลให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยยีสต์จะใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโตพร้อมกับการผลิตแอลกอฮอล์ไปพร้อมๆ กัน และในระหว่างการหมักจะมีการสร้างกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (Chanprasartsuk และคณะ, 2012) การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดในไวน์ตลอดช่วงระยะเวลาในการหมัก-ผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย และทำให้สภาวะเหมาะสมต่อการเจริญของหัวเชื้อมากขึ้น (Okeke และคณะ, 2015) จากนั้นนำไวน์ที่ผลิตได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รส สิ่งตกค้างในปาก และความชอบโดยรวม จากผู้ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 30 คน ได้ผลการทดลองดัง Table 1 พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วน มีคะแนนด้านกลิ่นและความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างทางสถิติ (p>0.05) ส่วนลักษณะปรากฏ รสชาติ และรสชาติหลังกลืนของอัตราส่วน 2:1 ได้รับคะแนนการยอมรับมากกว่าอีก 2 อัตราส่วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

สรุปผล

การผลิตไวน์น้ำสับปะรดผสมน้ำแครอท จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนของน้ำสับปะรดต่อน้ำที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์ คือ 1:1 (A) ส่วนอัตราส่วนของน้ำแครอทต่อน้ำที่เหมาะสมต่อการหมักไวน์คือ 1:3 (B) จากนั้นนำอัตราส่วนดังกล่าวมาผสมกันในอัตราส่วน A: B เท่ากับ 1:1 1:2 และ 2:1 ทำการหมักเป็นเวลา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราส่วนที่ผลิตแล้วได้แอลกอฮอล์สูงสุด (ร้อยละ 13.70 โดยปริมาตร) และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ในด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และรสชาติหลังกลืน คือ 2:1

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี ส่วนส่งเสริมและเผยแพร่ กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป., แครอท จากหนังสือเอกสารวิชาการ: การปลูกผักบนพื้นที่สูง, [สืบค้น], http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/item.php?id=2011-005-0051 [30/Oct/2016].

นิอร โฉมศรี ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน พงศ์ยุทธ นวลบุญเรือง อัณญ์กาญจน์ นวลบุญเรือง และเข็มทอง อ๋องทิพย์, 2554, การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสับปะรดเพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง, 642 หน้า.

ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2545, ไวน์:ศาสตร์และศิลป์, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 167 หน้า.

ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย และไพบูลย์ ด่านวิรุทัย, 2547, การวิเคราะห์ทางเคมีของไวน์พื้นบ้าน, วารสารศูนย์บริการวิชาการ, 12(1):23-29.

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และปิยมาศ วงษ์ประยูร, 2548, การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์มะม่วง, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 2(1): 28-35.

Chanprasartsuk, O., Pheanudomkitlert, K. and Toonwai, D., 2012, Pineapple Wine Fermentation with Yeasts Isolated from Fruit as Single and Mixed Starter Cultures, Asian Journal of Food and Agro-Industry, 5(2):104-111.

Jin, Z.M., He, J.J., Bi, H.Q., Cui, X.Y. and Duan, C.Q., 2009, Phenolic Compound Profiles in Berry Skins from Nine Red Wine Grape Cultivars in Northwest China, Molecules, 14: 4922-4935.

Kongsuwan, A, Suthiluk, P., Theppakorn, T., Srilaong, V. and Setha, S., 2009, Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of Phulae and Nanglae Pineapple, Asian Journal of Food and Agro-Industry, Special Issue:44-50.

Okeke, B.C, Agu, K.C., Uba, P.O., Awah, N.S., Anaukwu C.G., Archibong, E.J., Uwanta, L.I., Ezeneche, J.N. Ezenwa, C.U. and Orji, M.U., 2015, Wine Production from Mixed Fruits (Pineapple and Watermelon) Using High Alcohol Tolerant Yeast Isolated from Palm Wine, Universal Journal of Microbiology Research, 3(4):41-44.

Panjai, L., Ongthip, K. and Chomsri, N., 2009, Complex Fruit Wine Produced from Dual Culture Fermentation of Pineapple Juice with *Torulaspora delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae*, Asian Journal of Food and Agro-Industry, 2(2):135-139.

Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A. and Dubourdieu, D., 2006, Alcohols and Other Volatile Compounds, In: John Wiley & Sons (Ed.), The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments, 2nd edn.: Handbook of Enology, vol. 2, pp. 51-64, Chichester, England.

Table 1 Sensory evaluation of pineapple wine by quantitative descriptive analysis

Ratio of pineapple juice	Sensory evaluation results				
	Appearance^{ns} (3 scores)	Aroma^{ns} (6 scores)	Taste^{ns} (6 scores)	Aftertaste^{ns} (3 scores)	Overall^{ns} (2 scores)
1:1	1.83±0.06	3.80±0.10	3.40±0.05	2.20±0.07	1.33±0.09
1:3	1.73±0.10	3.50±0.18	3.26±0.15	1.90±0.30	1.16±0.12
1:5	1.80±0.05	3.36±0.09	3.53±0.08	2.13±0.10	1.46±0.16

ns in the same column means are not significant at p>0.05, Value represents from n=30

Table 2 Sensory evaluation of carrot wine by quantitative descriptive analysis

Ratio of carrot juice	Sensory evaluation results				
	Appearance^{ns} (3 scores)	Aroma^{ns} (6 scores)	Taste^{ns} (6 scores)	Aftertaste^{ns} (3 scores)	Overall^{ns} (2 scores)
1:3	2.45±0.15	3.80±0.22	3.76±0.25	1.83±0.28	1.13±0.23
1:5	2.53±0.09	3.93±0.15	3.83±0.19	2.03±0.10	1.23±0.15
1:7	2.56±0.04	4.10±0.08	4.03±0.08	2.13±0.05	1.36±0.03

ns in the same column means are not significant at p>0.05, Value represents from n=30

Table 3 Impact of ratio of pineapple and carrot juice on alcohol production during wine fermentation

Incubation time (Day)	Alcohol content (%) at ratio of pineapple and carrot juice		
	2:1	1:1	1:2
0^{ns}	0	0	0
4	3.40^{a}±0.20	2.80^{b}±0.30	2.40^{b}±0.30
8	5.10^{a}±0.20	4.70^{ab}±0.40	4.50^{b}±0.40
12	8.90^{a}±0.50	8.00^{ab}±0.40	7.30^{b}±0.30
16	11.80^{a}±0.40	11.40^{ab}±0.40	10.80^{b}±0.50
20	13.70^{a}±0.30	12.40^{b}±0.30	12.10^{b}±0.40

a, b, c means with the different letters in the same row are significant at $p \leq 0.05$
ns in the same row means are not significant at $p > 0.05$
Value represents from n=30

Table 4 Impact of ratio of pineapple and carrot juice on total soluble solid during wine fermentation

Incubation time (Day)	Total soluble solid (°Brix) at ratio of pineapple and carrot juice		
	2:1	1:1	1:2
0^{ns}	22.00±0.30	22.00±0.20	22.00 ±0.30
4	19.70^{b}±0.20	19.80^{ab}±0.30	20.40^{a}±0.30
8	16.40^{c}±0.30	17.80^{b}±0.20	18.90^{a}±0.30
12	13.90^{ab}±0.10	13.5^{b}±0.20	14.20^{a}±0.20
16	9.30^{c}±0.30	10.70^{b}±0.20	11.70^{a}±0.10
20	4.10^{c}±0.40	6.30^{b}±0.30	8.60^{a}±0.40

a, b, c means with the different letters in the same row are significant at $p \leq 0.05$
ns in the same row means are not significant at $p > 0.05$
Value represents from n=30

Table 5 Impact of ratio of pineapple and carrot juice on citric acid content during wine fermentation

Incubation time (Day)	Citric acid content (%) at ratio of pineapple and carrot juice		
	2:1	1:1	1:2
0^{ns}	0.42±0.02	0.40±0.04	0.44±0.01
4	0.47^{b}±0.00	0.44^{c}±0.01	0.64^{a}±0.02
8	0.53^{ab}±0.04	0.52^{b}±0.03	0.57^{a}±0.02
12	0.59^{b}±0.01	0.52^{c}±0.02	0.64^{a}±0.02
16	0.64^{b}±0.01	0.64^{b}±0.03	0.76^{a}±0.02
20	0.64^{b}±0.02	0.64^{b}±0.02	0.76^{a}±0.01

a, b, c means with the different letters in the same row are significant at $p \leq 0.05$
ns in the same row means are not significant at $p > 0.05$
Value represents from n=30

Table 6 Impact of ratio of pineapple and carrot juice on pH during wine fermentation

Incubation time (Day)	pH at ratio of pineapple and carrot juice		
	2:1	1:1	1:2
0^{ns}	3.97±0.07	3.87±0.10	3.84±0.09
4	3.89^{a}±0.11	3.72^{ab}±0.09	3.68^{b}±0.10
8	3.59^{ns}±0.15	3.48^{ns}±0.12	3.49^{ns}±0.11
12	3.38^{ab}±0.07	3.24^{b}±0.08	3.41^{a}±0.10
16^{ns}	3.19^{ns}±0.09	3.20^{ns}±0.07	3.16^{ns}±0.03
20^{ns}	3.13^{ns}±0.08	3.15^{ns}±0.10	3.09^{ns}±0.09

a, b, c means with the different letters in the same row are significant at $p \leq 0.05$
ns in the same row means are not significant at $p > 0.05$
Value represents from n=30

Table 7 Sensory evaluation of pineapple and carrot wine by quantitative descriptive analysis

Ratio of pineapple and carrot juice	Sensory evaluation results				
	Appearance (3 scores)	Aroma^{ns} (6 scores)	Taste (6 scores)	Aftertaste (3 scores)	Overall^{ns} (2 scores)
2:1	1.96^{a}±0.07	4.03±0.10	5.93^{a}±0.06	2.43^{a}±0.14	1.36±0.09
1:1	1.80^{b}±0.03	3.86±0.12	5.70^{b}±0.17	2.13^{ab}±0.18	1.30±0.12
1:2	1.73^{c}±0.04	3.96±0.08	5.63^{b}±0.10	2.06^{b}±0.09	1.14±0.16

a, b, c means with the different letters in the same column are significant at $p \leq 0.05$
ns in the same column means are not significant at $p > 0.05$
Value represents from n=30

ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อโจ๊กผสมปลายข้าวเหนียวดำ

Consumer Acceptance of the Broken Black Glutinous Rice Porridge

นิตยา ไชยเนตร[1] จีรานุช สมุทรล้อม[1] พัชราวรรณ รัตนเวฬุ[1] และอรสา สุริยาพันธ์[2]

Chaiyanate, N.[1], Samootlom J.[1], Rattanawelu, P.[1], and Suriyaphan, O.[2]

Abstract

This research studied the sensory evaluation of panelist acceptance on overall acceptance, color, smell, general appearance, texture, and taste of the broken black glutinous rice porridge. The ratios of broken black glutinous rice and broken hommali rice were varied at 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, and 50:50. Six formulas of broken black glutinous rice porridge were evaluated by using seven point hedonic scale (1= dislike very much and 7= like very much) among 30 panelists. Results showed that the satisfaction on overall acceptance, color, smell, general appearance, and taste of broken black glutinous rice porridge at ratio 50:50 from the panelists was like slightly satisfaction. Moreover, the panelists accepted texture of the broken black glutinous rice porridge at ratio 60:40, which its degree of characteristic texture was 5.00±1.33 (like slightly).

Keywords: broken black glutinous rice porridge, broken hommali rice, sensory evaluation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสต่อความพึงพอใจในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และรสชาติต่อโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำที่ผสมปลายข้าวหอมมะลิในอัตราส่วน ดังนี้ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, และ 50:50 ผู้ทดสอบ 30 คนให้คะแนนความชอบโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำทั้ง 6 สูตรตามวิธี 7 point hedonic scale (1 คือ ไม่ชอบที่สุด และ 7 คือ ชอบมากที่สุด) ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ และรสชาติโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำที่ใช้ปลายข้าวเหนียวดำต่อปลายข้าวหอมมะลิในอัตราส่วน 50:50 มีผลคะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ในขณะที่ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัสของโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำที่ใช้ปลายข้าวเหนียวดำต่อปลายข้าวหอมมะลิในอัตราส่วน 60:40 เท่ากับ 5.00 ± 1.33 (ชอบเล็กน้อย)

คำสำคัญ: โจ๊กปลายข้าวเหนียวดำ ปลายข้าวหอมมะลิ การประเมินด้านประสาทสัมผัส

คำนำ

ข้าวเหนียวดำเป็นพืชเศรษฐกิจตัวหนึ่งของประเทศไทย ปัจจุบันมีการผลิตสินค้าที่มีส่วนผสมจากข้าวเหนียวดำหรือสารสกัดของข้าวเหนียวดำ ได้แก่ ขนมหวานต่างๆ เช่น ข้าวเหนียวดำเผือกน้ำกะทิ ถั่วแปบข้าวเหนียวดำ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์บำรุงสุขภาพและเครื่องสำอางข้าวเหนียวดำ เช่น สบู่ข้าวเหนียวดำ มาสคาร่าข้าวเหนียวดำ เป็นต้น (อัมพิกา และคณะ, 2559) เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีสารที่มีประโยชน์หลากหลายชนิด เช่น แกมมา-โอไรซานอล แอนโทไซยานิน วิตามิน ธาตุเหล็ก ทำให้มีการศึกษาสรรพคุณทางยาของเหนียวดำ สอดคล้องกับกระแสรักสุขภาพในปัจจุบัน (จรัญจิต และสุวัฒน์, 2552) พิชญอร และลดาวัลย์ (2555) วิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินในข้าวไทยดิบและสุก 9 สายพันธุ์ ที่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มข้าวสีขาว ได้แก่ สินเหล็ก หอมมะลิ 105 เล้าแตก และหอมอุบล กลุ่มข้าวสีแดง ได้แก่ สังข์หยดและหอมมะลิแดง และกลุ่มข้าวสีดำ ได้แก่ ก่ำ หอมกัญญา และหอมนิล พบว่าข้าวสุกมีค่าแอนโธไซยานินสูงกว่าข้าวดิบ โดยเฉพาะกลุ่มข้าวสีดำ ปริมาณแอนโธไซยานินเฉลี่ยในข้าวสุกขาว แดงและ ดำค่าเท่ากับ 112, 25 และ 175 มิลลิกรัมต่อลิตรของ cyanidin-3-glucoside ตามลำดับ ข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีนประมาณ 9 กรัมต่อ 100 กรัม แต่มีปริมาณไขมัน เถ้า ธาตุเหล็กและวิตามินบี 1 ต่ำ (ผาณิต และคณะ, 2555) งานวิจัยส่วนใหญ่พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำหรือศึกษาในข้าวเหนียวดำเต็มเมล็ด แต่ปลายข้าวเหนียวดำยังไม่มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า ส่วนใหญ่ใช้

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

[1] Department of Biotechnology, Faculty of Science, Burapha University, Longhard Bangsaen Road, Saensook Subdistrict, Mueang, Chonburi 20131

[2] ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 447 ถนนศรีอยุธยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

[2] Department of Food Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, 447 Sri-Ayuthaya Road, Rajathevi, Bangkok 10400

ประโยชน์เป็นวัตถุดิบผสมสำหรับเลี้ยงสุกรหรือสัตว์ปีกเช่นเดียวกับปลายข้าวเหนียวขาว ในทางตรงกันข้ามปลายข้าวเหนียวขาวมีการเพิ่มมูลค่าด้วยการนำไปคั่วในกระทะให้สุก มีสีเหลืองส่งกลิ่นหอม และใส่ตะไคร้ ใบมะกรูด พริกแห้ง บรรจุถุงขายในราคาที่สูงขึ้น (รักบ้านเกิด, 2554) นอกจากนี้มีการนำเอาข้าวเหนียวขาวหรือทุบข้าวเหนียวขาวให้มีขนาดเล็กเติมลงในการทำโจ๊กจากข้าวหอมมะลิท่อน ช่วยให้โจ๊กเหนียวข้น ไม่คืนตัวเหลวเป็นน้ำเร็วเกินไป (รักบ้านเกิด ,2553) เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวขาวพันธุ์เหนียวอุบล 2 และข้าวเหนียวดำพบว่า ข้าวเหนียวขาวมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 81.48 (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว, 2550) ในขณะที่ข้าวเหนียวดำมีปริมาณแอนโธไซยานินถึง 46.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 เท่ากับ 33.94 และ 1,160.08 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (อภิชาติ, 2549) จากข้อมูลที่กล่าวมางานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าปลายข้าวเหนียวดำ โดยทำโจ๊กที่ใช้ปลายข้าวเหนียวดำเป็นส่วนผสมกับปลายข้าวหอมมะลิซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการทำโจ๊กที่ต้องเคี่ยวให้เนื้อเนียนข้นและข้าวไม่คืนตัว

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลายข้าวเหนียวดำจากโรงสีชุมชนบ้านหนองบัวบาน อำเภอจัตุรัส จังหวัดชัยภูมิถูกนำมาแยกขนาดผ่านตะแกรงร่อนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูผ่าน 500 ไมโครเมตร นำปลายข้าวเหนียวดำที่ค้างบนตะแกรงมาซาวล้างน้ำ 2 ครั้งเพื่อล้างเศษฝุ่นออก จากนั้นแช่น้ำ 5 ชั่วโมง และนึ่งเป็นเวลา 15 – 20 นาทีด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าบรรจุ 1 ลิตร กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ จากนั้นนำปลายข้าวหอมมะลิมาซาวล้างน้ำ 2 ครั้ง นำไปนึ่งด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้านาน 10 นาที ผสมปลายข้าวเหนียวดำที่สุกแล้วและปลายข้าวหอมมะลิที่สุกแล้วเข้าด้วยกัน ในอัตราส่วน ดังนี้ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, และ 50:50 บดด้วยทัพพีให้ปลายข้าวไม่เป็นเมล็ด เพื่อง่ายต่อการทำโจ๊กต่อไป ต้มน้ำซุปไก่สำเร็จรูปให้เดือดใส่ปลายข้าวผสมที่บดแล้วลงไปในอัตราส่วนน้ำซุปไก่ต่อปลายข้าวผสมเป็น 5:1 ต้มและคนจนปลายข้าวเละเป็นเนื้อเดียวที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสต่อความพึงพอใจจากผู้ทดสอบ 30 คน โดยประเมินความพึงพอใจของโจ๊กทั้ง 6 อัตราส่วนในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบแบบ 7 ระดับ (7-point hedonic scale) โดยระดับคะแนน 1 = ไม่ชอบมาก คะแนน 2 = ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 4 = เฉยๆ คะแนน 5 = ชอบเล็กน้อย คะแนน 6 = ชอบปานกลาง คะแนน 7 = ชอบมาก ในการทดสอบผู้วิจัยเตรียมโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำทั้ง 6 อัตราส่วนๆละ 10 กรัมใส่ในถ้วยพลาสติกสีขาว และใช้รหัสเลข 3 หลัก

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วางแผนแบบ Randomized Completely Block Design เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส(Table 1) พบว่า บางอัตราส่วนของปลายข้าวเหนียวดำและปลายข้าวหอมมะลิในโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำมีผลต่อคะแนนในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คะแนนความพึงพอใจความชอบโดยรวม สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ และรสชาติของโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำต่อปลายข้าวหอมมะลิอัตราส่วน 50:50 มากที่สุดเท่ากับ 5.33, 5.33, 5.23, 4.97 และ 5.23 ตามลำดับ คะแนนความพึงพอใจเนื้อสัมผัสโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำมากที่สุดเท่ากับ 5.00 $\pm$ 1.33 ในอัตราส่วนปลายข้าวเหนียวดำต่อปลายข้าวหอมมะลิ 60:40 คะแนนความพึงพอใจน้อยที่สุดของความชอบโดยรวม สี กลิ่น และรสชาติเท่ากับ 3.80 $\pm$ 1.41, 3.80 $\pm$ 1.04, 4.47 $\pm$ 1.10 และ 3.60 $\pm$ 1.40 ตามลำดับในโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำอัตราส่วน 80:20 ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสมีคะแนนความพึงพอใจน้อยสุดเท่ากับ 3.77 $\pm$ 1.10 และ 3.57 $\pm$ 1.13 ในโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำอัตราส่วน 90:10 การทดลองทำโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำทั้ง 6 อัตราส่วนในครั้งนี้และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้นเป็นการทดลองครั้งแรก ผู้ทดสอบอาจไม่คุ้นเคยกับโจ๊กลักษณะนี้ เพราะปลายข้าวเหนียวดำทำให้โจ๊กปลายข้าวเหนียวดำมีสีดำแทรกสีขาวและเข้มข้นขึ้นตามสัดส่วนของปลายข้าวเหนียวดำ ส่งผลถึงกลิ่นและรสชาติของโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำ รวมถึงความข้นหนืดด้วย

การผลิตผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียวดำมีหลากหลายแต่ผลิตจากปลายข้าวเหนียวดำยังไม่ค่อยมีงานวิจัย ดังนั้นการทดสอบทางประสาทสัมผัสซ้ำๆด้วยผู้ทดสอบหลากหลายกลุ่มที่แตกต่างกันไปอาจทำให้ได้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ช่วยยืนยันผลการทดลองในครั้งนี้ให้ชัดเจนมากขึ้น

Table 1 Mean sensory scores (seven-point hedonic scale) evaluated according to the ratio of broken black glutinous rice and broken Hommali rice

Attributes	Ratio of broken black glutinous rice and broken Hommali rice					
	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
General appearance	4.13 ± 0.94^{ab}	3.77 ± 1.10^{a}	3.87 ± 1.43^{ab}	4.70 ± 1.06^{cd}	4.33 ± 1.39^{bc}	4.97 ± 1.17^{d}
Color	4.10 ± 1.29^{a}	3.97 ± 1.11^{a}	3.80 ± 1.04^{ab}	4.67 ± 1.22^{b}	4.97 ± 1.43^{b}	5.33 ± 1.37^{c}
Smell	4.53 ± 1.12^{a}	4.63 ± 1.06^{a}	4.47 ± 1.10^{a}	5.17 ± 1.26^{b}	5.00 ± 1.17^{b}	5.23 ± 1.04^{b}
Taste	3.97 ± 1.65^{ab}	4.27 ± 1.14^{b}	3.60 ± 1.40^{a}	4.26 ± 1.43^{b}	5.00 ± 1.38^{c}	5.23 ± 1.26^{c}
Texture	3.70 ± 1.17^{a}	3.57 ± 1.13^{a}	3.70 ± 1.31^{a}	4.26 ± 1.38^{b}	5.00 ± 1.33^{c}	4.97 ± 1.42^{c}
Overall Acceptance	4.10 ± 1.09^{a}	3.97 ± 0.88^{a}	3.80 ± 1.41^{a}	4.67 ± 1.09^{b}	4.97 ± 1.29^{bc}	5.33 ± 1.24^{c}

^{abcd} Mean $\pm$ S.D values in the same row with different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

สรุปผล

ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำที่มีอัตราส่วนระหว่างปลายข้าวเหนียวดำต่อปลายข้าวหอมมะลิ 50:50 มีคะแนนความพึงพอใจด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ และรสชาติมากที่สุด โจ๊กปลายข้าวเหนียวดำอัตราส่วน 60:40 ได้คะแนนเนื้อสัมผัสมากที่สุด ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าปลายข้าวเหนียวดำโดยนำมาผสมกับปลายข้าวหอมมะลิเพื่อทำเป็นโจ๊กปลายข้าวเหนียวดำมีโอกาสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

เอกสารอ้างอิง

จรัญจิตต์ เพ็งรัตน์ และสุวัฒน์ เจียระคงมั่น, 2552, “ข้าวเหนียวดำ” หลากประโยชน์ หลายแนวคิด เสริมเศรษฐกิจไทยสู่สากล, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2552, สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, โรงแรมซีบรีซ จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี, หน้า 325 – 342.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ วิชชุดา สังข์แก้ว และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์, 2555, คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่43 (2) (พิเศษ):173-176.

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และลดาวัลย์ ช่างชุบ, 2555, ผลของการหุงต้มต่อปริมาณสารฟีนอลิคและแอนโธไซยานินทั้งหมดของ ข้าวไทย 9 สายพันธุ์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 43 (2) (พิเศษ):669-672.

รักบ้านเกิด, 2553, การต้มโจ๊กให้เหนียวข้นไม่คืนตัว [สืบค้น], http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=163&s=tblareablog [20 กรกฎาคม 2559]

รักบ้านเกิด, 2554, การเพิ่มมูลค่าของปลายข้าวเหนียว [สืบค้น], http://store.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=2474&s=tblareablog [20 กรกฎาคม 2559]

สำนักพัฒนาผลิตภัรฑ์ข้าว กรมการข้าว, 2550, ข้าวเหนียว อนาคต การผลิตและการค้า, 33 หน้า

อภิชาติ เนินพลับ, 2549, การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของข้าวต่างสี, ศุนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 27 หน้า

อัมพิกา เรืองธารา ชัชเนตร แก้วกลางเมือง ณัฐธิดา บำรุงวงศ์ วิรดี ลือชา อุษมน พจน์สุจริต และนพพล เล็กสวัสดิ, 2559 สัมภาษณ์: งานวิจัยข้าวก่ำของคณาจารย์ในคณะอุตสาหกรรมเกษตร มช. [สืบค้น], http://www.agro.cmu.ac.th/abcs/data/56/No.11.pdf [20 กรกฎาคม 2559]

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 173-176 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 173-176 (2559)

ปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกของกากเม่า อาหารไก่ไข่เสริมกากเม่าและไข่ไก่

Anthocyanin and Thiobarbituric acid in Mao Pomace (*Antidesma* sp.), Feed Supplemented with Mao Pomace and Laying Hen Eggs

กานดา ล้อแก้วมณี[1]
Lokaewmanee, K.[1]

Abstract

This research was conducted to evaluate anthocyanin and thiobarbituric acid in Mao-pamace, feed supplemented with dried Mao pomace at 0, 0.5, 1.0, 1.5% and eggs. Results showed that Mao-pomace from wine production had a significantly highest anthocyanin (15.720 mg/ml) than Mao-pomace from juice and dried pomace from wine production (P<0.05). Dried Mao-pomace from juice and wine production contained a significantly higher thiobarbituric acid than fresh Mao-pomace from juice and wine production (P<0.05). Feed supplemented with dried Mao-pomace from juice production at 1.5% had a significantly higher anthocyanin than feed supplemented with dried Mao-pomace from juice production at 0, 0.5 and 1.0% (P<0.05). No differences were found in feed supplemented with dried Mao-pomace from juice production at 0, 0.5, 1.0 and 1.5% for thiobarbituric acid (P>0.05). Anthocyanin and thiobarbituric acid were not significantly different in eggs fed with dried Mao-pomace from juice production (P>0.05).

Keywords: anthocyanin, thiobarbituric acid, mao pomace

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกของกากเม่า รวมไปถึงอาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากการทำน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% และไข่ไก่ พบว่ากากเม่าสดจากการทำไวน์เม่ามีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (15.720 mg/ml) กากเม่าสดจากการทำน้ำเม่ามีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่ากากเม่าแห้งจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่า (P<0.05) ในขณะที่กากเม่าแห้งจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่ามีค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริกสูงกว่ากากเม่าสดจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่า (P<0.05) อาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ระดับ 1.5% มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าอาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่อาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งมีค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริกไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ไข่ไก่จากแม่ไก่ที่กินอาหารผสมกากเม่าแห้งจากกากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% มีปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: แอนโทไซยานิน กรดไทโอบาร์บิทิวริก กากเม่า

คำนำ

เม่า (*Antidesma* sp.) เป็นไม้ผลที่ทนแล้งได้ดี พบอยู่ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย เม่าจัดเป็นไม้ยืนต้นและไม่พุ่ม ใบมีการเรียงตัวแบบสลับ มีการออกดอกแบบแยกเพศต่างต้น เม่าออกดอกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง ช่อผลคล้ายพริกไทย มีความยาวของช่อผลประมาณ 4-30 เซนติเมตร ผลมีลักษณะกลมหรือกลมรี ผลมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8-1.3 เซนติเมตรผลอ่อนมีสีเขียว รสฝาดเปรี้ยว เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีแดงและสีดำ ในเดือนสิงหาคมถึงกันยายนของทุกปี ผลเม่าสุกเต็มที่จะมีรสเปรี้ยวฝาดและหวานปนกัน น้ำคั้นที่ได้จากผลสุกเป็นสีม่วงแดงเข้ม ซึ่งเป็นสีของรงควัตถุแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และทนทานต่อการเปลี่ยนสีในกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร (สุดารัตน์, 2555) นอกจากนี้ Puangpronpitag และคณะ (2008); Nuengchamnong และ Ingkaninan (2010), Puangpronpitag และคณะ (2011) รายงานว่าเม่ามีคุณสมบัติที่โดดเด่นทั้งสีสัน รสชาติ คุณค่าทางสมุนไพรและโภชนาการสูง เช่น โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต ไวตามินและแร่ธาตุ รวมถึงเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินและสารต้านออกซิเดชั่นอีกด้วย

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000
[1] Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart University Chakermphrakiat Sakhon Nakhon Province Campus, Muang, Sakon Nakhon 47000

ปัจจุบันมีผู้บริโภคเม่าในรูปของผลสดและในลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปมากขึ้น ได้แก่ น้ำเม่า (Mao squash) น้ำเม่าพร้อมดื่ม (Ready to drink juice) น้ำเม่าแท้ (Pure juice) ไวน์เม่า (Mao wine) แยมเม่า (Mao jam) เยลลี่เม่า (Mao jelly) ขนมหนึบเคี้ยวจากหมากเม่า (Mao chewy candy) คุกกี้เม่า (Mao cookies) และชาใบเม่า (Mao leaf tea) เป็นต้น (สุดารัตน์, 2555) ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเม่ามีหลากหลายรูปแบบ ทำให้มีของเหลือจากขบวนการผลิตจำนวนมาก ซึ่งได้แก่ กากเม่า (mao pomace) จากการศึกษาของ Puangpronpitag และคณะ (2008) พบว่ากากเม่าเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินที่มีสมบัติในการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ช่วยต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดการอักเสบ ช่วยปกป้องหลอดเลือด ลดคอเลสเตอรอลในเลือด ลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งและต้านไวรัส งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปริมาณสารแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกของกากเม่า เพื่อนำมาผสมในอาหารไก่ไข่ รวมทั้งศึกษาปริมาณสารแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกในไข่ไก่จากแม่ไก่ไข่ที่กินอาหารผสมกากเม่าที่ระดับต่างๆกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้กากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าในรูปแบบสดและแบบแห้ง โดยกากเม่าแห้งเตรียมจากการนำกากเม่าสดไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า หลังจากนั้นนำกากเม่าสดและแห้งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียลจนกว่าวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริก ส่วนอาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากกากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และไข่ไก่จากแม่ไก่ไข่ที่กินอาหารผสมกากเม่าแห้งจากกากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 42 วัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า หลังจากนั้นนำอาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากกากน้ำเม่าที่ระดับต่างๆและไข่ไก่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียลจนกว่าจะวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริก

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน โดยเจือจางตัวอย่างที่จะทดสอบ 1 ส่วนใน 9 ส่วน โดยปริมาตรของสารละลายบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือโปตัสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ (0.025 M, pH 1.0) หรืออะซีเตดบัฟเฟอร์ (0.4 M, pH 4.5) แล้วอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 และ 700 นาโนเมตร หลังจากนั้นนำมาคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการดูดกลืนแสงตามวิธีของ Kerio และคณะ (2012)

การวิเคราะห์ไทโอบาร์บิทิวริก (Thiobarbituric acid หรือ TBA) ค่า TBA เป็นการวัดผลิตภัณฑ์อันดับสองที่เกิดจากปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชั่น ที่บ่งชี้ถึงผลิตภัณฑ์กลุ่มที่สามารถระเหยได้ (volatile decomposition) จากการทำปฏิกิริยาแล้วเกิดสารประกอบที่เรียกว่า malonaldehyde โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีขึ้น ซึ่งสามารถวัดได้โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการบดให้ละเอียดอย่างสม่ำเสมอมาจำนวน 1 กรัม แล้วเติมสารละลายผสมระหว่างกรดไตรคลอโรอะซีติก (trichoroacetic acid หรือ TCA) เข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและกรดไทโอบาร์บิทิวริกเข้มข้นร้อยละ 0.375 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล (N) จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียล เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที แล้วทำให้เย็นทันที ก่อนที่จะนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องสลัดเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงเก็บส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร (ดัดแปลงจาก Jayasingh และ Cornforth., 2003) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกของกากเม่าสดและกากเม่าแห้งจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่า พบว่า กากเม่าสดจากการทำไวน์เม่ามีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (15.720 mg/ml) กากเม่าสดจากการทำน้ำเม่ามีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่ากากเม่าแห้งจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kwok และคณะ (2004) รายงานว่าการอบ Saskatoon Berries โดยการใช้ลมร้อนทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงกว่าวิธีการใช้เครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ไมโครเวฟสูญญากาศและลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟสูญญากาศ แสดงว่าการให้ความร้อนมีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้ใช้ลมร้อนในการอบแห้งกากเม่า ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่จะทำให้กากเม่าสดมีแอนโทไซยานินสูงกว่ากากเม่าแห้ง ในขณะที่กากเม่าแห้งจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่ามีค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริกสูงกว่ากากเม่าสดจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริกนั้นเป็นดัชนีให้เห็นถึงระดับการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์โดยตรงที่มีสาเหตุมาจาก

สารประกอบที่ระเหยได้ดีในน้ำมัน (Kilcast และ Subramaniam, 2000) อาจเป็นไปได้ว่ากระบวนการทำแห้ง จะส่งผลต่อสารประกอบที่ระเหยได้ดีในน้ำมัน จึงทำให้กากเม่าแห้งมีกรดไทโอบาร์บิทิวริกสูงกว่ากากเม่าสด (Table 1)

Table 1 Anthocyanin and thiobarbituric acid of fresh and dried mao pomace from the juice and wine production.

	Anthocyanin (mg/ml)	Thiobarbituric acid
Fresh mao pomace from the juice production	14.473[b]	0.002[c]
Fresh mao pomace from the wine production	15.720[a]	0.008[b]
Dried mao pomace from the juice production	11.360[d]	0.022[a]
Dried mao pomace from the wine production	12.801[c]	0.019[a]
F-test	**	**

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกในอาหารผสมกากเม่าแห้งจากการทำน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ระดับ 1.5% มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าอาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่อาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% มีค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 2)

Table 2 Anthocyanin and thiobarbituric acid of feed supplemented with dried mao pomace from the juice production at 0, 0.5, 1.0 and 1.5%.

Feed supplement with dried mao pomace from the juice production (%)	Anthocyanin	Thiobarbituric acid
0%	4.010[b]	0.004
0.5%	4.063[b]	0.004
1.0%	4.400[b]	0.004
1.5%	8.573[a]	0.004
F-test	**	ns

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกในไข่ไก่จากแม่ไก่ที่กินอาหารผสมกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% พบว่า ไข่ไก่จากแม่ไก่ที่กินอาหารอาหารผสมกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% มีปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 3) อาจเนื่องมาจากปริมาณกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ผสมในอาหารไก่ไข่ในระดับที่ไม่เกิน 1.5% ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำ จึงอาจส่งผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินในอาหารและไข่ไก่ไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้อรัญญา และคณะ (2558) รายงานว่าปริมาณแอนโทไซยานินในกากเม่าที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคมีค่าระหว่าง 11.96-5.84 mg/ml ซึ่งมีศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เพื่อช่วยในการต้านการเกิดออกซิเดชัน ค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริกเป็นค่าประเมินการเกิดกลิ่นหืนที่เกิดเนื่องจากปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน (Lipid oxidation) จึงทำให้ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทิวริกในไข่ไก่ไม่แตกต่างกัน

Table 3 Anthocyanin and thiobarbituric acid in laying hen eggs fed feed supplemented with dried mao pomace from the juice production at 0, 0.5, 1.0 and 1.5%.

Eggs fed with dried mao pomace from the juice production (%)	Anthocyanin	Thiobarbituric acid
0%	2.883	0.019
0.5%	3.287	0.018
1.0%	3.450	0.016
1.5%	4.173	0.014
F-test	ns	ns

สรุปผล

กากเม่าสดจากการทำไวน์เม่ามีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (15.720 mg/ml) ในขณะที่กากเม่าแห้งจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่ามีค่ากรดไทโอบาร์บิทิวริกสูงกว่ากากเม่าสดจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาหารไก่ไข่ที่ผสมกากเม่าแห้งจากน้ำเม่าที่ระดับ 1.5% มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (8.573 mg/ml) นอกจากนี้ไข่ไก่จากแม่ไก่ที่กินอาหารอาหารผสมกากเม่าแห้งจากการกากน้ำเม่าที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% มีปริมาณแอนโทไซยานินและกรดไทโอบาร์บิทิวริกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ข้อมูลที่ได้นี้จะเป็นประโยชน์เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกใช้กากเม่าแต่ละรูปแบบทั้งรูปสดและแห้ง รวมทั้งกากเม่าแต่ละชนิดที่เป็นเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปเม่าทั้งในรูปแบบการผลิตน้ำเม่าและไวน์เม่า

เอกสารอ้างอิง.

สุดารัตน์ สกุลคู, 2555, หมากเม่าสกลนคร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร, สกลนคร, 28 หน้า

อรัญญา พรหมกูล, วรัญญา วงส์ไชยสิทธิ์, ไอรดา อักษ์เสน และ เกรียงไกร พิทยากร, 2558, การใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคในการสกัดแอนโทไซยานินจากกากเม่า, แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 1): 830-835

Jayasingh, P. and Cornforth, D.P., 2003, Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork, Meat Science, 66:83-89.

Keio, I.C., Wachira, F.N., Wanyoke, J.K. and Rotich, M.K., 2012, Characterization of anthocyanins in Kenyan teas: extraction and identification, Food Chemistry, 131(1):31-38.

Kilcast, D. and Subramaniam, P., 2000, The Stability and Shelf-life of Food, Cambridge, Woodhead, p.0340.

Kwok, B.H.L., Hu, C., Durance, T. and Kitts, D.D., 2004, Dehydration techniques affects phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon Berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.), Journal of Food Science, 69(3):122-126.

Nuengchamnong, N. and Ingkaninan, K., 2010, On-line HPLC-MS-DPPH assay for the analysis of phenolic compounds in fruit wine: *Antidesma thwaitesianum* Muell, Food Chemistry, 118(1):147-152.

Puangpronpitag, D., Areejitranusorn, P., Boonsiri, P., Suttajt, M. and Yongvanit, P., 2008, Antioxidant activities of phenolic compounds isolated from *Antidesma thwaitesianum* Muell. Arg. seeds and marcs, Journal of Food Science, 73:648-653.

Puangpronpitag, D., Yongvanit, P., Boonsiri, P., Suttajt, M., Areejitranusorn, P. and Na, H.K., 2011, Molecular mechanism underlying anti-apoptotic and anti-inflammatory effects of Mamao (*Antidesma thwaitesianum* Muell. Arg.) polyphenolics in human breast epithelial cell, Food Chemistry, 127(1):1405-1458.

การประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม 12 สายพันธุ์

Seed Qualities Evaluation of 12 Varieties of Cowpea

สุภาพร แหวะสอน[1] ชื่นจิต แก้วกัญญา[1] และ พรทิพย์ ศรีมงคล[1]
Waesorn, S.[1], Kaewkunya, C.[1]and Srimongkol, P.[1]

Abstract

This experiment was aimed to evaluate seed quality (physical and physiological characteristics) of cowpea 12 varieties (Bush bean 17, CP 2 264 R, CP 3 131, CP4-2-3-1, NO.11, No.13, No.33, No.130, ORCW-00244, ORCW–00352, Kwuan tong and Long dee).The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) with 3 replications. Results showed that seed size and seed weight of12 varieties of cowpea seedswere significantly different (P<0.05). Seeds NO.13 produced the highest seed thickness and 100 seed weight (6.0 mm. and 23.3 g/100 seed). Physiological characteristics showed that germination of CP 3 131, ORCW–00352, CP 4-2-3-1, and NO.33 were 93.3-97.7%, but the lowest seed germination was found in ORCW-00244 (66.6 %). Seed NO.33 had the highest germination index and the lowest mean germination time (32.5 and 2.9 days, respectively), but the lowest was found in ORCW-00244 (15.7 and 4.9 days, respectively).
Keywords: cowpea, seed quality, physical characteristics, physiological characteristics

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้ได้ประเมินคุณภาพ (ด้านสมบัติทางกายภาพ และทางสรีรวิทยา)เมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม 12 สายพันธุ์ ประกอบด้วย Bush bean 17,CP 2 264R, CP 3 131,CP4-2-3-1, NO.11, No.13, No.33, No.130, ORCW-00244, ORCW –00352,ขวานทองและลองดี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า ถั่วพุ่มทั้ง 12 สายพันธุ์ มีขนาดและน้ำหนักเมล็ดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยสายพันธุ์ NO.11 มีความหนา และน้ำหนัก100 เมล็ดสูงที่สุด (6.0 มม.และ 23.3 ก./100 เมล็ด) สำหรับลักษณะทางด้านสรีรวิทยา พบว่า สายพันธุ์ CP4-2-3-1, No.33,CP3 131, ORCW -00352 มีความงอก 93.3-97.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สายพันธุ์ ORCW-00244 มีความงอกน้อยสุดเพียง 66.6 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ NO.33 มีค่าดัชนีการงอกสูงสุด (32.5) และมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้งอกน้อยที่สุด คือ 2.9 วัน ในขณะที่สายพันธุ์ ORCW-00244 มีค่าดัชนีการงอกต่ำสุด (15.7) และมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้งอก 4.9 วัน ตามลำดับ
คำสำคัญ: ถั่วพุ่ม คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางสรีรวิทยา

คำนำ

ถั่วพุ่ม (cowpea; *Vignaunguiculata* (L.) Walp.) เป็นพืชที่นิยมปลูกในทวีปแอฟริกา เอเชีย และอเมริกาใต้ ผลผลิตรวมทั่วโลกประมาณ 3-4 ล้านตัน/ปี สองในสามของผลผลิตทั้งหมดมาจาก 16 ประเทศในทวีปแอฟริกา โดยเฉพาะประเทศไนจีเรียที่ผลิตถั่วพุ่มได้ประมาณ 900,000ตัน/ปี สำหรับประเทศไทยมีรายงานการส่งออกถั่วพุ่มเมล็ดสีดำไปยังประเทศญี่ปุ่น มาเลเซีย สหรัฐอเมริกา และอังกฤษ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 35 ล้านบาท (ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี, 2543)ถั่วพุ่มเป็นพืชที่ใช้ประโยชน์ได้เอนกประสงค์สามารถบริโภคทั้งในรูปฝักสดและเมล็ดแห้ง ส่วนต้นและใบหลังจากเก็บเกี่ยวสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Valenzuela and Jody, 2002) นอกจากนี้ยังมีสารอาหารที่มีส่วนประกอบสำคัญต่อร่างกาย เช่น คาร์โบไฮเดรต 63.6% เยื่อใย 6.30% ไขมัน 1.90% ไทเอมีน 0.00074% ไรโบฟาวีน 0.00042% และไนอาซีน 0.00281% (Davis และคณะ, 1991) และมีประโยชน์ในด้านการปรับปรุงบำรุงดิน โดยปลูกหมุนเวียนกับพืชหลัก หรือปลูกเป็นพืชปุ๋ยสด ถั่วพุ่มให้น้ำหนักสดประมาณ 1-4 ตัน/ไร่ ให้ธาตุไนโตรเจน 10-20 กก./ไร่ ในสภาพไร่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ถึง 12-59 กก./ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)จากความสำคัญดังกล่าวจึงทำให้ถั่วพุ่มเป็นพืชที่

[1] ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
[1] Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry Kasetsart University ChalermphrakiatSakhon Nakhon Province Campus

นิยมในการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ส่งผลให้มีการผลิตเมล็ดพันธุ์หลากหลายสายพันธุ์เพื่อวางจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งเมล็ดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอาจไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน โดยคุณภาพเมล็ดพันธุ์ หมายถึง ลักษณะรวมของเมล็ดพันธุ์ทั้งกองที่แสดงออกมาร่วมกัน ได้แก่ ความสะอาดบริสุทธิ์ ความชื้น ความงอก ความแข็งแรง ขนาด สี น้ำหนัก และความสม่ำเสมอ เป็นต้น (วัลลภ, 2540) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ประเมินผลคุณภาพเมล็ดทั้งทางด้านกายภาพ และสรีรวิทยาของถั่วพุ่มจำนวน 12สายพันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการแนะนำสู่เกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่มที่ปลูกในสถานีพัฒนาที่ดินสกลนครระหว่างเดือน กันยายน-พฤศจิกายน 2558 จำนวน 12 สายพันธุ์ ประกอบด้วย Bush bean 17, CP2 264 R, CP3 131, CP4-2-3-1, NO.11, NO.13, NO.33, NO.130, ขวานทองและลองดี(การจัดการปุ๋ยและน้ำเหมือนกันทั้ง 12 สายพันธุ์) วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ และทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางด้านกายภาพ จากขนาดเมล็ด เช่นความกว้าง ความยาว และความหนา จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 20 เมล็ด โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และชั่งน้ำหนักเมล็ด จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด นำเมล็ดถั่วพุ่มเพาะในกล่องเพาะเมล็ดที่บรรจุทรายที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด วางไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง และทดสอบคุณภาพเมล็ดทางสรีรวิทยา ประกอบด้วย ความงอกมาตรฐาน (standard germination) ประเมินความงอกครั้งแรก (first count) เมื่ออายุ 7 วัน และประเมินความงอกครั้งสุดท้าย (final count) เมื่ออายุ 14 วัน (ISTA, 2004)ดัชนีการงอก (germination index ; GI) คำนวณจากสูตร

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ด} = \text{ผลรวมของ}\left\{\frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติในแต่ละวันที่ตรวจนับ}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะที่ตรวจนับ}}\right\}$$

ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้ในการงอก (mean germination time; MGT) (Ghiyasi et al., 2008) จากสูตร

$$\text{ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้งอก (วัน)} = \text{ผลรวม}\ \frac{(\text{จำนวนเมล็ดที่งอก x จำนวนวันที่นับ})}{\text{ผลรวมของเมล็ดทั้งหมดที่งอก}}$$

ทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือน เมษายน – พฤษภาคม2559

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณภาพทางกายภาพ: ผลการทดลอง Table1เมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่มทั้ง 12 สายพันธุ์ มีคุณภาพทางด้านกายภาพ (ขนาด และน้ำหนักเมล็ด) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเมล็ด NO.11 มีน้ำหนักเมล็ด ความยาว และความหนามากที่สุด (23.3 ก/100 เมล็ด11.3มมและ 6.0มมตามลำดับ)NO.13 มีความกว้างของเมล็ดสูงสุด คือ 7.6 มม ในขณะที่ Bush bean 17 มีน้ำหนัก 100 เมล็ด ความกว้าง ความหนา ต่ำสุด (10.9 ก/100 เมล็ด5.0 มมและ 4.0 มม ตามลำดับ) ส่วน CP 4-2-3-1 มีความยาวต่ำสุด คือ 7.7 มมผลการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ สุภาพร ชื่นจิต และพรทิพย์ (2559) ที่ได้ประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่มทั้ง10 สายพันธุ์ พบว่ามีขนาดและน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกัน โดยสายพันธุ์ NO.13 มีน้ำหนักและความหนามากที่สุด(24.36 ก/100 เมล็ด และ 5.48มม)ขนาดเมล็ดแตกต่างกันและมีคุณสมบัติเกี่ยวโยงไปถึงคุณภาพของเมล็ดที่แตกต่างกัน เมล็ดที่มีน้ำหนักมาก จะมีความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดมากด้วย (จวงจันทร์, 2529) และโดยทั่วไปแล้วความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์พืชนั้นส่วนใหญ่จะถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรม (สุปราณี, 2544)

คุณภาพทางสรีรวิทยา: การประเมินคุณภาพทางด้านสรีรวิทยา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P>0.01$) โดยความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ 12 สายพันธุ์ มีความงอกอยู่ระหว่าง 66.6-97.7% CP 4-2-3-1 มีความงอกมากสุด 97.7% ส่วน Bush bean 17 มีความงอกน้อยสุดเพียง 66.6 %ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยกว่าในรายงานของดวงใจ และสรพงศ์ (2558) ที่ประเมินความงอกของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม 43 สายพันธุ์ พบว่ามีความงอกระหว่าง 59-100 % เมล็ดพันธุ์เกิดการสูญเสียคุณภาพโดยมีความงอกและความแข็งแรงต่ำ เนื่องมาจากสภาพอากาศที่แปรปรวนในขณะเก็บเกี่ยว การดูแลรักษาพืชไม่ดี หรือความไม่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (ขวัญจิตร, 2534)ส่วนของค่าดัชนีการงอก

(germination index)ซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืช นั้น พบว่ามีค่าระหว่าง15.7-32.5 โดย NO. 33, CP4-2-3-1,CP3 131,ORCW-00352 และ ขวานทองมีความแข็งแรงมากที่สุด ในขณะที่ ORCW-00244มีค่าดัชนีความงอกต่ำสุด เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้งอก (mean germination time) พบว่า NO.33 ใช้เวลาในการงอกเร็วสุดคือเฉลี่ย 2.9 วัน ในขณะที่ ORCW-00244 และ NO.13 ใช้เวลา 4.9 และ 4.8 วัน ตามลำดับ (Table 2)จากการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดมีความสัมพันธ์กับดัชนีการงอกและค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้ในการงอก ซึ่งดัชนีการงอกบอกถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (วันชัย, 2538; จวงจันทร์, 2529)

Table 1 Physical characteristics of cowpea 12 varieties.

Varieties	100 Seed weight (g)	Seed width (mm)	Seed length (mm)	Seed thickness (mm)
Bush beab 17	10.9^{f}	5.0^{d}	9.0^{de}	4.0^{d}
CP 2 264 R	21.8^{ab}	7.0^{abc}	10.4^{abcd}	5.0^{bc}
CP 3 131	18.0^{bc}	7.3^{ab}	10.6^{abc}	5.3^{ab}
CP4-2-3-1	12.7^{def}	6.0^{bcd}	7.7^{e}	4.3^{cd}
NO.11	23.3^{a}	7.3^{ab}	11.3^{a}	6.0^{a}
NO.13	22.8^{a}	7.6^{a}	11.0^{ab}	6.0^{a}
NO.33	13.3^{def}	6.0^{bcd}	9.0^{de}	5.0^{bc}
NO.130	17.7^{c}	7.3^{ab}	11.0^{ab}	5.6^{ab}
ORCW -00244	15.7^{cd}	7.0^{abc}	10.3^{abcd}	5.0^{bc}
ORCW -00352	14.9^{cde}	5.6^{cd}	11.2^{a}	4.3^{cd}
Kwuan tong	12.5^{def}	6.0^{bcd}	9.3^{cd}	4.0^{d}
Long dee	11.4^{ef}	5.0^{d}	9.6^{bcd}	4.0^{d}
F-test	**	**	**	**
C.V.(%)	10.4	9.9	6.1	6.9

** Significant differences between varieties by LSD at $p<0.01$

abc means in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$)

Table 2 Physiological characteristics of cowpea 12 varieties.

Varieties	Germination (%)	Germination index	Mean germination time (day)
Bush bean 17	80.0^{abc}	27.5^{ab}	3.2^{bc}
CP 2 264 R	84.4^{abc}	23.8^{ab}	4.4^{ab}
CP 3 131	93.3^{ab}	30.7^{a}	3.1^{bc}
CP4-2-3-1	97.7^{a}	31.1^{a}	3.2^{bc}
NO.11	88.9^{abc}	21.4^{ab}	4.4^{ab}
No.13	82.2^{abc}	20.5^{ab}	4.8^{a}
No.33	97.7^{a}	32.5^{a}	2.9^{c}
No.130	77.8^{abc}	22.1^{ab}	3.8^{abc}
ORCW -00244	66.6^{c}	15.7^{b}	4.9^{a}
ORCW -00352	95.5^{ab}	30.5^{a}	3.4^{bc}
Kwuan tong	91.1^{abc}	30.0^{a}	3.2^{bc}
Long dee	71.1^{bc}	24.7^{ab}	3.1^{bc}
F-test	**	**	**
C.V.(%)	13.4	20.5	14.6

** Significant differences between varieties by LSD at $p<0.01$

abc means in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$)

สรุปผล

จากการประเมินคุณภาพด้านกายภาพ และทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์สามารถบ่งชี้คุณสมบัติของเมล็ดที่ดี ซึ่งสรุปได้ว่า ถั่วพุ่มทั้ง 12 สายพันธุ์มีขนาดและน้ำหนักเมล็ดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์ NO.11 มีความ

หนา ความยาว และน้ำหนักสูงที่สุด (6.0 มม. 11.3 มม.และ 23.3 ก./100 เมล็ด)มีความงอกมาตรฐานระหว่าง 66.6-97.7% NO.33 และ CP 4-2-3-1 มีความงอกมากสุด คือ 97.7 % NO.33 มีดัชนีการงอกสูงสุด คือ 32.5 และมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้งอกน้อยที่สุดคือ 2.9 วัน ในขณะที่ NO.13 และ ORCW-00244 มีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้งอกนานที่สุดคือ 4.8 และ 4.9 วัน ตามลำดับ คุณภาพของเมล็ดพันธุ์นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์พืชแล้ว ยังขึ้นอยู่กับการปลูก การจัดการ และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงสภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพจึงต้องมีการปฏิบัติที่ดีในทุกขั้นตอน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร ที่สนับสนุนทุนวิจัยและให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2440, พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

ขวัญจิตร สันติประชา, 2534, การผลิตเมล็ดพันธุ์พืช, คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,สงขลา.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพ ฯ. 210 หน้า.

ดวงใจ ชะนะพาล และ สรพงศ์ เบญจศรี, 2558, ประเมินความงอกของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม 43สายพันธุ์. วารสารแก่นเกษตร 43 ฉบับพิเศษ 1 (2558) : 863-868.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2538, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัลลภ สันติประชา, 2540, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,สงขลา.

ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี, 2543, ถั่วพุ่ม (Cowpea), โรงพิมพ์ศิริธรรมออฟเซ็ท, อุบลราชธานี.

สุปราณี งามประสิทธิ์, 2544, อิทธิพลของอัตราปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

สุภาพร แหวะสอน ชื่นจิต แก้วกัญญา และพรทิพย์ ศรีมงคล, 2559, การประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม 10 สายพันธุ์. วารสารแก่นเกษตร 44 (ฉบับพิเศษ 1) : 309-315.

Davis D.W., E.A. Oelke, E.S. Oplinger, J.D. Doll, C.V. Hanson and D.H. Putnam. 1991. Cowpea. Retrieved From: https://www.hort.purdue.edu.newcrop/afcm/cowpea.html. [Online], Available: [September 15, 2015].

Valenzuela H. and Jody S., 2002, Cowpea.Sustainable Agriculture Green Manure Crops, Aug. 2002, SA-GM-6.From: www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf.../cowpea.pdf. [Online], Available: [December 19, 2016].

Ghiyasi, M., Zardoshty M.R., and Mogadam A.F., 2008, Effect of Osmopriming on Germination and Seedling Growth of Corn (*Zea mays* L.) Seeds, Research Journal of Biological Sciences, 3(7): 779-782.

ISTA, 2004, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Tecnology, Glattbrugg, Switzerland.

ผลของการลวกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และอุณหภูมิของการทำแห้งต่อคุณลักษณะทางกายภาพเคมีของใบตำลึงผง

Effect of Blanching in NaCl Solution and Drying Temperature on the Physiochemical of Ivy-Gourd Powders

พรพจน์ สุวรรณากรรัตน์[1] สุภัทร์ ไชยกุล[1] วศินา ทาเขียว[1] และ ครรชิต จุดประสงค์[2]
Suwannakornrat, P.[1], Chaiyakul, S.[1], Thakhiew, W.[1] and Judprasong, K.[2]

Abstract

Ivy gourd leaf, which is a good source of iron, β -carotene and total dietary fiber, was selected to produce a complementary food powder for infants. This research was aimed to study effects of pretreatment and drying temperature on water-absorption-index (WAI) and water-solubility-index (WSI), iron, β -carotene and color in CIE system (L*, a*, b*) of ivy gourd powder. Ivy gourd leaves were pretreatment by blanching in 1 and 3% w/v NaCl solution and dried by hot air oven at 40 and 80°C until moisture was below 5±1 %dry basis. Result showed non-significant interaction between pretreatment and drying condition on WAI, WSI, iron and β -carotene of products. The optimum condition to produce dried ivy gourd leaf was blanched in 1% w/v NaCl solution and dried at 80°C, which the product had the highest iron, β -carotene and water-absorption, as well as it could maintain green color of the gourd.
Keywords: ivy gourd leaf, iron, β-carotene, blanching, drying

บทคัดย่อ

ใบตำลึงเป็นแหล่งของธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน และเส้นใยอาหาร เหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิตอาหารเสริมตามวัยสำหรับทารก งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมและอุณหภูมิในการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการดูดซับน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน และค่าสีในระบบ CIE-lab (L*, a*, b*) ใบตำลึงอบแห้งเตรียมโดยลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 3 แล้วอบแห้งด้วยเครื่องทำแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 40 และ 80°C จนกระทั่งใบตำลึงมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 5±1 ผลการศึกษาไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างสภาวะในการเตรียมและการอบแห้งต่อค่าดัชนีการดูดซับน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ ธาตุเหล็ก และเบต้าแคโรทีน สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งใบตำลึงคือการลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 และอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน และค่าดัชนีการดูดซับน้ำมากที่สุด และยังคงสีเขียวของใบตำลึงดีที่สุด
คำสำคัญ: ใบตำลึง ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน การลวก การอบแห้ง

คำนำ

ตำลึง (*Coccinia grandis*) เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนพบมากในทุกฤดูกาลโดยเฉพาะประเทศไทย ในใบตำลึงสด 100 กรัม มีสารประกอบที่สำคัญ คือ เบต้าแคโรทีน 5.19 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 4.6 มิลลิกรัม วิตามินซี 34 มิลลิกรัม และเส้นใยอาหาร 1 กรัม (ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, 2001) ใบตำลึงเป็นพืชที่แนะนำให้ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสำหรับทารกและเด็กเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ใบตำลึงสดสามารถเก็บได้ 3-4 วันที่อุณหภูมิห้อง การอบแห้งใบตำลึงด้วยเตาอบลมร้อนแบบถาดเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการลดปริมาณน้ำอิสระ จุลินทรีย์ และแมลง ของใบพืชเพื่อความปลอดภัยและยืดอายุการเก็บรักษา (Edwards และ Lee, 1986) การศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของใบตำลึงอบแห้งมีความจำเป็น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ กลิ่นรส และการสูญเสียสารอาหารในระหว่างการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ความชื้นเริ่มต้นรวมถึงสภาวะที่ใช้ในการการเตรียมตัวอย่าง (pretreatment) ก่อนการอบแห้ง เพื่อช่วยคงคุณค่าทางโภชนาการ ป้องกันการเสื่อม

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพ 10400
[1] Department of nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok 10400
[2] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม 73170
[2] Institute of Nutrition, Mahidol University, Nakhon Pathom 73170

เสีย และการเปลี่ยนแปลงของสี (Oliveira และคณะ, 2015) การลวกเป็นขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเบื้องต้นก่อนการทำแห้งผักและช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) และลิพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ป้องกันการสูญเสียสารแคโรทีนอยด์ในผักที่ผ่านการอบแห้ง และเพิ่มอัตราเร็วในการทำแห้ง (Edwards และ Lee, 1986, Negi และ Roy, 2006) การลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีส่วนช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการทำแห้ง ลดการสูญเสียสารเบต้าแคโรทีน และคงสีเขียวของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ในใบผักได้สูงกว่าการลวกในน้ำร้อน จากงานวิจัยที่ผ่านมามีการใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5-3 ในการลวกใบพืชก่อนการอบแห้ง{(Addis และคณะ, 2009, Workneh และคณะ, 2014, Saencom และคณะ, 2011 รายงานว่าการใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 หรือสูงกว่านี้ไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราเร็วของการอบแห้งด้วยวิธีการอบแห้งแบบลมร้อน ขณะที่การใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์สูงกว่าร้อยละ 3 ผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบแห้งมีรสชาติเค็มเล็กน้อย ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการเตรียมตัวอย่างใบตำลึงผงเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเสริมสำหรับทารกและไม่ต้องการให้มีปริมาณเกลือสูงเกินไปในวัตถุดิบ จึงเลือกใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 3 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมตัวอย่างใบตำลึงด้วยวิธีการลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน และศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อการคงปริมาณธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน และสีเขียวของใบตำลึง และเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งตำลึงเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารเสริมสำหรับเด็ก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง (สุ่มเก็บตัวอย่างใบตำลึงสดจากตลาดท้องถิ่นจำนวน 4 ครั้ง ในช่วงเดือนมกราคม-มิถุนายน 2559 เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาทดลอง นำมาคัดเลือกใบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 3-6 เซนติเมตร และมีสีเขียวเป็นตามเกณฑ์ที่กำหนดด้วยตารางสีในระบบ Munsell book of color (10GY6/6, 10GY6/8 และ 10GY6/10) เพื่อคัดความแก่อ่อน นำไปบรรจุถุงพลาสติก และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การศึกษาผลของการลวกและอุณหภูมิในการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของใบตำลึง ทำโดยลวกใบตำลึง 100 กรัมต่อสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 และร้อยละ 3 จำนวน 2 ลิตร ที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที แช่ในน้ำเย็นทันทีที่อุณหภูมิ 0±2 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ใบตำลึงลวกนำมาเติมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ปั่นละเอียดเทใส่ถาดและเกลี่ยให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร จากนั้นอบแห้งด้วยเครื่องทำแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 40 และ 80 องศาเซลเซียส บันทึกอัตราการทำแห้ง อบแห้งจนกระทั่งใบตำลึงมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 5±1 ตัวอย่างที่ได้นำมาบดให้เป็นผงและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 60 เมช ใส่ถุงพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม บรรจุแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกระทั่งวิเคราะห์ค่าทางเคมี-กายภาพ ได้แก่ ธาตุเหล็ก (Datta, 2001) เบต้าแคโรทีน (Alminger และคณะ, 2012) วอเตอร์แอคติวิตี้วัดด้วยเครื่อง Novasina ดัชนีการละลายน้ำ ดัชนีการดูดซับน้ำ (Anderson และคณะ, 1969) และค่าสีในระบบ CIE-lab (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab รุ่น ColorFlex EZ S/N CFEZ1762 ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial 2x2 in Completely Randomized Design วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 18 เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการลวกและอุณหภูมิการอบแห้งต่อปริมาณเบต้าแคโรทีน ธาตุเหล็ก ค่าดัชนีการละลายน้ำ และค่าดัชนีการดูดซับน้ำ ($p \geq 0.05$) การลวกใบตำลึงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างกันหรือการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณของเบต้าแคโรทีนที่คงเหลือในใบตำลึงอบแห้ง ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยใบตำลึงผงอบแห้งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนอยู่ในช่วง 46-57 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณเบต้าแคโรทีนในใบตำลึงสดอบแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส (64.9 ± 0.54 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และใบตำลึงสดอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส (63.9 ± 0.53 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง) การลวกใบตำลึงในน้ำร้อนมีผลให้สูญเสียเบต้าแคโรทีนเนื่องจากเซลล์พืชเกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน (Thermal degradation) ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saencom และคณะ (2011) พบว่า การลวกใบตำลึงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 จะสามารถคงปริมาณเบต้าแคโรทีนในใบตำลึงได้ร้อยละ 85 สูงกว่าการลวกในน้ำร้อนหรือสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ใบตำลึงที่ลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 พบมีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าตัวอย่างที่ลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ใบตำลึงสดอบแห้ง มีปริมาณธาตุเหล็กเท่ากับ 9.65

การอบแห้งใบตำลึงลวกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบมีปริมาณธาตุเหล็กในใบตำลึงสูงกว่าการอบแห้งที่ 40 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ระยะเวลา และอุณหภูมิการลวกที่เหมาะสมจะช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ การใช้สภาวะที่สูงเกินไปมีผลทำให้เกิดการสูญเสียของสารอาหาร สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รวมถึงใช้พลังงานมากเกินความจำเป็น (Barret และ Theerakulkait, 1995; Negi และ Roy, 2000)

ผลจากการวัดค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้ ค่าสี L*, a* และ b* พบอิทธิพลร่วมระหว่างการลวกและอุณหภูมิในการอบแห้ง ($p \leq 0.05$) (Fig 1) การลวกใบตำลึงมีผลให้สีเขียวของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นสีเขียวเข้มออกน้ำตาลของฟีโอไฟทิน (Pheophytin) เนื่องจากการแทนที่แมกนีเซียมในคลอโรฟิลล์ด้วยไฮโดรเจน การเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในน้ำที่ใช้ลวกมีผลในการคงสีเขียวของใบ และช่วยทำให้อัตราการอบแห้งเร็ว เนื่องจากไฟทอลเรซิดิวจะถูกไฮโดรไลซ์ แต่แมกนีเซียมอะตอมยังคงอยู่จะให้คลอโรฟิลไลด์ (Chlotophyllin) ที่มีสีเขียวสดเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเช่นเดียวกับคลอโรฟิลล์ (Von Elbe และ Schwartz, 1996) โดยสภาวะที่เหมาะสมคือการลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ใบตำลึงที่ได้จะมีสีเขียวสว่างกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ใบตำลึงอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส มีสีเขียวสว่างกว่าที่ 40 องศาเซลเซียส (Table 1) สำหรับค่าดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำของตัวอย่างพบว่า การลวกใบตำลึงด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) ตัวอย่างอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าดัชนีการละลายน้ำ ดัชนีการดูดซับน้ำ สูงกว่าตัวอย่างอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างมีความสามารถในการคืนตัวได้ดีกว่า ใบตำลึงผงอบแห้งมีค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้อยู่ในช่วง 0.25-0.3 (Table 2) เป็นระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Barbosa-Canovas และคณะ, 2007) และเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับอาหารแห้ง

สรุปผล

การลวกใบตำลึงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ใช้อุณหภูมิและเวลาอบแห้งที่เหมาะสมมีส่วนในการช่วยคงสีเขียว ธาตุเหล็ก สารเบต้าแคโรทีน และช่วยให้ผลผลิตที่ได้มีความสามารถในการดูดซับและการละลายน้ำที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบตำลึงเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเสริมสำหรับเด็กคือการลวกใบตำลึงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 และอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตัวอย่างที่ได้มีค่าความชื้นร้อยละ 5.81 เบต้าแคโรทีน 64.79±23.21 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ธาตุเหล็ก 14.35±0.2 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.27±0 ค่าการดูดซับน้ำ 4.11±0.12ก/ก ค่าการละลายน้ำร้อยละ 13.34±0.32 และค่าสี L* a* b* เท่ากับ 44.79±0.25 -11.56±0.04 และ 26.83±0.13 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เลขที่สัญญา MSD58I0054 และบริษัท เมดิฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม(พวอ.)

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก; 2544

Addis, G., Baskaran, R., Raju, M., Ushadevi, A., Asfaw, Z., Woldu, Z. and Baskaran, V., 2009, Effect of blanching and drying process on carotenoids composition of underutilized Ethiopian (*Cocciniagrandis* L. voigt) and Indian (*Trigonella foenum-graecum* L.) green leafy vegetables. Journal of Food Processing and Preservation, 33(6):744–762.

Alminger, M., Svelander, C., Weller, A., Martinez-Tomas, R., Bialek, L., Larque, E. and Perez-Llamas, F., 2012, Applicability of in vitro models in predicting the in vivo bioavailability of lycopene and β -carotene from differently processed soups, Food Nutrition Science, 3: 477-489.

Anderson, R.A., Conway, H.F, Pfeifer, V.F and Griffin, E.L., 1969, Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking, Journal of Cereal Science, 14: 4-12.

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

Barret, D.M. and Theerakulkait, C., 1995, Quality indicators in blanched, frozen, stored vegetables, Food Technology, 49: 62-65.

Datta, A.K., 2001, Handbook of microwave technology for food applications. Marcel Dekker, Inc.,NewYork.

Edwards, C.G. and Lee, C.Y., 1986, Measurement of provitamin A carotenoids in fresh and canned carrots and green peas. Journal of Food Science, 51: 534–535.

Saencom, S., Chiewchan, N. and Devahastin, S., 2011, Production of dried ivy gourd sheet as a health snack, Food and Bioproducts Processing, 89(4):414-421.

Negi, P.S. and Roy, S.K., 2000, Effect of blanching and drying methods on β -carotene, ascorbic acid and chlorophyll retention of leafy vegetables, Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology, 33(4): 295–298.

Oliveira, S.M., Brandao, T.R.S. and Silva, C.L.M., 2015, Influence of drying processes and pretreatments in nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: A review, Food Eng Review, Published online: 22 May 2015.

Von Elbe, J.H. and Schwartz, S.J., 1996, Colorants, In Food Chemistry. 3rd . ed. (Fennema, O.R. ed.). Marcel Dekker, Inc., New York. Workneh, T.S., Zinash, A. and Woldetsadik, K., 2014, Blanching, salting and sun drying of different pumpkin fruit slices, Journal of Food Science and Technology, 51(11): 3114–3123.

Table 1 Descriptive statistics of independent factors on iron, beta-carotene content and color of dried ivy-gourd

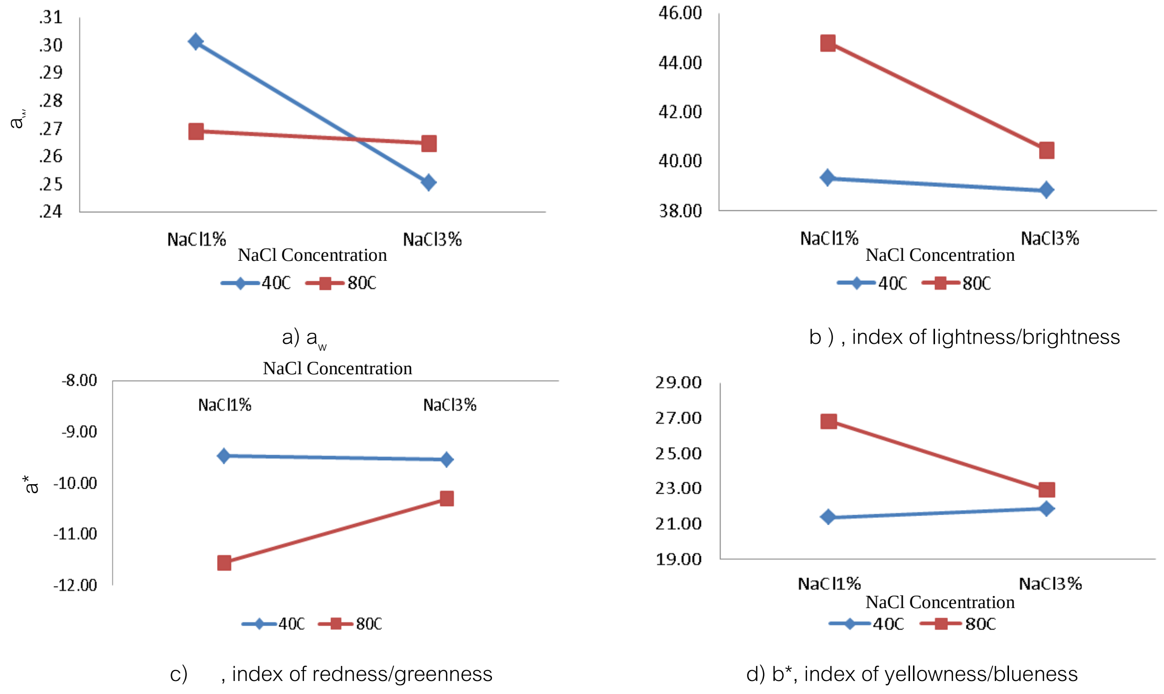
Factor	β-carotene (mg/100g dry basis)	Iron (mg/100g dry basis)	L*	a*	b*
NaCl 1%	56.97^{ns} ±20.16	12.48^{a} ±2.16	41.95^{a}±2.88	-10.54^{a}±1.16	24.1^{a}±3
NaCl 3%	47.35^{ns} ±12.95	10.17^{b} ±1.41	39.77^{b}±0.86	-10.21^{b}±0.6	22.27^{b}±1.1
40 °C	46.33^{ns}±15.37	9.8^{b}±1.02	39.15^{b}±0.19	-9.57^{b}±0.01	21.32^{b}±0.07
80 °C	57.99^{ns}±17.72	12.85^{a}±1.74	42.57^{a}±2.2	-11.17^{a}±0.46	25.1^{a}±2

[a, b] Mean values within a column superscripted by the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Descriptive statistics of independent factors on a_w, WAI and WSI of dried ivy-gourd powders

Temperature	a_w	WAI (g/g)	WSI (%)
NaCl 1%	0.29^{a}±0.02	4.20^{a}±0.12	13.50^{b}±0.27
NaCl 3%	0.26^{b}±0.01	3.80^{b}±0.09	17.09^{a}±0.41
40 °C	0.28^{a}±0.03	4.08^{a}±0.22	15.51^{a}±2.04
80 °C	0.27^{a}±0.01	3.92^{b}±0.23	15.08^{b}±1.91

[a, b] Mean values within a column superscripted by the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)



a) a_w

b) , index of lightness/brightness

c) , index of redness/greenness

d) b*, index of yellowness/blueness

Figure 1 Interaction effect of NaCl solution blanching and drying temperature on water activity, L*, a* and b* values; the symbols correspond to the following temperature level -♦- 40 °C , -■- 80 °C

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิวและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยกะเพรา โหระพา และขมิ้นชัน

The Anti-acne Bacteria and Antioxidant Activities of the Holy Basil, Sweet Basil and Turmeric Essential Oil

มัลลิกา ปัสสาโก[1] รัตนา อินทรานุปกรณ์[1] ปารภัทร โศภารักษ์[1] และ ไตรวิทย์ รัตนโรจน์พงศ์[2]

Passago, M.[1], Indranupakorn, R.[1], Sobharaksha, P.[1] and Rattanarojpong, T.[2]

Abstract

The anti-bacteria (caused acne) and antioxidant activities of the holy basil (*Ocimum sanctum* L.), sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and turmeric (*Curcuma longa* L.) were evaluated. The mixture of holy basil oil: sweet basil oil (1:1 by volume) showed the strongest antibacterial activity against *Staphylococcus epidermidis* ATCC14990 and *Propionibacterium acnes* DMST14916, which its minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) values were 0.512 and 0.256 mg/mL, respectively. In addition, the mixture of holy basil oil: sweet basil oil (1:1 by volume) had that the highest antioxidant activities which its IC_{50} values of 2,2-diphenhydramine-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging assays were 23.80±1.30 and 11.71± 1.56 μg/mL, respectively.

Keywords: essential oil, antioxidant activity, anti-acne bacteria

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (ที่ก่อให้เกิดสิว) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) โหระพา (*Ocimum basilicum* L.) และขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราผสมโหระพา (1:1 โดยปริมาตร) ให้ผลการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus epidermidis* ATCC 14990 และ *Propionibacterium acnes* DMST 14916 ได้ดีที่สุด โดยมีค่า minimum inhibitory concentration (MIC) และ minimum bactericidal concentration (MBC) ต่อเชื้อแต่ละชนิดเท่ากันที่ 0.512 และ 0.256 mg/mL ตามลำดับ อีกทั้งน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราผสมและโหระพา (อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร) ยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีค่า IC_{50} ของการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenhydramine-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging เท่ากับ 23.80±1.30 และ 11.71±1.56 μg/mL ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว

คำนำ

น้ำมันหอมระเหยเป็นน้ำมันที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติ โดยเก็บไว้ตามส่วนต่างๆ เช่น ดอก ใบ ผิวของผล รากของลำต้น ซึ่งเมื่อได้รับความร้อน อนุภาคเล็กๆของน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้จะระเหยออกมาเป็นกลุ่มไอรอบๆ ทำให้เราได้กลิ่นหอม (พิมพร, 2545) นอกจากจะมีกลิ่นเฉพาะตัวในแต่ละชนิดแล้วยังมีคุณสมบัติในหลายด้าน เช่น ทำให้รู้สึกผ่อนคลายซึ่งเป็นคุณสมบัติที่นิยมใช้ในธุรกิจสปา อีกทั้งยังมีสารสำคัญเป็นองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และต้านอนุมูลอิสระ (ประภัสสร และ วัชรี, 2554) จากคุณสมบัติข้างต้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรพื้นบ้านของไทย ที่นิยมใช้เป็นวิตถุดิบในการประกอบอาหาร ได้แก่ กะเพรา โหระพา และขมิ้นชัน ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ มีสารสำคัญได้แก่ eugenol, methyl eugenol, estragol และ tumerone (Lertsatitthanakorn และคณะ, 2006; Lee และคณะ, 2005; Naz และคณะ, 2010) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญเหล่านี้เป็นสารกลุ่ม phenolic compound ทำให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้หลากหลายชนิด รวมไปถึงแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว คือ *Staphylococcus epidermidis* และ

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด อำเภอ บางพลี สมุทรปราการ 10540

[1] Faculty of Pharmaceutical Sciences, Huachiew Chalermprakiet University, 18/18 Bangna-Trad Rd., Bangplee District, Samutprakarn 10540.

[2] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[2] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd., Thung Khru, Bangkok 10140.

Propionibacterium acnes ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก โดยน้ำมันหอมระเหยมีกลไกยับยั้งเชื้อโดยจะเข้าไปรบกวนผนังและเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดการรั่วของเซลล์แบคทีเรียส่งผลให้เชื้อแบคทีเรียถูกทำลายในที่สุด (Burt, 2004) นับว่าเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำพืชสมุนไพรมาใช้ทดแทนยาแผนปัจจุบันที่ใช้รักษาสิวซึ่งมีราคาที่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้สารกลุ่มที่มีโครงสร้างของฟีนอลนั้นยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (โอภา, 2550) ซึ่ง 2 คุณสมบัติที่สนใจศึกษานี้เป็นคุณสมบัติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงเวชสำอางเพื่อเพิ่มมูลค่าของน้ำมันหอมระเหย อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่ศึกษาการเสริมฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิดในด้านการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยังเชื้อจุลินทรีย์ และต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น (Atanda และคณะ, 2006; Bag และ Chattopadhyay, 2015) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา โหระพา และขมิ้นชัน มาทำการผสมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเสริมฤทธิ์กันในการยับยั้งเชื้อจุลชีพที่ก่อให้เกิดสิวและต้านอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชสมุนไพรที่ใช้ศึกษา

น้ำมันหอมระเหยกะเพรา โหระพาและขมิ้นชัน จากบริษัท Botanicessence ซึ่งสกัดโดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) และน้ำมันหอมระเหยผสมจากน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิด คือ กะเพราผสมโหระพา, กะเพราผสมขมิ้นชัน และโหระพาผสมขมิ้นชัน (อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร) เพื่อใช้ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ และต้านอนุมูลอิสระ

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ

แบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ คือ *P. acnes* DMST 14916 และ *S. epidermidis* ATCC 14990 จากกรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จากนั้นปรับค่าความขุ่นเชื้อให้เท่ากับ McFarland standard เบอร์ 0.5 โดยให้มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^8 CFU/mL

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย

1) **การหาค่า** Minimum Inhibitory Concentration (MIC) **โดยวิธี** broth dilution method

หาค่า MIC ด้วยวิธี broth dilution method ดัดแปลงจากวิธีของ Da Silva และคณะ (2010) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MHB สำหรับเชื้อ *S. epidermidis* และ TSB สำหรับเชื้อ *P. acne* ทำการเจือจางส่วนผสม แบบ Two-fold serial dilutions แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และสำหรับ *P. acnes* นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยบ่มสภาวะไร้อากาศใน aerobic jar (Kumar และคณะ, 2007) อ่านผลเทียบกับหลอดที่เป็น Positive control (จะมีแต่อาหารเลี้ยงเชื้อและจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ ไม่มีน้ำมันหอมระเหย) และบันทึกผลการทดสอบ

2) **การหาค่า** Minimum Bactericidal Concentration (MBC)

หาค่า MBC ด้วยวิธี agar dilution technique ดัดแปลงจากวิธีของ Yim และคณะ (2013) โดยนำหลอดที่ไม่มีความขุ่นจากการทดสอบ MIC ไป spread plate ลงบนอาหาร MHA (สำหรับ *S. Epidermidis*) และ TSA (สำหรับ *P. acnes* บ่มสภาวะไร้อากาศใน aerobic jar) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

1) **การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี** DPPH Radical Scavenging Capacity Assay

การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของน้ำมันหอมระเหย และ L-ascorbic acid (positive control) ดัดแปลงจากวิธีของ Fatma และคณะ (2013) วิเคราะห์โดยเครื่อง UV spectrophotometer (U-2900, Hitachi) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 nm รายงานผลเป็นค่า IC_{50} ดังวิธีของ Kadam และคณะ (2010)

2) **การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี** ABTS radical scavenging

การต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของน้ำมันหอมระเหย และ L-ascorbic acid (positive control) ในการทดลองดัดแปลงจากวิธีของ Li และคณะ (2013) โดยใช้เครื่อง UV spectrophotometer (U-2900, Hitachi) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm การรายงานผลเป็นค่า IC_{50}

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย

น้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว 2 ชนิด คือเชื้อ *S. epidermidis* และ *P. acnes* ซึ่งทั้งสองชนิดเป็นแบคทีเรียแกรมบวก พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราผสมโหระพามี

ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อดีที่สุด โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) ต่อเชื้อ *S. epidermidis* และ *P. acnes* เท่ากับ 0.512 และ 0.256 mg/mL ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (MBC) เท่ากับ 0.512 และ 0.256 ตามลำดับ (Table 1) อาจกล่าวได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราผสมโหระพามีคุณสมบัติเสริมฤทธิ์กันในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว เนื่องจากองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (พิมพร, 2545) โดยน้ำมันกะเพรามี eugenol และ methyl eugenol ส่วนน้ำมันโหระพามี eugenol และ estragol เป็นองค์ประกอบหลัก (Lertsatitthanakorn และคณะ, 2006; Lee และคณะ, 2005) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Joshi (2013) และ Koba และคณะ (2009) ที่พบว่า eugenol และ methyl eugenol และ estragol มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราผสมโหระพา มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีค่า IC_{50} จากวิธี DPPH และ ABTS radical scavenging assays เท่ากับ 23.80±1.30 และ 11.71±1.56 µg/mL ตามลำดับ (Table 2) แตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า L-ascorbic acid ซึ่งใช้เป็น positive control (IC_{50} จากวิธี DPPH และ ABTS เท่ากับ 38.05±0.84 และ 22.46±1.51 µg/mL) อันเนื่องมาจากน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราผสมโหระพามีคุณสมบัติเสริมฤทธิ์กัน โดยประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยนั้นขึ้นกับองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย น้ำมันหอมกะเพรามีสารสำคัญเป็นพวก eugenol และ methyl eugenol (Lertsatitthanakorn และคณะ, 2006) ส่วนน้ำมันโหระพามีสารสำคัญเป็นพวก eugenol และ estragol (Lee และคณะ, 2005) ซึ่งสารสำคัญที่มีอยู่ในน้ำมันทั้งสองชนิดนั้นเป็นสารกลุ่มที่มีโครงสร้างของฟีนอล มีความสามารถในการให้ไฮโดรเจน ทำให้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (โอภา, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaurinovic และคณะ (2011) โดยผู้ทำการทดลองได้ศึกษาการต้านอนุมูลอิสระด้วยสารสกัดจากโหระพา พบว่าฤทธิ์การต้านอนมูลอิสระแปรผันตามปริมาณสารประกอบฟีนอล ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราและโหระพามีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบฟีนอล จึงทำให้มีฤทธิ์การต้านอนมูลอิสระสูง

สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราผสมโหระพา มีคุณสมบัติเสริมฤทธิ์กันในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว ได้แก่ *S. epidermidis* (ATCC 14990) และ *P. acnes* (DMST 14916) และต้านอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดีจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้

เอกสารอ้างอิง

ประภัสสร วีระพันธ์ และ วัชรี คุณกิตติ, 2554, คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยในหลอดทดลอง, วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, 7(3): 30-38.

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2545, สุคนธบำบัด Aromatherapy, สำนักพิมพ์คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 172 หน้า.

โอภา วัชระคุปต์, 2550, สารต้านอนุมูลอิสระ (Radical Scavenging Agent), บริษัทนิวไทยมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 116 หน้า.

Atanda, O.O., Akpan, A. and Oluwafemi, F., 2010, The potential of some spice essential oils in the control of *A. parasiticus* CFR 223 and aflatoxin production, Food Control, 18: 601-607.

Bag, A. and Chattopadhyay, R.R., 2015, Evaluation of synergistic antibacterial and antioxidant efficacy of essential oils of spices and herbs in combination, PLoS One, 10(7): 1-17.

Burt S., 2004, Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods, International Journal of Food Microbiology, 94: 223-253.

Da Silva, R.F., de Almeida Barros, A.C., Pletsch, M., Argolo, A.C.C.M. and de Araujo, B.S., 2010, Study on the Scavenging and Anti-*Staphylococcus aureus* activities of the extracts: fractions and subfractions of two *Volvariella volvacea* strains, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26(10): 1761-1767.

Fatma, A., Sokindra, K. and Shah, K., 2013, Estimation of total phenolic content in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 3: 623-627.

Joshi, R.K., 2013, Chemical composition, In vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils of *Ocimum Gratissimum*, *O. Sanctum* and their major constituents, Indian J Pharm Sci, 75(4): 457-462.

Kadam, V.J., Joshi, Y.M., Sawant, H.P. and Jadhav T.A., 2010, Free radical scavenging activity of aqueous solution of black sait, Int J Pharmacy Pharm Sci, 2: 95-96.

Kaurinovic, B., Popovic, M., Vlaisavljevic, S. and Trivic, S., 2011, Antioxidant capacity of *Ocimum basilicum* L. and *Origanum vulgare* L. extracts, Molecules, 16: 7401-7414.

Koba, K., Poutouli, P.W., Raynaud, C. and Sanda, K., 2009, Chemical composition and antimicrobial properties of different basil essential oils chemotypes from Togo, Bangladesh J Pharmacol, 4: 1-8.

Kumar, G.S., Jayaveera, K.N., Kumar, C.K., Sanjay, U.P., Swamy, B.M. and Kumar, D.V., 2007, Antimicrobial effects of Indian medicinal plants against acne-inducing bacteria, Trop J Pharm Res, 6(2): 717-723.

Lee, S.J., Umano, K. and Lee, K.G., 2005, Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties, Food Chemistry, 91: 131-137.

Lertsatitthanakorn, P., Taweechaisupapong, S., Aromdee, C. and Khunkitti, W., 2006, In vitro bioactivities of essential oils used for acne control, The International Journal of Aromatherapy, 16: 43-49.

Li, S., Li, S.K., Gan, R.Y., Songi, F.L., Kung, L. and Li, H.B., 2013, Antioxidant capacities and total phenolic contents of infusions from 233 medicinal plants, Industrial Crops and Products, 51:289-298.

Naz, S., Ilyas, S., Parveen, Z. and Javed, S., 2010, Chemical analysis of essential oils from Turmeric (*Curcuma longa*) rhizome through GC-MS, Asian Journal of Chemistry, 22(4): 3153-3158.

Yim, M.H., Jung, Y.P., Cho, W.K., Kim, T. and Ma, J.Y., 2013, Screening of aqueous extracts of medicinal herbs forAntimicrobial activity against oral bacteria, Integrative Medicine Research, 2: 18-24.

Table 1 MIC and MBC of essential oils against *P. acnes* and *S. epidermidis*

Essential oils	*S. epidermidis*		*P. acne*	
	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)
Holy basil (*O. sanctum* L.)	2.048	4.096	1.024	1.024
Sweet basil (*O. basilicum* L.)	1.024	1.024	0.512	0.512
Turmeric (*C. longa* L.)	32.768	32.768	8.192	16.834
Holy basil (*O. sanctum* L.) and Sweet basil (*O. basilicum* L.)	0.512	0.512	0.256	0.256
Holy basil (*O. sanctum* L.) and Turmeric (*C. longa* L.)	16.384	32.768	4.096	4.096
Sweet basil (*O. basilicum* L.) and Turmeric (*C. longa* L.)	8.192	8.192	2.048	2.048

Table 2 Antioxidant activity (IC_{50}) of essential oil and ascorbic acid on DPPH and ABTS scavenging radicals.

Essential oil	DPPH assay IC_{50} (μg/mL)	ABTS assay IC_{50} (μg/mL)
Holy basil (*O. sanctum* L.)	32.40±1.77[b]	16.37±2.31[b]
Sweet basil (*O. basilicum* L.)	152.65±3.09[d]	70.32±1.86[d]
Turmeric (*C. longa* L.)	307.81±5.34[g]	206.22±2.28[g]
Holy basil (*O. sanctum* L.) and Sweet basil (*O. basilicum* L.)	23.80±1.30[a]	11.71±1.56[a]
Holy basil (*O. sanctum* L.) and Turmeric (*C. longa* L.)	163.27±2.83[e]	124.11±3.59[e]
Sweet basil (*O. basilicum* L.) and Turmeric (*C. longa* L.)	205.22±2.52[f]	181.49±1.66[f]
Ascorbic acid (positive control)	38.05±0.84[c]	22.46±1.51[c]

Values are means±SD. Different letters within the same column indicate significant differences at $p<0.05$.

การใช้น้ำโอโซนเพื่อควบคุมโรคแอนแทรกโนสในเมล็ดพันธุ์พริก

The Use of Ozonated Water for Controlling Anthracnose Disease in Hot Chili Seed

เยาวภา บุญเอก[1,2,3] **ธิติมา วงษ์ชีรี**[4] **อภิรดี อุทัยรัตนกิจ**[1,2,3] **และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์**[1,2,3]
Boon-Ek, Y.[1,2,3], Wongsheree, T.[4], Uthairatanakij, A.[1,2,3] and Jitareerat, P.[1,2,3]

Abstract

This research was aimed to study the effect of ozonated water at 0 (control), 0.25, 0.29 and 0.34 ppm for inhibiting spore germination and minimizing *Colletotrichum capsici* contaminated in chili seed cv. Huay Si Thon. Ozone treated spore was cultured on PDA medium at room temperature for 5 days. All ozonated treatments inhibited spore germination completely. Effect of ozone to decontaminate fungal pathogen on chili seeds was investigated. Artificial inoculated seed were immersed in ozonated water at 0.25, 0.29 and 0.34 ppm, and non-treated was used as control. Seed moisture content was reduced to 7% before storage at 10°C for 1 month. All ozone concentrations had the efficiency to decrease the fungal contamination on seeds, particularly 0.34 ppm showed highest reduction. The quality of seeds treated with ozonated water (seed germination, germination index, seedling growth rate and days to emergence) could be enhanced by ozonated water, and it could reduce abnormal seedling and dead seeds.

Keywords: *Colletotrichum capsici*, chili seed, seed quality, seed germination

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำโอโซนความเข้มข้น 0, 0.25 0.29 และ 0.34 ppm ในการยับยั้งการงอกของสปอร์และลดการปนเปื้อนของเชื้อรา *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสในเมล็ดพันธุ์พริกห้วยสีทน โดยนำสปอร์แขวนลอยของเชื้อที่แช่ในน้ำโอโซนไปเลี้ยงบนอาหาร PDA และบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 วัน พบว่าโอโซนทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้สมบูรณ์ สำหรับผลของน้ำโอโซนต่อการปนเปื้อนเชื้อราบนเมล็ดพริก โดยปลูกสปอร์เชื้อราบนเมล็ดก่อนนำไปแช่ในน้ำโอโซนที่ 0.25 0.29 และ 0.34 ppm เปรียบกับเมล็ดที่ไม่แช่ ลดความชื้นของเมล็ดลงเหลือ 7% เก็บรักษาที่ 10°C นาน 1 เดือน พบว่าน้ำโอโซนทุกความเข้มข้นมีประสิทธิภาพลดเชื้อราบนเมล็ดพริก โดยเฉพาะที่ 0.34 ppm สามารถลดการติดเชื้อบนเมล็ดได้สูงสุด และมีผลช่วยส่งเสริมคุณภาพของเมล็ด (ความงอก ดัชนีการงอก อัตราเร็วในการแทงราก และการเจริญเติบโตของต้นกล้า) และต้นกล้าที่ได้มีการงอกผิดปกติและเมล็ดตายลดลง

คำสำคัญ: *Colletotrichum capsici* เมล็ดพันธุ์พริก คุณภาพเมล็ดพันธุ์ เปอร์เซ็นต์ความงอก

คำนำ

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างมากในประเทศไทย โดยมีการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศสูง ในการผลิตพริกจำเป็นต้องใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี เช่น มีความงอกสูง งอกได้สม่ำเสมอ และปราศจากโรค แต่มักพบปัญหาเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำ เนื่องจากโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ ซึ่งโรคที่สำคัญคือ โรคแอนแทรกโนส ที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum capsici* (ไพโรจน์, 2525) ซึ่งทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง และในการผลิตพืชผักอินทรีย์ไม่สามารถนำสารเคมีมาใช้ในการป้องกันกำจัดได้ การใช้น้ำโอโซนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาใช้ควบคุมเชื้อรา *C. capsici* เนื่องจากโอโซนมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพมหานคร 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400
[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150
[3] Center for Research and Development of Tropical and Sub-Tropical Crops, School of Bioresources and Technology, KMUTT, Bangkok 10150
[4] สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140
[4] Institute for Scientific and Technological Research and Services, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ดี สลายตัวได้ง่าย ปลอดภัยต่ออาหารและไม่มีพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม (Guzel-Seydim และคณะ, 2004) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำโอโซนต่อการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. capsici* และเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโนสในเมล็ดพริกพันธุ์ห้วยสีทน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมโรคในเมล็ดพันธุ์พริกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในสภาพหลอดทดลอง (*In vitro*) ทำโดยนำสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *C. capsici* ความเข้มข้น 10^3 spore/mL (300 mL) ใส่ในขวดแก้วและปล่อยก๊าซโอโซนลงในสปอร์แขวนลอยผ่านหัวทราย เป็นเวลา 0 30 60 และ 90 นาที (จะได้น้ำที่มีโอโซนเท่ากับ 0 0.25 0.29 และ 0.34 ppm) ตรวจสอบความเข้มข้นของโอโซนในน้ำด้วยวิธี Indigo Colorimetric Method (Bader และคณะ, 1981) นำสปอร์แขวนลอยนั้นมาเลี้ยงบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 48 ชั่วโมง นับจำนวนสปอร์ที่งอกใต้กล้องจุลทรรศน์และรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์ การศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อราบนเมล็ดพริก นำเมล็ดพริกพันธุ์ห้วยสีทนที่ถูกปลูกด้วยสปอร์เชื้อรา *C. capsici* (10^5 spore/mL) จำนวน 3 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 300 mL และปล่อยก๊าซโอโซนลงในน้ำ (เครื่องผลิตโอโซนมีความสามารถการผลิตโอโซน 1,000 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง) นาน 30 60 และ 90 นาที (ได้น้ำที่มีโอโซนเท่ากับ 0.25 0.29 และ 0.34 ppm) เปรียบเทียบกับเมล็ดที่แช่น้ำกลั่นและที่ไม่แช่ (ชุดควบคุม 1 และ 2 ตามลำดับ) ลดความชื้นของเมล็ดลงเหลือ 7% แล้วบรรจุเมล็ดพริกลงในถุงซิป (PE) จำนวน 3 กรัม/ถุง เก็บรักษาที่ 10°C นาน 1 เดือน แต่ละทรีตเมนท์มี 4 ซ้ำ (ถุง) นำเมล็ดมาตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อรา *C. capsici* และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ ความงอก ดัชนีการงอก อัตราเร็วในการแทงราก และอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (ISTA, 2008) ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพของน้ำโอโซนในการควบคุมเชื้อรา *C. capsici*

ประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราในสภาพ *In vitro* พบว่าน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.25-0.34 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ (100%) (Figure 1A) ประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา อาจเนื่องจากโมเลกุลของโอโซนเข้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ โดยโอโซนมีผลทำลายเซลล์เมมเบรน ไซโตพลาสซึม โปรตีนและชั้นของไขมันในเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้โปรตีนเกิดการจับตัวเป็นก้อนจนนอกจากนี้โอโซนมีผลทำลายเอนไซม์ที่สำคัญในการดำรงชีวิตของเซลล์ รวมทั้งอาจจะไปทำลาย DNA และ RNA ของเซลล์เชื้อจุลินทรีย์อีกด้วย (Khadre และคณะ, 2001)

ผลของน้ำโอโซนต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพริกที่แช่ในน้ำโอโซนทุกความเข้มข้น (0.25 0.29 และ 0.34 ppm) สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อรา *C. capsici* บนเมล็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเข้มข้น 0.34 ppm สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราได้สูงถึง 95.5% หลังจากเก็บรักษานาน 1 เดือน (Figure 2B) สอดคล้องกับการรายงานของ Kang และคณะ (2015) ที่พบว่าน้ำโอโซน สามารถยับยั้งสปอร์เชื้อรา *Fusarium fujikuroi* เชื้อสาเหตุโรคถอดฝักดาบในข้าวได้ดีกว่าการใช้ Arc discharge plasma และจะเห็นว่าประสิทธิภาพของน้ำโอโซนในการควบคุมเชื้อ *C. capsici* ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำโอโซน โดยเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นความสามารถในการควบคุมเชื้อก็จะเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับ Spotts และ Cervantes (1992) ที่กล่าวว่าความสามารถในการฆ่าสปอร์ของเชื้อราขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาการให้โอโซน แม้ว่าน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.25-0.34 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ แต่เมื่อนำมาทดสอบบนเมล็ดพริกกลับพบว่าสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราได้เท่ากับ 81-88.5% ทั้งนี้อาจเกิดจากลักษณะทางสรีรวิทยาของเมล็ดพริกเองที่มีรอยแยก ขรุขระ และบริเวณพื้นผิวของเมล็ดที่อาจเป็นตัวกีดขวางโอโซนที่จะเข้าไปสัมผัสกับเซลล์ของเชื้อราด้วย และพบว่าการแช่เมล็ดพริกในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.29-0.34 ppm มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกมาตรฐาน (Seed germination) ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาสูงกว่าเมล็ดที่แช่ในน้ำกลั่นและไม่แช่ในสารละลายใดๆ (Figure 3A) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแช่น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.34 ppm มีผลทำให้เมล็ดพริกมีความงอกมาตรฐานสูงที่สุดเท่ากับ 69% ขณะที่เมล็ดพริกที่ไม่ได้แช่ในสารละลายใดๆ และที่แช่ในน้ำกลั่นที่มีความงอกมาตรฐานเพียง 7.25% และ 6.00% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการงอก (Germination index) พบว่าเมล็ดพริกที่แช่ในน้ำโอโซนมีค่าอยู่ระหว่าง 3.03-5.38 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสูงกว่าเมล็ดพริกที่ไม่ได้แช่ในสารละลายใดๆ และที่แช่ในน้ำกลั่น โดยน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.29 และ 0.34 ppm มีค่าดัชนีการงอกสูงที่สุดทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษานาน 1 เดือน (Figure 3B)

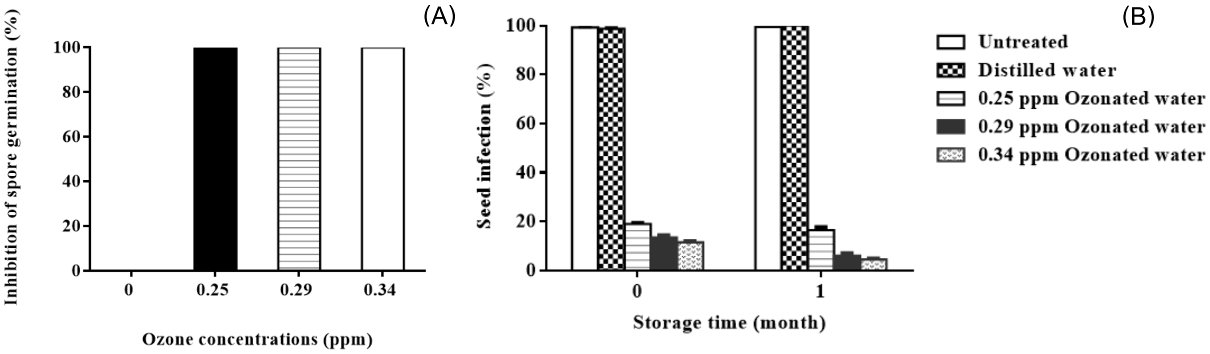


Figure 1 Effect of ozonated water at 0.25, 0.29 and 0.34 ppm on spore germination (A) and seed infection (B). Distilled water treated spore or seed and untreated spore or seed were served as the controls. The treated seed were kept at 10°C for 1 month before evaluation.

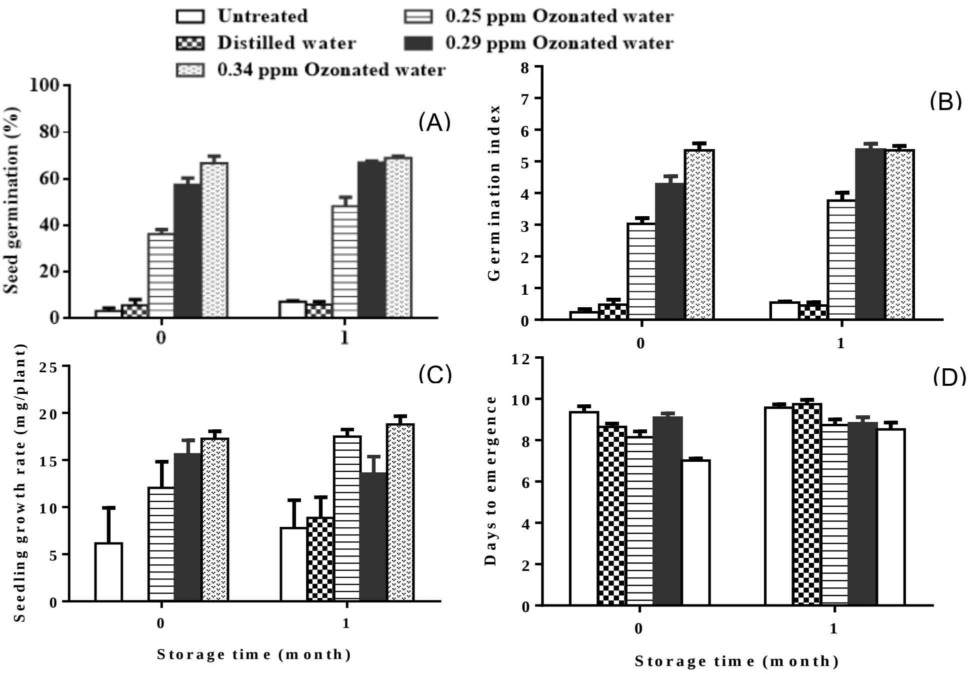


Figure 2 Seed germination (A), germination index (B), seedling growth rate (C) and days to emergence (D) of chili seeds which treated with ozonated water at different concentrations comparing to distilled water and untreated during storage at 10°C for 1 month.

อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Seedling growth rate) พบว่าเมล็ดพริกที่แช่ในน้ำโอโซนทุกความเข้มข้นมีความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดพริกที่ไม่ผ่านการแช่ในน้ำโอโซน (Figure 3C) ค่าความเร็วในการแทงราก (Days to emergence) เป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงของเมล็ด พบว่าน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.34 ppm มีความเร็วในการแทงรากสั้นที่สุด แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรงดีที่สุด เนื่องจากในระยะเวลาสั้นๆ เมล็ดก็สามารถแทงราก หรืองอกได้แล้ว แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นพบว่าค่าความเร็วในการแทงรากทุกทรีทเมนต์มีแนวโน้มสูงขึ้น (Figure 3D) ทั้งนี้อาจเกิดจากโอโซนมีผลไปกำจัด หรือยับยั้งเชื้อรา *C. capsici* ที่ปนเปื้อนบนเมล็ด จึงส่งผลให้เมล็ดพริกมีความแข็งแรงและคุณภาพดีกว่าเมล็ดพริกในชุดควบคุมที่พบว่ามีการปนเปื้อนเชื้อราสูงมาก เมื่อสปอร์เชื้อรางอกและเข้าทำลายเมล็ดจึงทำให้เมล็ดเสื่อมสภาพลงนั่นเอง สอดคล้องกับการศึกษาของ อารียา และคณะ (2552) พบว่าการใช้น้ำโอโซนความเข้มข้น 25.0-37.5 ppm มีผลทำให้เมล็ดถั่วเขียวผิวดำมีอัตราเร็วในการงอกของเมล็ดสูงขึ้น และสามารถควบคุมเชื้อรา *Cladosporium* spp. ได้ รวมทั้งสามารถควบคุมเชื้อ *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp. และ *Penicillium* spp. ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวมัน นอกจากนี้ พบเมล็ดตายและความผิดปกติของต้นกล้าสูงมากในเมล็ดพริกที่แช่น้ำกลั่น น้ำโอโซนความเข้มข้น

0.25 ppm และที่ไม่ได้แช่ในสารละลายใดๆ (Figure 4A, 4B) ขณะที่เมล็ดที่แช่ในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.29 และ 0.34 ppm พบเปอร์เซ็นต์เมล็ดตายและต้นกล้าผิดปกติน้อยมากทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษา ซึ่งลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *C. capsici*

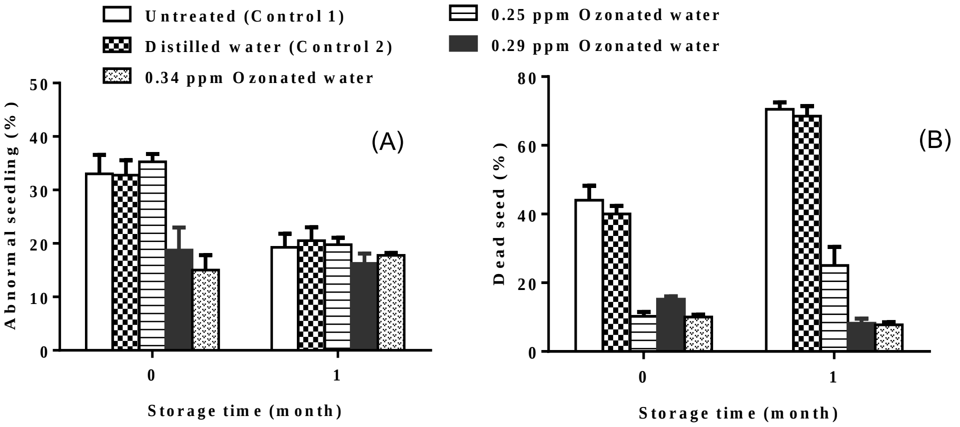


Figure 4 Abnormal seedling (A) and dead seed (B) of chili seeds which treated with ozonated water at different concentrations comparing to distilled water and untreated during storage at 10°C for 1 month..

สรุปผล

น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.25-0.34 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. capsici* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของเมล็ดพันธุ์พริกได้อย่างสมบูรณ์ และการแช่เมล็ดพริกที่มีการปนเปื้อนของเชื้อในน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.34 ppm มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนเชื้อรา *C. capsici* บนเมล็ดพันธุ์พริกได้ดีที่สุด โดยที่เมล็ดยังคงคุณภาพดีและมีแนวโน้มช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าและความเร็วในการงอกของเมล็ด รวมทั้งยังมีผลให้จำนวนต้นกล้าผิดปกติและเมล็ดตายลดลง

เอกสารอ้างอิง

ไพโรจน์ จ๋วงพานิช, 2525, หลักวิชาโรคพืช, สารมวลชน พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ, 393 หน้า.

อารียา นาวินปกาสิตย์, วันชัย จันทร์ประเสริฐ, สมศิริ แสงโชติ และ จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2552, ผลของน้ำโอโซนที่มีต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์และการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 40,ฉบับที่ 1 (พิเศษ), หน้า 321-324.

Bader, H. and Hoigne, J., 1981, Determination of ozone in water by the indigo method", Water Research, Vol. 15, pp. 449-456.

Guzel-Seydim, Z.B, Greene, A.K. and Seydim, A.C., 2004, Use of ozone in the food industry, Lebensmittel-Wissenschaft and Technology, Vol. 37, pp.453-460.

ISTA, 2008, International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

Kang, M.H., Pengkit, A., Choi, k., Jeon, S.S., Choi, H.W., Shin, D.B., Choi, E.H., Uhm, H.S. and Park, G., 2015, Differential Inactivation of Fungal Spores in Water and on Seeds by Ozone and Arc Discharge Plasma, PLoS ONE 10(9): e0139263. doi:10.1371/journal.pone.0139263.

Khadre, M.A., Yousef, A.E. and Kim, J.G., 2001, Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review, Journal of Food Science, Vol. 66, pp. 1242-1252.

Spotts, R. A. and Cervantes, L. A., 1992, "Effects of ozonated water on postharvest pathogens of pear in laboratory and packinghouse tests", Plant Disease, Vol. 76, pp. 246-259.

สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสารปฏิชีวนะของราเอ็นโดไฟท์ Fusarium sp. สายพันธุ์ RYR-SB 6-4ที่แยกจากต้นหนอนตายหยาก: ผลของ pH เริ่มต้น และปริมาตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ

Optimization of Antibiotic Production by *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4, an Endophytic Fungus of *Stemona burkilii*: Effect of Initial pH and Culture Medium Volume

Sreylen Meas[1] แสงชัย เอกประทุมชัย[1] เลขา สไลเพชร[2] และทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล[1]

Meas, S.[1], Akepratumchai, S.[1], Salaipeth, L.[2], and Vichitsoonthonkul, T.[1]

Abstract

An endophytic fungus of *Stemona burkilii*, *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4, produced antimicrobial substances that inhibited *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli.* The present work studied the effects of initial pH and culture medium volumes on growth and antibiotic production of the fungus in submerged culture 27^{o}C and 120 rpm. The initial pH of the medium with suitable carbon sources and nitrogen sources was adjusted in the range of 5.0-8.0. Among them, initial pH 8.0 gave the best production of antibiotic against *S. aureus* and *E. coli* after 3 days of incubation. To investigate the effect of medium volumes, culture medium was dispensed in various amounts (25, 50, 75 and 100 mL) in 250 mL flasks. The medium volume of 50 mL gave the best antibiotic production against *S. aureus* while the highest activity against *E. coli* was found in medium volume of 75 mL.

Keywords: antibiotic production, *Fusarium* sp., *Stemona bukilii*, *S. aureus, E. coli*

บทคัดย่อ

*Fusarium*sp. strain RYR-SB 6-4 เป็นราเอนโดไฟท์ซึ่งได้แยกมาจากต้นหนอนตายหยากซึ่งสร้างสารปฏิชีวนะที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในคนได้แก่ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมโดยปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นในช่วง 5.0-8.0 ผลการวิจัยพบว่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ 8.0 เหมาะสมที่สุดต่อการสร้างสารปฏิชีวนะ เมื่อเลี้ยงเชื้อรานาน 3 วัน ที่ 27 องศาเซลเซียส และเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที และเมื่อศึกษาผลของปริมาตรของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการสร้างสารปฏิชีวนะของ *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4 นั้น อาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 25 มล., 50 มล., 75 มล., และ 100 มล. ถูกบรรจุในขวดขนาด 250 มล. ผลการวิจัยพบว่าปริมาตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างสารปฏิชีวนะที่ยับยั้ง *S. Aureus* เป็น 50 มล. แต่ปริมาตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างสารปฏิชีวนะที่ยับยั้ง *E. coli* เป็น 75 มล.

คำสำคัญ: การผลิตสารปฏิชีวนะ ราเอนโดไฟท์ หนอนตายหยาก *S. aureus, E. coli.*

Introduction

Antibiotics are important for improvement of health and welfare in both human and animals. Most of natural antibiotics are produced bymicroorganisms because they are highly effective, and possess low toxicity (Strobel *et al*., 2003). Recently, researchers are interested in screening new species of microorganisms in extreme environments for new antibiotics, especially endophytes that are promising antibiotic producers because they inhabit in plenty of higher plants. Among the endophytic microorganisms, fungal endophytes are one of theinteresting groups because many of them produce bioactive compounds including antibiotics, antiviral agents,

[1] Division of Biotechnology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 Soi Tien Thale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] Division of Natural Resources Management, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25,BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

anticancer agents, antioxidants, antidiabetic agents and products with insecticidal activity (Strobel *et al*., 2003). Thus fungal endophytes provide the best opportunities to isolate novel bioactive products and research is going on screening useful endophytic microbes producing useful substances. The success of isolation of new endophytic fungi producing new bioactive products depends on the rational of plant host selection. Many investigations have been made to discover new drugs from natural sources like *Stemona* spp. *Stemona* spp. are promising plants for isolating fungal endophytes because they have ethnobotanical history (Strobel *et al*., 2004) and have been found in many parts of Thailand. *Stemona* spp. are interesting sources for isolating endopytic fungi because they produce many secondary metabolites like alkaloids. Many endophytic fungi associated with *Stemona* spp. showed activity against bacterial and fungal plant pathogens (Boonmakard *et al*., 2007; Ratnarathorn *et al*., 2009). Meas *et al*. (2015) also found that *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4, an endophytic fungus isolated from *S. burkilii* produced antibiotic against *E. coli* and *S. aureus*. They also found that the antibiotic production was regulated by carbon and nitrogen sources in the culture medium. In addition, this study investigated the effects of culture conditions which were initial pH of culture medium and medium volume on antibiotic production of *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4.

Materials and Methods

Fungal inoculum and fermentation. *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4 was grown and fungal inoculums wereprepared according to Meas *et al*. (2015).

Optimization of antibiotic production. The basal medium used in this experiment was modified MID medium containing suitable carbon and nitrogen sources, 3% commercial sucrose and 0.5% ammonium tartrate, respectively. All experiments were performed in duplicate. The fermentation flasks were incubated at 27^{o}C and 120 rpm on a rotary shaker.

Effect of initial pH: To optimize the initial pH, pH of the medium was adjusted to 5.0, 6.0, 7.0 and 8.0 with 1N HCl or 1N NaOH before sterilization.

Effect of medium volume: The effects of medium volumes were studied by growing the fungal strain in 250 mL Erlenmeyer flasks containing different modified MID medium volumes (25mL, 50mL, 75mL and 100mL) and the culture broth were collected after 3 and 7 days of incubation.

Analytical method. Dry biomass and antibiotic activities of culture media containing fungal metabolites against test bacteria (*E. coli* and *S. aureus*) were determined by agar diffusion method as reported by Meas *et al*. (2015). Standard solutions used in this study were mercury (II) chloride solutions (0-200 ug/mL). The activities were reported as AU (Arbitrary Unit) which was defined as the antimicrobial compounds that gave inhibitory zone equivalent to that produces by 5 ug/mL.

Results and Discussion

The pH of medium may affect cell membrane function, cell morphology and structure, the uptake of various nutrients, and metabolite biosynthesis (Fang *et al*., 2002a; 2002b; Shu *et al*., 2004). Strain RYR-SB 6-4 grew and produced antimicrobial compound in all initial pH studied. The result (Table 1) showed that the fungus grew well and produced the highest titers of activities against *S. aureus* and *E. coli* in the medium with the initial pH of 8 after 3 days of incubation. Boonyapranai *et al*. (2008) obtained highest biomass yield and secondary metabolite production from *Fusarium verticillioides* at pH 5.0 while the production decreased up to pH 10 and 11. Therefore, the effect of initial pH of the medium on antibiotic production may be different in fungi. The effect of medium volume on antibiotic production and mycelial biomass was shown in Table 2. The biomass production increases with the increase of broth contents due to the sufficient nutrients provided. The broth content that gave the best production of antibiotic against *S. aureus* at day 3 and day 7 was 50 mL.

While the optimal medium volumes for production of antibiotic against *E. coli* was 75 mL. Ismaiel *et al*. (2010) also found that 50 mL medium volume was the best to produce cyclosporin A compound by *Fusarium roseum,* while increase in the size of the fermentation medium to 75 mL or 100 mL is accompanied with a decrease in the cyclosporin A concentration. Agathos *et al*. (1986) found that 250 ml flask containing 100 ml production medium gave the highest Cyclosporine A yield. In accordance with this result Lee *et al*. (2008) used 50 mL volume of medium to produce cyclosporin A from *Tolypocladium niveum*.

Conclusion

The antibiotic production by *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4, an endophytic fungus isolated from *Stemona* spp., was affected by both medium components (Meas*, et al*., 2015) and culture conditions shown in this study. From these incidents, it indicated that the underlying processes of antibiotic production in the fungus was strictly controlled.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the financial support by UNESCO Biotechnology School in Asia and Research Budget from King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Table 1 Effect of initial pH on biomass and antibiotic production by RYR-SB 6-4

Type of pH	Biomass (g dry weight/L)		Antimicrobial activity (AU/mL)			
			E. coli		*S. aureus*	
	Day3	Day7	Day3	Day7	Day3	Day7
5	2.92±0.02	4.79±0.39	3.41±0.13	3.54±0.23	4.05±0.50	2.94±0.09
6	3.06±0.14	4.91±0.01	3.67±0.46	3.71±0.20	3.87±0.18	2.82±0.05
7	3.26±0.19	5.71±0.18	3.58±0.23	3.59±0.13	3.77±0.20	2.88±0.10
8	3.17±0.03	5.75±0.20	3.92±0.27	3.42±0.29	4.22±0.43	2.99±0.13

Table 2 Effect of broth contents on biomass and antibiotic production by RYR-SB 6-4

Medium volumes (mL)	Biomass (g dry weight/L)		Antimicrobial activity (AU/mL)			
			E. coli		*S. aureus*	
	Day 3	Day 7	Day 3	Day 7	Day 3	Day 7
25	1.90±0.18	1.87±0.08	3.51±0.18	3.30±0.13	4.06±0.16	3.76±0.54
50	2.91±0.16	3.81±0.23	3.72±0.12	3.59±0.16	4.61±0.36	4.18±0.37
75	4.48±0.13	5.04±0.20	3.82±0.15	3.45±0.10	4.18±0.25	3.93±0.28
100	5.40±0.29	6.71±0.45	3.58±0.13	3.20±0.12	4.10±0.34	3.43±0.56

Literature Cited

Agathos, S.N., Marshal, J.W.,Marati, C., Parekh, R., Modhosingh, C., 1986, Physiological and genetic factors for process development of cyclosporin fermentation. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 1: 39–48.

Boonmakard, C., Supatrakul, A., and Vichitsoonthonkul, T., 2007, Bioactive Compound Produced by EndophyticFungai of *Stemona* spp. for Bacterial Plant Pathogen Control, Journal of Agricultural Science, 38: 339–343.

Boonyapranai, K.B., Tungpradit, R.,Lhieochaiphant, S., and Phutrakul, S., 2008, Optimization of Submerged Culture for the Production of Naphthoquinones Pigment by *Fusariumverticillioides*, Chiang Mai Journal of Science, 35: 457-466.

Fang, Q.H., and Zhong, J.J., 2002a, Submerged fermentation of higher fungus *Ganodermalucidum* for production of valuable bioactive metabolites ganoderic acid and polysaccharide, Biochemical Engineering Journal,10: 61–65.

Fang, Q.H., and Zhong, J.J., 2002b, Effect of initial pH on production of ganoderic acid and polysaccharide by submerged fermentation of *Ganoderma lucidum*. Process Biochemistry, 37: 769–774.

Ismaiel, A.A., and Mahmoud, A.A., 2010, Some optimal culture conditions for production of cyclosporin a by *Fusarium roseum,* Brazilian Journal of Microbiology, 41: 1517–1123.

Lee, M.J., Lee, H.N., Han, K., and Kim, E.S., 2008, Spore inoculum optimization to maximize cyclosporinA production in *Tolypocladium niveum*. Journal of Microbiology and Biotechnology, 18: 913–917.

Meas, S., Akepratumchai, S., Salaipeth, L., and Vichitsoonthonkul, T., 2015, Medium Optimization of Antibiotic Production by an Endophytic Fungus of *Stemona* spp., 46: 825–828.

Ratnarathorn, N., Phoemsuk, K., and Vichitsoonthonkul, T., 2009, Active Metabolites against Plant Pathogenic Fungi from Endophytic Fungi Isolated from *Stemona* spp, Agricultural of Science Journal, 21: 114–117.

Shu, C.H., and Lung, M.Y., 2004, Effect of pH on the production and molecular weight distribution of exopolysaccharide by *Antrodi acamphorata* in batch cultures. Process Biochemistry, 39: 931–937.

Strobel, G., and Daisy, B., 2003, Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products, Microbiology and Molecular Biology Reviews, 67: 491–502.

Strobel, G., Daisy, B., Castillo, U., and Harper, J., 2004, Natural Products from Endophytic Microorganisms. Journal of Natural Products, 67:257-288.

ผลกระทบจากความเค็มของน้ำต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสงของแวนด้า 'ใจรักพิ้งค์'

The Effect of Water Salinity on Growth and Photosynthetic Parameters of Vanda 'Jai Ruk Pink'

นภสร เชี่ยวชูกุล[1] พัชรียา บุญกอแก้ว[1] พูนพิภพ เกษมทรัพย์[1] และ ประเดิม วณิชชนานันท์[2]

Chiewchookul, N.[1], Boonkorkaew, P.[1], Kasemsap, P.[1] and Wanichananan, P.[2]

Abstract

Effect of saline water which their electrical conductivity (EC) were 250 µS cm^{-1} (control), 1,000 2,000 3,000 and 4,000 µS cm^{-1}, on growth and photosynthetic of *Vanda* 'Jai Ruk Pink' was conducted during September to November, 2015, at Kasetsart University, Bangkhen. The orchid plants were foliar sprayed with saline water every day for 1 month (70 ml/plant). Results showed that the orchid plants sprayed with EC saline water >2,000 µS cm^{-1} had a significantly lower number of roots than the control. The EC > 3,000 µS cm^{-1} significantly decreased the thickness, fresh weight, and moisture contents of leaves. Moreover, the photosynthetic parameters; CO_2 exchange rate, stomatal conductance, and water use efficiency also decreased in plants treated with saline water. However, after treating with saline water for 1 month, EC at 1,000 and 2,000 µS cm^{-1} did not affect significantly on the growth of Vanda orchids.

Keywords: salinity, orchid, photosynthesis, plant physiology

บทคัดย่อ

ผลของน้ำเค็มต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์ใจรักพิ้งค์ ทดลองระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มีความเค็มของน้ำ (electrical conductivity; EC) 5 ระดับ คือ 250 (ชุดควบคุม) 1,000 2,000 3,000 และ 4,000 µS cm^{-1} ให้น้ำที่มีค่า EC ต่างกันทุกวันเป็นเวลา 1 เดือน ด้วยวิธีการฉีดพ่น (70 มล.ต่อต้น) พบว่าน้ำที่มีค่า EC สูงกว่า 2,000 µS cm^{-1} ต้นกล้วยไม้มีจำนวนรากที่สมบูรณ์ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และค่า EC ที่มากกว่า 3,000 µS cm^{-1} ส่งผลให้ ความหนาใบ น้ำหนักสด และปริมาณความชื้นในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง นอกจากนี้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การเปิด-ปิดของปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช แต่อย่างไรก็ตามการให้น้ำที่มีค่า EC 1,000 และ 2,000 µS cm^{-1} 1 เดือน ส่งผลให้การเจริญเติบโตของกล้วยไม้แวนด้าพันธุ์ใจรักพิ้งค์ ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ความเค็ม กล้วยไม้ การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช สรีรวิทยาพืช

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อพืช เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของเซลล์และเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการต่าง ๆ ในการเจริญ เติบโตและพัฒนาของพืช (อ้างใน พูนพิภพ, 2554) จากปัญหาน้ำทะเลหนุนเข้ามายังแม่น้ำในช่วงปี 2557 - 2558 ทำให้น้ำที่ใช้ในการเกษตรมีค่าความเค็มเกินมาตรฐาน และได้ส่งผลกระทบต่อผลผลิตกล้วยไม้ ในพื้นที่ จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร และกรุงเทพมหานคร รวมกว่า 3,000 ไร่ (คมชัดลึกออนไลน์, 2558) ความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง สภาวะเครียดจากความเค็ม (salt stress) ทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง เนื่องจากความเค็มทำให้เกิดสภาวะเครียดจากแรงดันออสโมติก (osmotic stress) ที่มีผลต่อการดูดน้ำของพืช ทำให้อัตราการขยายขนาดของเซลล์ลดลงในเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญและไปลดการเปิดปากใบซึ่งมีผกระทบต่อเนื่องไปจนถึงการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้เกิดความเป็นพิษของโซเดียม (Na^+) และความไม่สมดุลของไอออน (อ้างถึงใน นวรัตน์, 2558) เช่น Cl^- ทำให้ K^+ ในต้นอ้อยไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ใบอ้อยจึงมี K^+ ไม่เพียงพอสำหรับการ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngamwongwarn Road, Chatuchak, Bangkok 10900

[2] ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ 113 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120

[2] Nation Center for Genetic Engineering and Biotechnology, 113 Thailand Science Park, Khlong Neung, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

สังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต ของอ้อย (Hardter, 1992) เป็นต้น สำหรับกล้วยไม้สกุลแวนด้า (*Vanda*) เป็นกล้วยไม้ที่มีการเจริญเติบโตแบบต้นเดี่ยว (monopodial) มีระบบรากอากาศ (epiphyte orchid) ใบหนาอวบน้ำ และมีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ CAM โดยปากใบเปิดในช่วงเวลากลางคืน เพื่อลดการสูญเสียน้ำ (Hew and Khoo, 1980) สำหรับน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการผลิตกล้วยไม้ควรมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.2 – 6.2 และค่าการนำไฟฟ้า หรือ electrical conductivity (EC) ไม่เกิน 750 µS cm^{-1} หรือเท่ากับ 0.75 dS m^{-1} (อ้างใน กรมวิชาการเกษตร, 2547)

จากการทดลองของธาราทิพย์ (2558) ที่ได้ศึกษาผลกระทบจากความเค็มของน้ำต่อการเจริญเติบโตและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้ *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' ซึ่งมีการเจริญแบบด้านข้าง (sympodial) พบว่าน้ำเค็มที่มีค่า EC เท่ากับ 2 dS m^{-1} สามารถใช้กับกล้วยไม้อายุ 9 และ 24 เดือนได้ทุกวันติดต่อกันเป็นเวลา 3 เดือน โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอก อย่างไรก็ตามกล้วยไม้อายุ 3 เดือนมีการตอบสนองต่อความเค็มของน้ำอย่างรวดเร็ว โดยมีการเจริญเติบโตทางด้านต้น ใบ ปริมาณรงควัตถุและการแตกหน่อใหม่ลดลงตามความเค็มที่เพิ่มสูงขึ้น และในการศึกษาของ Wang (1998) พบว่าในกล้วยไม้ฟาแลนนอปซีสซึ่งเป็นกล้วยไม้ที่เจริญแบบต้นเดี่ยวพบว่าความเค็มของน้ำมากกว่า 0.75 dS m^{-1} พืชจะมีการหลุดร่วงของใบ และมีน้ำหนักสดลดลง อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานในประเทศไทย ถึงผลของความเค็มของน้ำต่อกล้วยไม้ที่มีการเจริญแบบต้นเดี่ยว การใช้กล้วยไม้แวนด้าใจรักพิ้งค์ ซึ่งมีการปลูกเลี้ยงในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเค็ม จึงเป็นตัวแทนของกล้วยไม้ที่มีการเจริญแบบต้นเดี่ยวได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของน้ำเค็มต่อการเจริญเติบโตของใบ ราก ลำต้น และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้แวนด้าพันธุ์ใจรักพิ้งค์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการใช้น้ำของกล้วยไม้สกุลแวนด้าที่ปลูกในเขตจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของน้ำเค็มต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์ ใจรักพิ้งค์ อายุ 3 ปี หลังจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และแทงช่อดอกยาว 1 - 5 เซนติเมตร ปลูกเลี้ยงภายใต้โรงเรือนที่มีหลังคาพลาสติกพรางแสงสีดำ 60 % ทำการทดลองระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยมีความเค็มของน้ำ 5 ทรีทเม้นต์ คือ 250 (ชุดควบคุม) 1,000 2,000 3,000 และ 4,000 µS cm^{-1}ที่เตรียมจากเกลือสมุทร (NaCl) โดยเกลือ 1 กรัมละลายในน้ำ 1 ลิตร มีค่า EC ประมาณ 1,600 µS cm^{-1}) ทรีทเม้นต์ละ 21 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ให้น้ำเค็มโดยวิธีการฉีดพ่นทั่วทั้งต้นประมาณ 70 มล/ต้น ทุกวันเป็นเวลา 1 เดือน บันทึกการเจริญเติบโต หลังได้รับน้ำเค็มนาน 1 เดือน ได้แก่ จำนวนราก ความยาวราก ความหนาใบ น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง ปริมาณความชื้นในใบ ตามวิธีการของ พรพิพัฒน์ (2556) วิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุ ได้แก่ chlorophyll a และ b และ carotenoids ในใบ ตามวิธีการของ Hughes *et al.* (2007) และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงได้แก่ อัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CER) อัตราการคายน้ำ (E) ค่าการเปิด-ปิดปากใบ (G_s) และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ซึ่งบันทึกข้อมูลช่วงเวลา 04:00 – 06:00 น. ด้วยเครื่อง Portable Photosynthesis System รุ่น LI-6400*XT* ตามวิธีการของ ธาราทิพย์ (2558)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโต

หลังจากได้รับน้ำเค็มที่มีค่า EC 250 (ชุดควบคุม) 1,000 2,000 3,000 และ 4,000 µS cm^{-1} เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าต้นกล้วยไม้มีจำนวนรากมากที่สุด จำนวน 21.33 ราก/ต้น ในชุดควบคุมและลดลงเป็น 14.60, 13.53, 8.80 และ 5.93 ราก/ต้น ตามลำดับ เช่นเดียวกับความยาวรากที่ยาวที่สุด เท่ากับ 3.06 รากในชุดควบคุม และลดลงเป็น 2.97 2.12 1.59 และ 1.27 รากตามลำดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น เมื่อกล้วยไม้ได้รับน้ำเค็มที่มีค่า EC 3,000 µS cm^{-1} ขึ้นไปพบว่ามีผลต่อ ความหนาใบ น้ำหนักสด และเปอร์เซ็นต์ความชื้นในใบ ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Table1) แต่พบว่าส่วนรากได้รับผลกระทบจากน้ำเค็มที่ EC 1,000 µS cm^{-1} ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกล้วยไม้แวนด้ามีระบบรากอากาศ ผิวนอกมีฟองน้ำหุ้ม (velamen) ทำหน้าที่อุ้มน้ำ เมื่อสัมผัสกับน้ำเค็ม ซึ่งมีค่า water potential (Ψw) ที่ต่ำกว่าในเซลล์พืช น้ำในเซลล์จึงถูกดึงออกนอกเซลล์ (plasmolysis) แรงเต่งของเซลล์จึงลดลง และเซลล์เกิดการหดตัว ส่งผลให้ ความยาวราก ความหนาใบ น้ำหนักสด และเปอร์เซ็นต์ความชื้นในใบลดลง และปรากฏให้เห็นถึงอาการเหี่ยวย่นของใบ (Chaudhuri และคณะ, 1997)

สำหรับปริมาณรงควัตถุในใบ พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม แต่ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเค็มที่เพิ่มขึ้น (Table 1) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของธาราทิพย์ (2558) ที่พบว่ากล้วยไม้ *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' มีปริมาณรงควัตถุลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากความเป็นพิษของ Na^+

ที่อยู่ในเซลล์ (Yang และ คณะ, 2011) การที่ต้นกล้วยไม้แวนด้ามีการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์เอและบี อาจเนื่องมาจาก Na^+ อาจไม่ได้เข้าไปสะสมในเซลล์พืชจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อเซลล์หรืออาจเกิดการอัดตัวแน่นของเซลล์และการรวมกันของคลอโรพลาสต์ (Khavarinejad และ Mostofi, 1998) จึงทำให้ปริมาณรงควัตถุต่อหน่วยพื้นที่ใบเพิ่มมากขึ้น

Table 1 Effect of saline water on growth of *Vanda* 'Jai Ruk Pink' after treating with saline water for 1 month.

EC (μS cm^{-1})	Root number (root/plant)	Root length (cm)	Leaf thickness (mm)	Leaf fresh weight (g)	Leaf dry weight (g)	Leaf moisture content (%)	Chl a (mg cm^2)	Chl b (mg cm^2)	Carote-noid (mg cm^2)
250	21.33 a	3.06 a	5.83 a	5.83 a	0.94	83.82 a	14.31 ab	10.03 b	4.90
1,000	14.60 b	2.97 a	5.54 a	5.54 a	0.90	83.71 a	13.58 b	10.00 b	4.78
2,000	13.53 bc	2.12 b	3.98 ab	3.98 ab	0.86	78.52 ab	14.28 a	10.56 ab	4.72
3,000	8.80 cd	1.59 bc	3.03 b	3.03 b	0.80	73.67 b	15.55 a	11.32 a	4.88
4,000	5.93 d	1.27 c	3.17 b	3.17 b	0.80	74.71 b	14.90 ab	11.05 a	4.71
F-Test	**	**	**	**	ns	**	*	**	ns
CV (%)	42.62	57.93	27.66	19.47	9.20	22.36	5.12	4.97	4.26

*,** means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)
ns means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

การสังเคราะห์ด้วยแสง

ผลการทดลองพบว่า หลังได้รับน้ำเค็มที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 1 เดือน พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นกล้วยไม้มีค่าลดลง โดยหลังจากได้รับน้ำเค็มที่มีค่า EC 250 (ชุดควบคุม) 1,000 2,000 3,000 และ 4,000 μS cm^{-1} ค่า CER มีสูงที่สุด คือ 3.80 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในชุดควบคุม รองลงมาคือ 2.90, 1.00, 0.71 และ 0.10 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ G_s มีค่าเท่ากับ 29.48, 23.64, 24.67, 18.71 และ 13.89 (mmol $m^{-2}s^{-1}$) E มีค่าเท่ากับ 27.34, 25.24, 25.47, 21.00 และ 16.82 mmol $m^{-2}s^{-1}$ สำหรับค่า WUE เท่ากับ 13.91, 11.50, 3.93, 3.38 และ 0.57 ($x10^{-3}$ mol CO_2 / mol H_2O) ตามลำดับ (Figure 1) จะเห็นได้ว่าค่า CER มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อค่า EC มากกว่า 1,000 μS cm^{-1} ซึ่งการลดลงของค่า CEC มีแนวโน้มไปในทางเดียวกับค่า G_s และ WUE แต่พบว่า ค่า E หรือ อัตราการคายน้ำจะลดลงแตกต่างจากชุดควบคุมเมื่อมีความเค็มมากกว่า 3,000 μS cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของธาราทิพย์ (2558) ที่พบว่ากล้วยไม้ *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยการลดลงของค่า CER นั้น อาจเป็นผลกระทบต่อเนื่องมาจากการที่กล้วยไม้สูญเสียน้ำออกจากเซลล์ ส่งผลให้ปากใบปิดมากขึ้น เพื่อลดการสูญเสียน้ำทางปากใบ (Huang และคณะ, 2012) เมื่อค่า G_s ลดลง ส่งผลถึงค่าการคายน้ำ (E) และ CER จึงลดลงด้วย

น้ำเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของแวนด้าพันธุ์ใจรักพิ้งค์โดยเฉพาะรากที่ได้รับผลกระทบเมื่อมีค่า EC 2,000 μS cm^{-1} ซึ่งการที่รากได้รับความเสียหาย ต้นกล้วยไม้จึงแสดงอาการคล้ายกับการขาดน้ำ ทำให้ปริมาณความชื้นในใบลดลง เกิดการเหี่ยวของใบ และความหนาใบลดลง นอกจากนี้การลดลงของปริมาณน้ำที่พืชใช้ได้ ยังเป็นข้อจำกัดในกระบวนการต่างๆ ของพืช โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเมื่อพืชมีการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ลดลง ก็ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในระยะยาวตามมา ทั้งการเจริญเติบโต การออกดอก และคุณภาพดอก ดังนั้นการใช้น้ำที่มีความเค็มในกล้วยไม้สกุลแวนด้า จึงควรมีการตรวจวัดค่าความเค็มอย่างสม่ำเสมอ ถ้ามีค่าเกิน 2,000 μS cm^{-1} ควรเจือจางด้วยน้ำจืดเพื่อให้ค่า EC ต่ำลง เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากความเค็มของน้ำและช่วยลดต้นทุนในการหาน้ำที่สะอาด (น้ำจืด) มาใช้ในการผลิตกล้วยไม้สกุลแวนด้าลงได้

สรุปผล

1. การให้น้ำที่มีระดับ EC 1,000 - 2,000 μS cm^{-1} แก่ต้นกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์ใจรักพิ้งค์ เป็นเวลา 1 เดือน ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต เช่น จำนวนราก ความหนาใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณความชื้นในใบ

2. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ CER, E, Gs และ WUE ลดลง แตกต่างจากชุดควบคุม เมื่อน้ำเค็มมีค่า EC สูงกว่า 1,000 μS cm^{-1}

3. ไม่ควรใช้น้ำที่มีค่า EC สูงกว่า 2,000 μS cm^{-1} ในการรดต้นกล้วยไม้สกุลแวนด้านานมากกว่า 1 เดือน

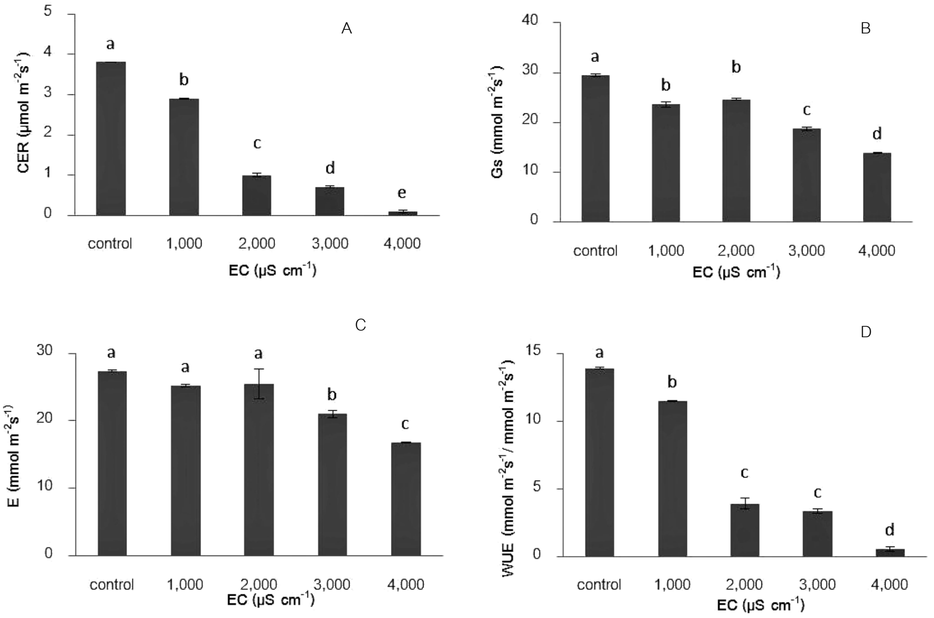


Figure 1 Effect of saline water on photosynthetic parameters of *Vanda* "Jai Ruk Pink" after treating with saline water for 1 month. A; CO_2 exchange rate (CER) B; stomatal conductant (Gs) C; transpiration rate (E) and D; water use efficiency (WUE)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2547, เอกสารวิชาการ กล้วยไม้, ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

คมชัดลึกออนไลน์, 2558, ประตูระบายน้ำคลองจินดาแนวสกัดน้ำเค็มรุก, [สืบค้น], http://www.komchadluek.net/detail/20150217/201505.html, [5 มิถุนายน พ.ศ. 2558].

ธาราทิพย์ สอนสุด, 2558, ผลกระทบจากความเค็มของน้ำต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้ *Dendrobium* Sonia 'Earsakul', วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ, 2558, สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์, 2554, ชีววิทยา 2, บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

Bernstein, L. 1964, Effects of salinity on mineral composition and growth of plants,, Plant analysis and fertilizer problem IV 25-45.

Chaudhuri, K., and M.A. Choudhuri, 1997, Effect of short-term NaCl stress on water relations and gas exchange of two jute species, Biologia Plantarum 40: 373-380.

Hardter, R.,1992, Fertilization on salt affected soils with special reference to potassium. PP. 206-219. In Proc. of the International Symposium on Strategies for Utilizing Salt Affected Lands. Bangkok, Thailand.

Hew, C. S., and S. I. Khoo, 1980, Photosynthesis of young orchid seedlings. New Phytologist 86: 349-357

Huang, Z.R., Long, X.H. Wang, L. Kang, J. Zhang, Z.H., and Zed, R., 2012, Growth, photosynthesis and H^+-ATPase activity in two *Jerusalem artichoke* varieties under NaCl-induced stress. Process Biochemistry 47(4): 591-596.

Hughes, N.M., Morley, C.B., and Smith, W.K., 2007, Coordination of anthocyanin decline and photosynthetic maturation in juvenile leaves of three deciduous tree species, New Phytologist 175: 675-685.

Khavarinejad, R.A., and Mostofi, Y., 1998, Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides, and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars, Photosynthetica 35: 151-154.

Yang, J.Y., Zheng, W., and Y. Tian.et al, 2011, Effect of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings, Photosynthetica 49: 275-284.

การทดแทนไขมันในคุกกี้ลูกเดือยโดยใช้กระบกบด

Using Ground Kra-Bok (*Irvingia malayana*) as a Fat Substitute in Job's Tear (*Coix lacryma-jobi* L.) Cookies

ธนวรรณ เพ็งชัย[1] ศุจิดา นนทภา[1] และ อรอุมา ประทัดทอง[1]
Pengchai, T.[1] ,Nuntapa, S.[1] and Patadtong, O.[1]

Abstract

The purpose of this research was to use ground Kra-Bok as a fat substitute in Job's Tear cookies by studying the effect of substituting ground Kra-Bok, by steaming, drying and then grinding, instead of using butter in Job's Tear cookies on both physical and sensory properties of products. The substitution of ground Kra-Bok, varied as follows: 0%, 12.5%, 25% and 32.5% (by weight of fat). Results showed that increasing quantity of ground Kra-Bok decreased cookie spread and high breaking force. The lightness, redness and yellowness of cookies were not significantly different. The sensory acceptance of cookies using 12.5% (by weight of fat) ground Kra-Bok as a fat substitute was not significantly different from the control. The nutritional values of this cookie formulation showed percent of moisture, protein, fat, ash, and carbohydrate as 1.75, 5.43, 23.65, 1.20, and 66.75, respectively, which had lower fat content than the control.

Keywords: Kra-Bok, Job's Tear, cookie

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนไขมันในคุกกี้ลูกเดือยโดยใช้กระบกบด โดยการศึกษาผลของการทดแทนเนยสดด้วยกระบกบดที่ผ่านการนึ่งและอบแห้งในคุกกี้ลูกเดือย ต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยการแปรปริมาณกระบกบดที่ใช้ทดแทนเนยสดร้อยละ 0, 12.5, 25 และ 32.5 โดยน้ำหนักของไขมันในเนยสด พบว่าการเพิ่มปริมาณกระบกบดทำให้คุกกี้มีค่าแรงตัดขาดที่สูงขึ้น มีค่าการแผ่กระจายลดลง คุกกี้มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกัน ปริมาณกระบกบดร้อยละ 12.5 โดยน้ำหนักของไขมันในเนยสด มีคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ไม่แตกต่างกับคุกกี้สูตรควบคุม เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้สูตรนี้ พบว่า มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1.75, 5.43, 23.65, 1.20 และ 66.75 ตามลำดับ โดยมีปริมาณไขมันต่ำกว่าคุกกี้สูตรควบคุม

คำสำคัญ: กระบก ลูกเดือย คุกกี้

คำนำ

ลูกเดือย (Job's Tear; *Coix lacryma-jobi* L.) เป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางด้านโภชนาการสูง โดยในแป้งลูกเดือยมีปริมาณโปรตีน 14 -16% ไขมัน 5-6% กากใย 0.2-0.3% เถ้า 1-2% และคาร์โบไฮเดรต 77-78% (ทัศนีย์ และอรอนงค์, 2530) นอกจากนี้ยังมีฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก วิตามินบี และกระบก (Kra-Bok; *Irvingia malayana)* เป็นพืชที่คุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเมล็ดกระบกแห้ง มีปริมาณโปรตีน 13.6% ไขมัน 60.4% กากใย 3.9% เถ้า 2.1% และคาร์โบไฮเดรต 20.1% (สุดสงวน, 2532) ได้มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการลดไขมันและพลังงานในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น สิรินาถและสุภางค์(2554) ได้นำถั่วลิสงบดทดแทนไขมันบางส่วนในคุกกี้ เป็นต้น คุกกี้เป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วโลกซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง ที่ได้มาจากเนยสดที่เป็นส่วนผสม หากนำคุกกี้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ลดปริมาณเนยสดลงด้วยกระบกบดและมีส่วนผสมของลูกเดือยในคุกกี้ เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ งานวิจัยนี้จึงนำกระบกบดมาใช้ทดแทนเนยสดบางส่วน เพื่อลดปริมาณไขมันในคุกกี้ลูกเดือย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาปริมาณการทดแทนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คุกกี้ลูกเดือยที่มีคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000
[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Technology, Udon thani Rajabhat University 64 Taharn Rd., Amphur Muang, Udon thani 41000

อุปกรณ์และวิธีการ

1) เตรียมแป้งลูกเดือยโดยแช่ลูกเดือยต่อน้ำอัตราส่วน1:4 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วล้างน้ำอีก 1 ครั้ง นำไปโม่แบบเปียก แล้วอบที่อุณหภูมิ 65°C นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช บรรจุแป้งที่ได้ในถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

2) เตรียมกระบกบด โดยนำกระบกที่ผ่านการกระเทาะเปลือกออกแล้วมานึ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจากนั้นแกะเปลือกด้านในออก นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น แล้วอบที่อุณหภูมิ 65°C นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำกระบกมาบดด้วยเครื่องบดอีกครั้งหนึ่ง บรรจุกระบกบดที่ได้ในถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

3) ศึกษาปริมาณกระบกบดที่ใช้ทดแทนเนยสด โดยแปรปริมาณกระบกบด 4 ระดับ คือ 0 (control), 12.5, 25 และ 32.5%โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด ในคุกกี้ลูกเดือยโดยมีส่วนผสม ดังนี้ แป้งสาลี 32 กรัม แป้งลูกเดือย 6 กรัม น้ำตาล 26 กรัม เนยสด 28 กรัม ผงฟู 0.4 กรัม เบคกิ้งโซดา 0.2 กรัม ไข่ไก่ 7 กรัม กลิ่นวานิลา 0.4 กรัม ซึ่งมีขั้นตอนการผลิต เริ่มจากร่อนแป้ง ผงฟู เบคกิ้งโซดา จากนั้นตีเนยกับน้ำตาลจนขึ้นฟู ใส่ไข่ กลิ่นวานิลา แล้วใส่แป้งที่ผ่านการร่อนแล้วคนเบาๆ จากนั้นนำไปกดให้ขึ้นรูป และอบที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 15 นาที ผึ่งบนตะแกรงให้เย็นลง บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติก วิเคราะห์คุณภาพกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab : Color Flex CX 1463) คำนวณหาอัตราการแผ่ขยายตัว (spread ratio) และ วัดค่าแรงกดแตก (breaking force) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (CT3 Texture Analyzer : Brookfield) ใช้หัววัดทรงกระบอก(cylinder probe) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความร่วน และความชอบรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝน 15 คน แผนการทดลองที่ใช้คือ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับคุณภาพทางกายภาพ และ Randomized Complete Block Design สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 17 เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4) เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2005) ของคุกกี้ลูกเดือยที่ใช้ปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสดที่มีผลการทดลองทางด้านคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดีที่สุดเปรียบเทียบกับคุกกี้ลูกเดือยที่ใช้ปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 0% (control) โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี t-Test ทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Figure 1 แสดงคุกกี้ลูกเดือยที่ใช้ปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 0 (control), 12.5, 25 และ 32.5% โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด จากการทดลองพบว่า คุกกี้ลูกเดือยที่ใช้ปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 32.5% โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด มีค่าแรงกดแตก (breaking force) สูงกว่าคุกกี้ลูกเดือยที่ใช้ปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 12.5 และ 25% โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด อย่างมีนัยสำคัญ($p < 0.05$)และมีค่าการแผ่ขยายตัว(spread ratio) ลดลง (Table 1)เนื่องจากกระบกบดมีปริมาณไขมัน และองค์ประกอบอื่นๆ โดยเมล็ดกระบกแห้งประกอบด้วยไขมัน 60.4% โปรตีน 13.6% กากใย 3.9% เถ้า 2.1% และคาร์โบไฮเดรต 20.1% (สุดสงวน, 2532) โดยไขมันช่วยให้คุกกี้มีความอ่อนนุ่ม(จิตธนาและอรอนงค์, 2546) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส คือ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความร่วน (brittleness) ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ($p < 0.05$) การเพิ่มปริมาณกระบกบดไม่มีผลต่อค่าความสว่าง(L*) ค่าสีแดง(a*) และค่าสีเหลือง(b*) จาก Table 2 ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของคุกกี้ลูกเดือย พบว่า เมื่อปริมาณกระบกบดที่ทดแทนเนยสดเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้าน กลิ่น(odor) รสชาติ (taste) ความร่วน (brittleness) ความชอบรวม (overall liking) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ($p < 0.05$) แต่คุกกี้ลูกเดือยที่มีปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 12.5% โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้าน กลิ่น(odor) ความร่วน (brittleness) และความชอบรวม (overall liking) ไม่แตกต่างจากคุกกี้ลูกเดือยที่มีปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 0% (control) โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด จาก Table 3 เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้ลูกเดือยที่ใช้ปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 0(control) และ 12.5% โดยน้ำหนักไขมันเนยสด พบว่า คุกกี้ลูกเดือยที่มีปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 12.5% โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด มีปริมาณไขมันลดลง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($p < 0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบการเคมีในกระบก

สรุปผล

ปริมาณกระบกบดที่ทดแทนเนยสดในคุกกี้ลูกเดือย ที่เหมาะสม คือ 12.5% โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด เนื่องจากมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น ความร่วน และความชอบรวม ไม่แตกต่างกับคุกกี้ลูกเดือยสูตรควบคุมที่มีปริมาณกระบกบดทดแทนเนยสด 0% (control) โดยน้ำหนักไขมันในเนยสด แต่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าคุกกี้ลูกเดือยสูตรควบคุม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การ สนับสนุนให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2546, เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ พรกิจประสาน และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2530, การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งและสตาร์ชลูกเดือย, วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 21; 371-377.

สุดสงวน เลาหวินิจ, 2532, การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดกระบก, รวมบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ปีการศึกษา 2532, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บัณฑิตวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สิรินาถ ตัณฑเกษม และสุภางค์ เรืองฉาย, 2554, การทดแทนไขมันในคุกกี้โดยใช้ถั่วลิสงบด, วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 31(2),114-125.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland.

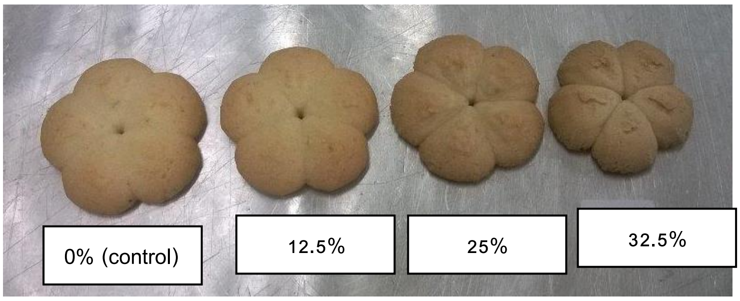


Figure 1 Job's Tear Cookies from the substitution of ground Kra-Bok as a fat

Table 1 Physical properties of Job's Tear Cookies from the substitution of ground Kra-Bok as a fat

Ground Kra-Bok (wt.%)	Breaking force (N)	Spread ratio[ns]	Color values		
			L* [ns]	a* [ns]	b* [ns]
0 (control)	13.62±0.38[d]	4.86+0.18	67.55±1.67	9.03±0.62	31.70±0.37
12.5	18.31±0.97[c]	4.60+0.18	68.00±1.62	8.70±0.60	30.94±0.75
25	32.93±1.86[b]	4.54+0.20	68.17±1.12	8.82±0.67	31.25±0.97
32.5	45.34±0.10[a]	4.39+0.12	67.37±0.61	9.16±0.44	31.26±0.80

[a,b,c,d] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$)

[ns] Non significant difference ($p \geq 0.05$)

Table 2 Effect of ground Kra-Bok on sensory score of Job's Tear Cookies (9-point hedonic scale)

Ground Kra-Bok (wt.%)	Appearance[ns]	Color[ns]	Odor	Taste	Brittleness	Overall liking
0 (control)	7.07±1.28	7.00±1.41	7.27±0.96[a]	7.40±0.63[a]	7.33±0.72[a]	8.07±0.46[a]
12.5	7.27±0.70	6.60±0.63	6.87±0.74[a]	6.93±0.59[b]	7.00±0.76[a]	7.60±0.74[a]
25	6.93±0.70	6.40±1.18	6.07±0.80[b]	6.47±0.52[c]	6.07±0.70[b]	7.07±0.70[b]
32.5	7.47±0.83	6.80±0.77	5.80±0.86[b]	5.93±0.88[b]	5.60±0.63[c]	6.93±0.59[b]

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$)

[ns] Non significant difference ($p \geq 0.05$)

Table 3 Comparison of chemical composition of Job's Tear Cookies from the substitution of ground Kra-Bok as a fat

Ground Kra-Bok (wt.%)	Quantity				
	Moisture(%)[ns]	Ash(%)[ns]	Fat (%)	Protein (%)[ns]	Carbohydrate (%)
0 (control)	1.57±0.05	1.42±0.13	27.47±1.01[a]	5.49±1.29	64.71±1.20[b]
12.5	1.75±0.13	1.20±0.28	23.65±1.61[b]	5.43±0.47	66.75±1.40[a]

[a,b] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$)

[ns] Non significant difference ($p \geq 0.05$)

ผลของการหมุนกวนในการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสต่อการถ่ายโอนมวลสารของเนื้อเงาะและการยอมรับทางประสาทสัมผัส

Effect of Stirring in Osmotic Dehydration of Rambutan Aril Mass Transfer and Sensory Acceptability

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] อัคราช พาอ้อ[1] อัฐภิญญา ปัทมภาสสกุล[1] และ อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ[2]

Yuenyongputtakal, W.[1], Pa-or, A.[1], Pattamaphasskul, A.[1] and Sukatta, U.[2]

Abstract

This work studies the osmotic dehydration operation of rambutan aril with a mixture solution of oligofructose 50%, calcium lactate 2% and ascorbic acid 1%. In order to evaluate the hydrodynamic effect of osmotic solution on the mass transfer parameters and sensory perception, static and dynamic conditions have been studied. Experiments were carried out at several stirring levels (0, 100, 150 and 200 rpm) using a peristaltic pump. It was found that stirring of osmotic solution increased water loss, weight reduction, calcium content and vitamin C content ($p<0.05$), but it had no effected on solid gain ($p\geq0.05$). It was found that using peristaltic pump speed at 200 rpm increased highest calcium content (6.13 mg/100g) and vitamin C content (846.93 mg/100g). Level of osmotic stirring had no effect on liking sensory attribute scores of dehydrated rambutan aril.

Keywords: osmotic dehydration, stirring, rambutan aril, mass transfer

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส เนื้อเงาะด้วยสารละลายผสมของโอลิโกฟรุกโตส 50% แคลเซียมแลคเตท 2% และกรดแอสคอร์บิค 1% โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้และไม่ใช้การหมุนกวนสารละลายออสโมติกในสภาวะต่อค่าการถ่ายโอนมวลสาร และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดำเนินการแปรระดับของการหมุนกวนสารละลายออสโมติก (0, 100, 150 and 200 รอบต่อนาที) โดยใช้ปั๊มดูดจ่ายของเหลว ผลการวิจัย พบว่า การหมุนกวนสารละลายออสโมติกทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสีย น้ำหนักที่ลดลง ปริมาณแคลเซียม และ ปริมาณวิตามินซี เพิ่มมากขึ้น ($p<0.05$) โดยไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น ($p\geq0.05$) การใช้ความเร็วการหมุนของลูกรีด 200 รอบ/นาที ทำให้มีปริมาณแคลเซียม (6.13 มิลลิกรัม/100กรัม) และวิตามินซี (846.93 มิลลิกรัม/100กรัม) เพิ่มขึ้นมากที่สุด ระดับของการหมุนกวนสารละลายออสโมติกไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อเงาะหลังการออสโมซิส

คำสำคัญ: การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส การหมุนกวน เนื้อเงาะ การถ่ายโอนมวลสาร

คำนำ

การแปรรูปผลไม้โดยอาศัยหลักการของการออสโมซิส จัดเป็นวิธีการเตรียมขั้นต้นก่อนการทำแห้งผลไม้วิธีหนึ่ง ทำได้โดยการแช่ชิ้นผลไม้ลงในสารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูง การออสโมซิสมีผลโดยตรงต่อการลดปริมาณน้ำในชิ้นผลไม้ ซึ่งเป็นการลดความชื้นให้กับวัตถุดิบก่อนการนำไปทำแห้ง จึงช่วยลดเวลาในการทำแห้งลง ลดการสูญเสียกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหาร นอกจากนี้การออสโมซิสเป็นวิธีที่เอื้อต่อการเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Physiologically Active Compound; PAC) ให้กับชิ้นผลไม้ ทำได้โดยการเติม PAC เพิ่มลงไปในสารละลายออสโมติก ซึ่งสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อผลไม้ได้ โดยอาศัยหลักการการถ่ายโอนมวลสารผ่านเยื่อเลือกผ่าน (Torreeggiani, 1993) เงาะสดมีอายุการเก็บสั้น มักเน่าเสียง่ายในระหว่างการขนส่งและเก็บรักษา งานวิจัยนี้สนใจการนำเงาะมาแปรรูปด้วยการออสโมซิสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนานขึ้น และเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้นโดยเสริมสาร PAC ได้แก่ 1) น้ำตาล

[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] ฝ่ายเทคโนโลยีชีวมวลและพลังงานชีวภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Biomass and Bio-energy Technology Division, Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Ladyao, Chatujuk, Bangkok 10900

โอลิโกฟรุกโตส เป็นสารที่ให้ความหวานและให้พลังงานต่ำกว่าน้ำตาล และมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก 2) ธาตุแคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูกและฟัน ช่วยควบคุมการทำงานของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ และ 3) วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่ง ช่วยบรรเทาอาการแพ้และรักษาอาการอักเสบ Moreno และคณะ (2013) กล่าวว่า การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสมีหลักการสำคัญที่ช่วยยืดอายุการเก็บอาหารได้ คือ การลดค่า a_w และปริมาณความชื้นของอาหาร ในกระบวนการออสโมซิสมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลายปัจจัย การหมุนกวนให้สารละลายออสโมติกเคลื่อนที่เป็นปัจจัยหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดการกระจายความเข้มข้นโดยทำให้สารละลายที่เข้มข้นมากกว่าเคลื่อนที่มาแทนที่สารละลายที่เจือจางกว่า จึงช่วยเพิ่มโอกาสให้มีอัตราการถ่ายเทมวลสารได้ดีขึ้นด้วย (Moreira และ Sereno, 2003; Amami และคณะ, 2014)งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในการออสโมซิสผลไม้มักใช้เวลานานตั้งแต่ 4 ชั่วโมงขึ้นไป โดยอาจมีการหมุนกวนสารละลายออสโมติก เป็นระยะ หรือหมุนกวนตลอดเวลาโดยใช้ใบพัดกวน (Ciurzynska และคณะ, 2016) แต่อาจเกิดความเสียหายต่อชิ้นผลไม้ได้ ยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาผลของการหมุนกวนสารละลายออสโมติกตลอดเวลาการออสโมซิสด้วยการใช้ปั๊มดูดจ่ายของเหลว (peristaltic pump) ซึ่งเป็นปั๊มที่ใช้หลักการรีดท่อที่บรรจุของเหลว โดยท่อจะพันรอบลูกรีดที่หมุนรอบตัวเอง จึงทำให้ของเหลวภายในท่อถูกบีบและปล่อยเป็นจังหวะมีผลให้ของเหลวเกิดการไหลเวียนตลอดเวลา งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของการหมุนกวนสารละลายออสโมติกต่อค่าการถ่ายโอนมวลสาร และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อเงาะหลังการออสโมซิส

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้เงาะพันธุ์โรงเรียนที่มีความสุกระดับเดียวกัน น้ำหนักผลประมาณ 40 กรัม แกะเปลือก ผ่าตามความยาวผลและเอาเมล็ดออก ล้างน้ำ แล้วแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.3% เป็นเวลา 5 นาที เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล การออสโมซิสทำได้โดย นำเนื้อเงาะมาแช่ในสารละลายออสโมติก คือ สารละลายผสมของน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส 50% แคลเซียมแลคเตท 2% และกรดแอสคอร์บิก 1% แช่โดยใช้สภาวะสุญญากาศ โดยบรรจุชิ้นเงาะและสารละลายออสโมติกในขวดรูปชมพู่ กำหนดอัตราส่วนสารละลายออสโมติกต่อชิ้นเนื้อเงาะเท่ากับ 4:1 (โดยน้ำหนัก) ปิดขวดรูปชมพู่ด้วยจุกยางให้เป็นระบบปิดและเชื่อมต่อกับปั๊มสุญญากาศภายใต้ความดัน 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา แช่ต่อที่สภาวะบรรยากาศเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ใช้ปั๊มดูดจ่ายของเหลว เพื่อหมุนกวนให้สารละลายเคลื่อนที่ตลอดเวลา ใช้ในขั้นตอนการแช่ในสภาวะบรรยากาศ โดยแปรระดับความเร็วการหมุนของลูกรีดเป็น 3 ระดับ คือ 100 150 200 รอบต่อนาที โดยบรรจุชิ้นเงาะและสารละลายออสโมติกในภาชนะโหลแก้ว ซึ่งเชื่อมต่อกับสายยางที่ทำจากซิลิโคนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร และยาว 160 เซนติเมตร โดยสายยางพันรอบลูกรีดที่หมุนรอบตัวเองตามความเร็วที่กำหนด ปลายสายด้านหนึ่งต่ออยู่ที่ด้านบนของภาชนะ ส่วนอีกด้านหนึ่งอยู่ด้านล่างของภาชนะ เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างหลังการออสโมซิสมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้ ทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ปริมาณแคลเซียม (AOAC, 1990) ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 1990) และคำนวณค่าการถ่ายโอนมวลสาร ได้แก่

1) ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) คำนวณได้จาก

$$WL\ (\%) = \frac{(W_0 M_0 - W_t M_t) \times 100}{W_0} \quad (1)$$

2) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) คำนวณได้จาก

$$SG\ (\%) = \frac{[W_t(1-M_t) - W_0(1-M_0)] \times 100}{W_0} \quad (2)$$

3) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR)คำนวณได้จาก

$$WR\ (\%) = \frac{(W_0 - W_t) \times 100}{W_0} \quad (3)$$

เมื่อ W_0 และ W_t คือ น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัม) ตามลำดับ

M_0 และ M_t คือ ความชื้นของตัวอย่างเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัมน้ำ/กรัมน้ำหนักตัวอย่าง) ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 แสดงค่าการถ่ายโอนมวลสารของชิ้นเงาะหลังการออสโมซิส พบว่า ระดับความเร็วการหมุนของลูกรีดปั๊มดูดจ่ายของเหลว มีผลต่อค่า WL และ WR ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า SG ($p\geq0.05$) โดยพบว่าสิ่งทดลองที่ใช้

ความเร็วการหมุนของลูกรีด 200 รอบ/นาที ทำให้เงาะหลังการออสโมซิสมีค่า WL และ WR สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 25.98% และ16.19% ตามลำดับ ($p<0.05$) ทั้งนี้หากเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ปั้มดูดจ่ายของเหลว ซึ่งเงาะหลังการออสโมซิสมีค่า WL และ WR เท่ากับ 23.01% และ 13.42% คิดเป็นค่า WL และ WR ที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.97% และ 2.77% ตามลำดับ เนื่องจากในระหว่างการออสโมซิส เกิดแรงขับจากความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกและความเข้มข้นภายในเซลล์ผลไม้ โดยน้ำภายในเซลล์ชิ้นผลไม้แพร่ออกสู่สารละลายออสโมติก ทำให้สารละลายออสโมติกรอบชิ้นผลไม้มีความเจือจางลง เมื่อมีการใช้สภาวะการคนหรือการกวน ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกเกิดการเคลื่อนที่และกระจายตัวมากขึ้น ส่งผลให้เพิ่มโอกาสการสัมผัสระหว่างสารละลายออสโมติกกับชิ้นผลไม้มากขึ้น จึงทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารมากขึ้น (Moreira และ Sereno, 2003; Amami และคณะ, 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mavroudis และคณะ (1998) ศึกษาผลของการกวนสารละลายออสโมติกร่วมกับการออสโมซิสชิ้นแอปเปิ้ล ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 50% แปรการกวนตามระดับค่า Reynolds number ตั้งแต่ 350 – 18,500 พบว่า การกวนแบบ Turbulence (Reynolds number มากกว่า 10,000) มีผลให้ชิ้นผลไม้มีปริมาณน้ำที่สูญเสียมากกว่าการกวนแบบ Laminar เนื่องจากเป็นการกวนสารละลายที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่มากกว่า แสดงให้เห็นว่าสภาวะที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารละลายมากช่วยกระตุ้นให้เกิดการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสมากขึ้น

Table 1 WL, SG and WR of dehydrated rambutan aril at several stirring levels

Stirring level (rpm)	Means (%) ± SD		
	WL	SG[ns]	WR
0	23.01 ± 0.98 [b]	9.59 ± 0.76	13.42 ± 0.31 [b]
100	23.12 ± 0.71 [b]	9.62 ± 0.62	13.50 ± 0.38 [b]
150	23.54 ± 0.89 [b]	9.67 ± 0.38	13.87 ± 0.85 [b]
200	25.98 ± 0.98 [a]	9.79 ± 0.34	16.19 ± 0.72 [a]

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

[ns] Mean values in the same column are not significantly different ($p\geq0.05$)

จาก Table 2 แสดงปริมาณแคลเซียมและปริมาณวิตามินซีของชิ้นเงาะหลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับความเร็วการหมุนของลูกรีดของปั๊มดูดจ่ายของเหลว พบว่า ระดับความเร็วการหมุนของลูกรีดมีผลต่อปริมาณแคลเซียมและปริมาณวิตามินซี ($p<0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ใช้ความเร็วการหมุนของลูกรีด 200 รอบ/นาที ทำให้ชิ้นเงาะหลังการออสโมซิสมีปริมาณแคลเซียมมากที่สุด เท่ากับ 6.13 mg/100g และปริมาณวิตามินซีมากที่สุด เท่ากับ 846.93 mg/100g เนื่องจากเมื่อมีการใช้ปั๊มดูดจ่ายของเหลวด้วยความเร็วสูงในการหมุนของลูกรีด ช่วยให้สารละลายออสโมติกเกิดการกระจายตัวมากขึ้น ไอออนของแคลเซียมแลคเตทและกรดแอสคอร์บิก ที่แตกตัวในสารละลายออสโมติก จึงมีโอกาสสัมผัสกับชิ้นเงาะมากและมีโอกาสเกิดการถ่ายเทมวลสารมากกว่าการไม่ใช้ปั๊มหรือใช้ความเร็วต่ำในการหมุนลูกรีด อย่างไรก็ตามผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเร็วการหมุนของลูกรีด มีผลต่อการเพิ่มปริมาณวิตามินซีให้กับชิ้นเงาะมากกว่าแคลเซียม จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ความเร็วการหมุนของลูกรีดในระดับต่ำ 100 รอบ/นาที ทำให้ชิ้นเงาะหลังการออสโมซิสมีปริมาณแคลเซียมเพิ่มในชิ้นเงาะไม่แตกต่างกับการไม่ใช้ปั๊ม ($p\geq0.05$) แต่สามารถเพิ่มปริมาณวิตามินซีให้ชิ้นเงาะเพิ่มขึ้น 108.13 mg/100g เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ปั๊ม หรือกล่าวได้ว่าทำให้ชิ้นเงาะหลังการออสโมซิสมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มในชิ้นเงาะแตกต่างกับการไม่ใช้ปั๊ม ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการหมุนกวนสารละลายเป็นการกระตุ้นให้เกิดการถ่ายเทมวลสารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งวิตามินซีมีมวลโมเลกุล (176.14 g/mol) เล็กกว่าแคลเซียมแลคเตท (218.22 g/mol) จึงทำให้มีความสามารถแพร่เข้าไปในชิ้นเงาะได้ง่ายกว่า

Table 2 Calcium content and Vitamin C content of dehydrated rambutan aril at several stirring levels

Stirring level (rpm)	Means (mg/100g) ± SD	
	Calcium content	Vitamin C content
0	3.16 ± 0.55 [c]	550.36 ± 7.63 [d]
100	3.28 ± 0.23 [c]	658.49 ± 5.94 [c]
150	4.94 ± 0.73 [b]	778.69 ± 7.30 [b]
200	6.13 ± 0.44 [a]	846.93 ± 8.17 [a]

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

จาก Table 3 แสดงคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของชิ้นเงาะหลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับความเร็วการหมุนของลูกรีดของปั๊มดูดจ่ายของเหลว พบว่า ทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ในทุกด้านคือ ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.10-7.00) จากผลการทดลองพบข้อสังเกตว่าแม้ทั้ง 4 สิ่งทดลองมีปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันอยู่ในช่วง 550.36-846.93 mg/100g (Table 2) แต่ไม่มีผลต่อความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวม

Table 3 Liking score of dehydrated rambutan aril at several stirring levels

Stirring level (rpm)	Means* ± SD				
	Appearance	Color	Taste	Texture	Overall
0	7.00 ± 1.20	7.00 ± 1.02	6.35 ± 1.11	6.13 ± 1.50	6.37 ± 1.30
100	7.00 ± 1.26	7.00 ± 0.98	6.28 ± 1.01	6.23 ± 0.97	6.37 ± 1.03
150	6.93 ± 1.23	7.00 ± 1.14	6.13 ± 1.22	6.10 ± 1.18	6.10 ± 1.16
200	6.87 ± 1.14	6.83 ± 0.91	6.43 ± 1.03	6.47 ± 1.20	6.30 ± 1.49

^{ns} Mean values in the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)
* 1 = Extremely dislike, 5 = Neither like nor dislike and 9 = Extremely like

สรุปผล

ระดับความเร็วการหมุนของลูกรีดปั๊มดูดจ่ายของเหลว มีผลต่อค่า WL และ WR ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า SG ($p \geq 0.05$) การใช้ความเร็วการหมุนของลูกรีด 200 รอบ/นาที ทำให้เนื้อเงาะมีค่าการถ่ายโอนมวลสาร ได้แก่ ค่าWL (25.98%)และ ค่า WR (16.19%) รวมถึงปริมาณแคลเซียม (6.13 มิลลิกรัม/100กรัม) และวิตามินซี (846.93 มิลลิกรัม/100 กรัม) เพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยระดับของการหมุนกวนสารละลายออสโมติกไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 51/2558

เอกสารอ้างอิง

Amami, E., Khezami, L., Jemai, A. B., and Vorobiev, E., 2014, Osmotic dehydration of some agro-food tissue pre-treated by pulsed electric field: Impact of impeller's Reynolds number on mass transfer and color, Journal of King Saud University Engineering Sciences, 26: 93-102.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis, Arlington, Virginia, USA.

Ciurzynska, A., Kowalska, H., Czajkowska, K., and Lenart, A., 2016, Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food, Trends in Food Science & Technology, 50: 186-192.

Garrote, R. L., Silva, E. R., and Bertone, R. A., 1992, Osmotic Concentration at 5°C and 25°C of Pear and Apple Cubes and Strawberry Halves, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 25(2): 133-138.

Mavroudis, N.E., Gekas, V., and Sjöholm, I., 1998, Osmotic Dehydration of Apples-Effects of Agition and Raw Material Characteristics, Journal of Food Engineering, 35 (2): 191-209.

Moreira, R., and Sereno, A. M., 2003, Evaluation of mass transfer coefficients and volumetric shrinkage during osmotic dehydration of apple using sucrose solutions in static and non-static conditions, Journal of Food Engineering, 57(1): 25-31.

Moreno, J., Simpson, R., Pizarro, N., Pavez, C., Dorvil, F., Petzold, G., and Bugueño, G., 2013, Influence of ohmic heating/osmotic dehydration treatments on polyphenoloxidase inactivation, physical properties and microbial stability of apples (cv. Granny Smith), Innovative Food Science and Emerging Technologies, 20: 198-207.

Torregiani, D., 1993, Osmotic Dehydration in Fruit and Vegetable Processing, Food Research International, 26(1): 59-68.

ผลของวิธีและเวลาการให้ความร้อนในการเตรียมขั้นต้นต่อคุณภาพทางเคมีของเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วงผง

Effects of Methods and Time of Heating Pretreatment on Chemical Properties of Purple Passion Fruit Peel Powder

อนุสรา พลบจู[1] และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1]
Plobju, A.[1] and Yuenyongputtakal, W.[1]

Abstract

This research was aimed to investigate effects of heating pretreatment methods and time prior drying on chemicals properties of purple passion fruit peel powder. Three various heat pretreatments were investigated as by follows; Water Blanching at 90±2°C (WB) Steam Blanching at 98±2°C (SB) and Autoclave Blanching at 121°C, under pressure 15 psi (AB) and two levels of pretreatment time were investigated at 3 minutes and 6 minutes. Results showed that methods and time of heating pretreatments had interaction effect on total sugar, total dietary fiber and total phenolic contents ($p<0.05$) whereas had no effect on DPPH scavenging antioxidant activity ($p\geq0.05$). The appropriate pretreatment condition of water blanching for 3 minutes resulted in the lowest total sugar content (4.14 g/100 g dry basis) but high dietary fiber (90.43 g/100 g dry basis), phenolics (66.47 mg GAE/100 g dry basis) with high DPPH antioxidant activity (88.92%).

Keywords: pretreatment, blanching, purple passion fruit peel, chemical properties, antioxidant activities

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของวิธีและเวลาการให้ความร้อนในการเตรียมขั้นต้นก่อนการทำแห้งต่อคุณภาพทางเคมี ของเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วงผง แปรการเตรียมขั้นต้นโดยการให้ความร้อน 3 วิธี ได้แก่ การลวกด้วยน้ำร้อน อุณหภูมิ 90±2°C (WB) การลวกด้วยไอน้ำ อุณหภูมิ 98±2°C (SB) และ การลวกด้วยไอน้ำ อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 psi (AB) แปรเวลาการให้ความร้อน 2 ระดับ ได้แก่ 3 นาที และ 6 นาที ผลการวิจัยพบว่าวิธีและเวลาการให้ความร้อนมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ($p\geq0.05$) สภาวะการเตรียมขั้นต้นที่เหมาะสม คือ การลวกด้วยน้ำร้อน เป็นเวลา 3 นาที ทำให้ได้เปลือกเสาวรสผงที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (4.14 g/100 g dry basis) ต่ำ แต่มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (90.43 g/100 g dry basis) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (66.47 mg GAE/100 g dry basis) ปริมาณสูง ซึ่งยังคงมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในระดับสูง (88.92%)

คำสำคัญ: การเตรียมขั้นต้น การลวก เปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง คุณภาพทางเคมี สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

เสาวรสพันธุ์สีม่วง (*Passiflora edulis* Sims) เป็นเสาวรสที่นิยมบริโภคชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีรสหวาน และกลิ่นหอม มีส่วนเปลือกคิดเป็น 50-60% ของน้ำหนักทั้งผล (Hernandez-Santos และคณะ, 2015) มีสารพฤกษเคมีที่สำคัญ โดยเฉพาะกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และต้านการอักเสบได้ ตัวอย่างเช่น ช่วยลดอาการอักเสบจากโรคข้อเข่าเสื่อม (Farid และคณะ, 2010) จึงมีศักยภาพสามารถนำมาผลิตเป็นผงใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสุขภาพได้ (Hernandez-Santos และคณะ, 2015) โดยทั่วไปการผลิตอาหารผงจากวัสดุเศษเหลือผักผลไม้ มีขั้นตอนสำคัญคือการลดขนาดวัตถุดิบให้เล็กลงโดยการหั่นหรือบดเพื่อให้สะดวกในการทำแห้ง แล้วจึงบดเป็นผง โดยมักมีการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารผงที่ได้ (Peerajit และคณะ, 2012) ในกระบวนการผลิตอาหารผงจากวัสดุเศษเหลือที่มีศักยภาพด้านสารพฤกษเคมี มักให้ความสำคัญกับการรักษาองค์ประกอบของสารพฤกษเคมีให้คงอยู่มากที่สุด มีรายงานว่าการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบโดยการให้ความร้อนมีผลดี เนื่องจากช่วยยับยั้งเอนไซม์ที่เป็นต้นเหตุของปฏิกิริยาสีน้ำตาล ช่วยให้เนื้อเยื่ออ่อนนุ่มลง ทำให้มีอัตราการทำแห้งเร็วขึ้น (Chantaro และคณะ, 2008) จึงช่วยลดเวลาในการทำแห้งและรักษาสารพฤกษเคมีที่สำคัญที่ไม่เสถียรต่อความร้อน

[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

ได้ รวมทั้งการให้ความร้อน (อย่างน้อย 80 องศาเซลเซียส) สามารถทำลายสารพิษบางประเภท เช่น ไซยาไนด์ ได้ (Sallau และคณะ, 2012) อย่างไรก็ตามระดับความรุนแรงของการให้ความร้อนในการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบ อาจมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ โดยเฉพาะสมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหาร (Wennberg และคณะ, 2006) จากการตรวจเอกสารยังไม่พบการศึกษาผลของเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนการผลิตอาหารผงจากเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีและเวลาการให้ความร้อนในการเตรียมขั้นต้นต่อคุณภาพทางเคมีของเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วงผง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วงที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปน้ำเสาวรสมาตัดให้เป็นชิ้นขนาดประมาณ 0.5×4×0.2 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 0.7 กรัม ควบคุมคุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ดังนี้ เป็นเปลือกจากเสาวรสสุกอายุประมาณ 60-70 วัน เลือกใช้เฉพาะเปลือกที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่เน่าเสีย หรือมีตำหนิ นำเปลือกเสาวรสที่เตรียมไว้มาเตรียมขั้นต้นโดยการให้ความร้อน โดยแปรวิธีการให้ความร้อน 3 วิธี และเวลาการให้ความร้อน 2 ระดับ จัดสิ่งทดลองแบบ Factorial 3×2 โดยดำเนินการดังนี้ 1) Water blanching (WB) ลวกชิ้นเปลือกเสาวรสในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 6 นาที กำหนดอัตราส่วนเปลือกเสาวรสต่อน้ำ เท่ากับ 1:6 (น้ำหนักต่อปริมาตร) 2) Steam blanching (SB) ลวกชิ้นเปลือกเสาวรสด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 98±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 6 นาที ควบคุมความร้อนโดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ทำได้โดยนำชิ้นเปลือกเสาวรสใส่ในถาดสแตนเลสที่มีลักษณะเป็นรู แล้วนำมาวางลงบนตะแกรงที่อยู่ระดับสูงกว่าปริมาณน้ำ 3) Autoclave blanching (AB) ลวกชิ้นเปลือกเสาวรสด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 psi (Hernandez-Santos และคณะ, 2015) เป็นเวลา 3 และ 6 นาที ทำได้โดยนำชิ้นเปลือกเสาวรส ใส่ในตะกร้า สแตนเลส และวางในหม้อนึ่งความดัน

นำเปลือกเสาวรสที่ผ่านการลวกแต่ละวิธีมาแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที บีบน้ำออก เกลี่ยลงบนถาดสแตนเลส แล้วทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 345-370 นาที ให้มีปริมาณความชื้น 7±1% นำเปลือกเสาวรสแห้งที่ได้มาบดให้เป็นผง โดยใช้เครื่องบดอาหารแห้ง นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ และปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาโดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (AOAC, 2000) ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (AOAC, 1995) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจากวิธีของ Yu และคณะ, 2005) และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (ดัดแปลงจากวิธีของ Turkmen และคณะ, 2005)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า อิทธิพลร่วมของวิธีและเวลาการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (TSC) ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีและเวลาการให้ความร้อนต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p\geq0.05$)

จาก Table 2 พบว่า สิ่งทดลอง SB3 ซึ่งผ่านการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 3 นาที ทำให้เปลือกเสาวรสผงมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (5.76 g/100 g dry basis) มากที่สุด ($p<0.05$) การลวกด้วยน้ำร้อนหรือไอน้ำภายใต้ความดัน มีผลทำให้โครงสร้างพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงไปได้มาก เนื้อเยื่อพืชอ่อนนุ่มลง ประกอบกับกรณีการลวกด้วยน้ำ มีน้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ชิ้นเปลือกเสาวรสมีโอกาสสัมผัสกับน้ำที่ใช้ลวกได้โดยตรง จึงทำให้เกิดการสูญเสียสารที่มีโมเลกุลต่ำและละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล ไปกับน้ำที่ใช้ลวก (Wennberg และคณะ, 2006; Tanongkankit, 2011) จึงเป็นการเพิ่มโอกาสที่น้ำตาลอิสระที่อยู่บนเปลือกเสาวรสมีโอกาสถูกชะออกมาได้มากกว่าการลวกด้วยไอน้ำ ซึ่งมีไอน้ำเป็นตัวพาความร้อน และชิ้นเปลือกเสาวรสอยู่กับที่ กรณีการลวกด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 psi มีผลให้อุณหภูมิของไอน้ำสูงถึง 121°C จึงอาจมีผลให้เนื้อเยื่อของเปลือกเสาวรสมีลักษณะนุ่มขึ้นมากกว่าการใช้ไอน้ำจากสภาวะปกติ น้ำตาลอิสระสามารถถูกชะออกระหว่างการลวกได้มากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะที่มีความดัน จึงช่วยเร่งการถ่ายเทมวลสารโดยน้ำภายในเปลือกเสาวรสเคลื่อนที่มายังผิวเปลือกเสาวรสในรูปของไอน้ำและระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เปลือกเสาวรสมีความเป็นรูพรุนมากขึ้น จึงมีโอกาสให้น้ำตาลอิสระสามารถถูกชะออกมาได้มาก Oreopoulou และ Tzia (2007) กล่าวว่า การผลิตใยอาหารผงให้มีคุณภาพดีขึ้นนั้น ต้องกำจัดส่วนประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่ใยอาหารออกจากวัตถุดิบให้มากที่สุด จาก Table 2 พบว่า สิ่งทดลอง WB3 และ WB6 ซึ่งผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน เป็นเวลา 3 นาที และ 6 นาที ตามลำดับ ทำให้เปลือกเสาวรสผงมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด(90.43-92.05 g/100 g dry basis) มากที่สุด ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นสภาวะที่สามารถกำจัดส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่ใยอาหาร เช่น แร่ธาตุ วิตามิน และน้ำตาล จึงสูญเสียไปกับน้ำที่ใช้ลวก (Wennberg และคณะ, 2006) ทำให้มีองค์ประกอบของใยอาหารที่มีความบริสุทธิ์ขึ้น ปริมาณใยอาหารทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม พบว่า การ

ลวกด้วยน้ำ 3 นาที และ 6 นาที ทำให้เปลือกเสาวรสผงมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าเวลาการลวกด้วยน้ำ 3 นาที ก็เพียงพอที่ทำให้ได้ผงใยอาหารที่มีความบริสุทธิ์ จึงเป็นการประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในกระบวนการลงได้ ในขณะที่การลวกด้วยไอน้ำและไอน้ำภายใต้ความดัน อาศัยไอน้ำเป็นตัวพาความร้อน แม้ไอน้ำที่ให้กับชิ้นเปลือกเสาวรสอาจทำให้เปลือกเสาวรสอ่อนนุ่มลง และส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่ใยอาหารสามารถถูกชะออกได้ แต่เนื่องด้วยชิ้นเปลือกเสาวรสอยู่กับที่ จึงมีโอกาสที่ส่วนประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่ใยอาหารสามารถถูกกำจัดออกมาได้น้อยกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน

จาก Table 3 พบว่า สิ่งทดลอง SB3 ซึ่งผ่านการลวกด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 3 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (106.87 mg GAE/100 g dry basis) สูงที่สุด ในขณะที่สิ่งทดลอง WB6 ซึ่งผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน เป็นเวลา 6 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (41.68 mg GAE/100 g dry basis) ต่ำที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งแตกต่างกันถึง 2.5 เท่า ทั้งนี้การเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบโดยการให้ความร้อนมีโอกาสทำให้สารพฤกษเคมีกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก เช่น กรดฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์สลายตัวจากความร้อนในระหว่างการลวก (Ismail และ Lee, 2005) ซึ่งเมื่อเวลาที่ใช้ในการลวกด้วยน้ำนานขึ้น จึงมีแนวโน้มทำให้สารพฤกษเคมีสลายตัวได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาการเตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อน มีน้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน จึงมีโอกาสให้ชิ้นเปลือกเสาวรสสัมผัสกับน้ำที่ใช้ลวกได้มากกว่าการลวกด้วยไอน้ำ และไอน้ำภายใต้ความดัน ซึ่งมีไอน้ำเป็นตัวพาความร้อน และชิ้นเปลือกเสาวรสอยู่กับที่ จึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกที่มีสมบัติสามารถละลายน้ำเกิดการสูญเสียไปกับน้ำที่ใช้ลวกได้มากกว่า

จาก Table 3 รายงานสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็นค่า % inhibition พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อน การลวกด้วยไอน้ำ และการลวกด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน สามารถทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการทำลายของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกไปเป็นสารอื่น (Gonçalves และคณะ 2010) ดังนั้นเปลือกเสาวรสผงที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นทุกสภาวะจึงแสดง % Inhibition ในปริมาณที่สูงไม่แตกต่างกัน (88.92-89.90%) อย่างไรก็ตามพบข้อสังเกตว่า แม้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) แต่ยังคงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูงและไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระ DPPH กับสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Turkmen และคณะ, 2005) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในเปลือกเสาวรสอาจมีมากมายหลายชนิด ซึ่งแสดงสมบัติการต้านอนุมูลอิสระแบบอื่น เช่น Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP) และ Ferrous ion-chelating ability assay (FIC) เป็นต้น จึงอาจมีแนวโน้มไม่สอดคล้องกันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่วิเคราะห์ได้

สรุปผล

วิธีและเวลาการให้ความร้อนในการเตรียมขั้นต้นมีอิทธิพลร่วมกันต่อคุณภาพทางเคมีของเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วงผงได้แก่ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ($p<0.05$) ในขณะที่ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ($p \geq 0.05$) โดยการลวกด้วยน้ำ 3 นาที เพียงพอที่ทำให้ได้ผงใยอาหารที่มีความบริสุทธิ์ รวมถึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งยังคงมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในระดับสูง เป็นสภาวะที่ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในกระบวนการลงได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2559 (ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา สัญญาเลขที่กบง./2559-ท7.23)

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 1995, Official method of analysis (16th ed.), Washington, DC, USA.

AOAC, 2000, Official method of analysis of AOAC international (17th ed.), Gaithersburg, Maryland, USA.

Chantaro, P., Devahastin, S. and Chiewchan, 2008, Production of antioxidant high dietary fibre power from carrot peels, LWT - Food Science and Technology,41 : 1987-1994.

Farid, R., Rezaieyazdi, Z., Mirfeizi, Z., Hatef, M.R., Mirheidari, M., Mansouri, H., Esmaelli, H., Bentley, G., Lu, Y., Foo, Y., and Watson, R.R., 2010, Oral intake of purple passion fruit peel extract reduces pain and stiffness and improves physical function in adult patients with knee osteoarthritis, Nutrition Research,30: 601–606.

Gonçalves, E.M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T.R.S. and Silva, C.L.M., 2010, Carrot (*Daucus carota L.*) peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching, Journal of Food Engineering, 97 : 574–581.

Hernandez-Santos, B., Vivar-Vera, M. A., Rodrıguez-Miranda, J., Herman-Lara, E., Torruco-Uco, J. G., Acevedo-Vendrell, O. and Martınez-Sanchez, C. E., 2015, Dietary fibre and antioxidant compounds in passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) peel and depectinised peel waste, International Journal of Food Science and Technology, 50 : 268–274.

Ismail, A. and Lee, Y. M., 2005, Effect of different blanching times on antioxidant properties in selected cruciferous vegetables, Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(13) : 2314-2320.

Oreopoulou, V., and Tzia, C., 2007, Utilization of Plant By-Products for the Recovery of Proteins, Dietary Fibers, Antioxidants, and Colorants. In V. Oreopoulou, and W. Russ (Eds.),Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry, pp. 209-232, USA:Springer Science.

Peerajit, P., Chiewchan, N. and Devahastin, S., 2012, Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fibre powder from lime residues, Food Chemistry, 132 : 1891–1898.

Sallau, A. B., Mada, S. B., Ibrahim, S. and Ibrahim, U., 2012, Effect of Boiling, Simmering and Blanching on the Antinutritional Content of *Moringa oleifera* Leaves, International Journal of Food Nutrition and Safety, 2(1) : 1-6.

Tanongkankit, Y., 2011, Production of dirtary fiber powder having antioxidants, glucosinolates and sulforaphane fron white cabbage outer leaves, Master's thesis, Food Engineering, Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand.

Turkmen, N., Sari, F. and Velioglu, Y. S., 2005, The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables, Food Chemistry, 93 : 713-718.

Wennbeg, M., Ekvall, J., Olsson, K. and Nyman, M., 2006, Changes in Carbohydrate and Glucosinolate Composition in White Cabbage (*Brassica oleracea* L. *varcapitata*) During Blanching and Treatment with Acetic Acid, Food Chemistry, 96 : 226-236.

Yu, L., Zhou, K. and Party, J., 2005, Antioxidant Properties of cold-presessed black caraway, carrot, cranberry and hamp seed oils, Food Chemistry, 91 : 723-729.

Table 1 The analysis of variance of the effect of methods and time of heating pretreatments on chemical properties of purple passion fruit peel powder

Chemical Properties	Method	Time	Method*Time
Total sugar content (TSC)	*	*	*
Total dietary fiber (TDF)	*	*	*
Total phenolic compound (TPC)	*	*	*
Antioxidant activity (DPPH)	ns	ns	ns

* = significant p<0.05 ns = not significant p≥0.05

Table 2 Total sugar content (TSC) and Total dietary fiber (TDF) of purple passion fruit peel powder at several pretreatment conditions

Treatment	Means ± SD	
	TSC (g/100 g dry basis)	TDF (g/100g dry basis)
WB3	4.14 ± 0.12[c]	90.43 ± 1.07[a]
WB6	4.07 ± 0.19[c]	92.05 ± 1.62[a]
SB3	5.76 ± 0.23[a]	84.58 ± 1.75[b]
SB6	4.91 ± 0.14[b]	81.94 ± 1.91[b]
AB3	4.23 ± 0.06[c]	82.55 ± 1.54[b]
AB6	4.20 ± 0.10[c]	77.73 ± 1.29[c]

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

Table 3 Total phenolic compound (TPC) and Antioxidant activity (DPPH) of purple passion fruit peel powder at several pretreatment conditions

Treatment	Means ± SD	
	TPC (mg GAE/100g dry basis)	DPPH[ns] (%Inhibition)
WB3	66.47 ± 0.02[e]	88.92 ± 0.48
WB6	41.68 ± 0.07[f]	89.90 ± 0.13
SB3	106.87 ± 0.04[a]	89.43 ± 0.77
SB6	69.64 ± 0.08[d]	89.37 ± 0.53
AB3	71.92 ± 0.10[c]	89.73 ± 0.70
AB6	76.97 ± 0.14[b]	89.48 ± 0.89

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

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

ผลของความเข้มข้นของเอทานอลและการประยุกต์ใช้เอนไซม์เซลลูเลส ในการสกัดสารสำคัญจากหอมหัวใหญ่

Effect of Ethanol Concentration and Application of Cellulase on Bioactive Compounds of Onion in Solvent Extraction Process

สุภาภรณ์ เลขวัต[1] **อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์**[1] **และ ศุภักษร แสงหาร**[1]

Lekhavat, S.[1], Srimongkoluk, U.[1] and Sang-han, S.[1]

Abstract

A study on the application of 1 % w/v cellulase enzyme in pre-treatment stage following solvent extraction process of dried onion was performed. Extraction temperature was controlled at 80 °C, and ethanol was used as solvent at concentration of 0, 20, 40, 60 and 80 % v/v, compared with the control without enzyme. Total phenolic compound, flavonoid content and antioxidant properties (DPPH assay) of onion extract were determined. Results showed that 80% v/v ethanol, either enzyme treated or non-enzyme treated samples, had the highest value of total phenolic compound (7.39, 7.55 GAE mg /g. dried onion) and flavonoid content (2.31, 2.33 mg of quercetin equivalent/g. dried onion) compared to other ethanol concentration. However, the enzyme treated sample had lower IC_{50} value (560-672 μg/ml) than non-enzyme treated sample (697-972 μg/ml) ($p \leq 0.05$).

Keywords: cellulase, dried onion, flavonoid, phenolic compound

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เอนไซม์เซลลูเลสความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ในการปรับคุณภาพก่อนการสกัดสารสำคัญจากหอมหัวใหญ่อบแห้ง โดยสกัดใช้เทคนิคสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 0 20 40 60 และ 80 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ใช้สารละลายเอนไซม์โดยวิเคราะห์ปริมาณของสารสำคัญสารสกัด ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ผลการทดลองพบว่าตัวอย่างที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร ให้ผลที่ดีที่สุดทั้งในตัวอย่างที่ใช้และไม่ใช้เอนไซม์ช่วยสกัดโดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (7.39 และ 7.55 มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมตัวอย่างแห้ง) และปริมาณสารฟลาโว-นอยด์ (2.31 และ 2.33 มิลลิกรัมเควอร์เซตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง) ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่า ค่าความเข้มข้นที่ให้ผลต้านออกซิเดชันครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) ในตัวอย่างที่มีการใช้เอนไซม์ช่วยสกัด (560-672 μg/ml) มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม(697-972 μg/ml)

คำสำคัญ: เซลลูเลส ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิค หอมหัวใหญ่

คำนำ

หอมหัวใหญ่เป็นพืชล้มลุกตระกูลเดียวกับหอมแดง ลำต้นเป็นหัวอยู่ใต้ดิน ลักษณะกลมป้อม มีเปลือกนอกบางหุ้มอยู่ เมื่อแห้งจะมีสีน้ำตาล ภายในเป็นกาบสีขาวซ้อนกัน นิยมบริโภคสดกับผักสลัด ใช้ประกอบอาหาร และใช้แปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม หอมใหญ่มีสรรพคุณในทางยาโดยสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์กลัยโคไซด์ (เควอร์ซิติน) ที่พบในหอมหัวใหญ่ สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด น้ำคั้นจากหัวหอมมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อไทฟอยด์ และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบางชนิด ช่วยลดการอักเสบ (แสงแดด, 2548) อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารสำคัญหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในหอมหัวใหญ่ที่สกัดได้นั้น ขึ้นกับกรรมวิธีและเทคนิคการสกัด ซึ่งหลักการของการสกัดคือ การใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากสารผสมให้ได้มากที่สุด และมีการปนเปื้อนสารอื่นน้อยที่สุด เทคนิคการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม ได้แก่ ต้องทำละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด ไม่เป็นพิษ จุดเดือดต่ำ สามารถแยกออกจากสารที่ต้องการสกัดได้ง่าย และไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับสารที่ทำการสกัด ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัด ได้แก่ น้ำ เอทานอล เมทา

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

[1] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

นอล เฮกเซน เบนซีน อีเทอร์ และโทลูอีน เป็นต้น และประสิทธิภาพของสารสกัดขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลายรวมทั้งสภาวะที่ใช้ในการสกัดที่เหมาะสม พบว่ามีงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้เอนไซม์ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด โดยเอนไซม์จะทำหน้าที่ในการย่อยผนังเซลล์ของพืชที่มีส่วนประกอบเป็นสารประกอบเชิงซ้อนโพลีเมอร์ขนาดใหญ่ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพกทิน (Abdennacer และคณะ, 2015) ซึ่งพบว่าการใช้เอนไซม์ช่วยสกัดสามารถเพิ่มปริมาณของสารโพลีฟีนอลจากผลแบล็กเคอแรนท์ (Landbo and Mayer, 2001) เปลือกของพืชตระกูลส้มและมะนาว (Li และคณะ, 2006) และขิง(Chari และคณะ, 2013) และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารไลโคปีนจากมะเขือเทศ (Zuorro และคณะ, 2011) โปรตีนจากใบมะกอก (Vergara และคณะ, 2015) สตาร์ชจากมันฝรั่ง (Ramasamy และคณะ, 2014) และน้ำมันจากกระเทียม (Sowbhagya และคณะ, 2009) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าผนังเซลล์ของพืชที่มีสารทางชีวภาพมีส่วนประกอบของผนังเซลล์ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการสกัด รวมถึงการประยุกต์ใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการสกัดสารสำคัญจากหอมหัวใหญ่ เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีปริมาณและคุณภาพสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยศึกษาการสกัดสารสำคัญในหอมหัวใหญ่โดยทำการเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นสารละลายเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0- 80 โดยปริมาตร ตามลำดับ โดยไม่ใช้ความเข้มข้นเอทานอลที่ร้อยละ 100 โดยปริมาตร เนื่องจาก. ความสามารถในการละลายของสารแต่ละตัวไม่เท่ากัน สารเควอร์ซิตินในหอมหัวใหญ่ละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขั้วเล็กน้อย (Ross และคณะ, 2002) นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้สกัดค่อนข้างสูง ในระดับความเข้มข้นเอทานอลที่สูงกว่าร้อยละ 80 จะเกิดการระเหยของตัวทำละลายที่รวดเร็วมากเกินไป จึงเลือกใช้ตัวทำละลายที่ระดับสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80 การทดลองนี้จะศึกษาผลร่วมกับผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสช่วยในการสกัด โดยในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อให้มีคุณภาพคงที่ตลอดการทดลอง จะนำหอมหัวใหญ่มาทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างแห้ง วัดขนาดความละเอียดโดยร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช มากกว่าร้อยละ 80 บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทและกันความชื้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งระหว่างรอศึกษาเทคนิคการสกัด ตัวอย่างทดลองที่ไม่ใช้เอนไซม์เตรียมโดยชั่งตัวอย่างหอมหัวใหญ่ผงและสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0 20 40 60 และ 80 โดยปริมาตร ตามลำดับ ในอัตราส่วน 1:9 (ตัวอย่างผง:เอทานอล) สกัดโดยแช่ในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชม. คนตัวอย่างระหว่างการสกัดทุกๆ 15 นาที กรองสารละลายที่สกัดได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman no.1 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยภายใต้ความดันต่ำด้วยเครื่องระเหยระบบสุญญากาศ (Buchi R3, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส เพื่อแยกตัวทำละลายออกจากตัวอย่าง คำนวณร้อยละปริมาณผลผลิต (% Yield) (ขั้นตอนและวิธีการในการสกัดได้จากการทำการศึกษาในเบื้องต้นโดยประยุกต์จากเทคนิคการสกัดสารด้วยตัวทำละลาย) นำของเหลวข้นหลังจากขั้นตอนการระเหยไปวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (ตามวิธีที่ประยุกต์ โดย Wong และ Chye, 2009) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (ตามวิธีที่ประยุกต์โดย Maisuthisakul และคณะ, 2007) และฟลาโวนอยด์ (ตามวิธีที่ประยุกต์โดย Casagrande, 2009) ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) เปรียบเทียบผลการใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัดโดยผสมตัวอย่างหอมหัวใหญ่ผงกับสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร ในอัตราส่วน 1:2 (ตัวอย่างผง: สารละลายเอนไซม์) ทำการบ่มที่สภาวะการบ่ม 50 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม. หลังจากนั้นทำการสกัดโดยใช้สารละลายเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 20 40 60 และ 80 โดยปริมาตร ตามลำดับ ในอัตราส่วน 1:9 (ตัวอย่างผง:เอทานอล) และใช้สภาวะการสกัดเดียวกันกับตัวอย่างทดลองที่ไม่ได้ใช้เอนไซม์ช่วยสกัด ข้อมูลวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและค่าการต้านอนุมูลอิสระจะถูกนำมาประเมินผลโดยเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 95% โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์สำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน18

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตัวอย่างหอมหัวใหญ่อบแห้งและสารละลายที่ได้จากขั้นตอนการสกัดและการระเหยที่ความดันต่ำพบว่ามีสีน้ำตาลเข้ม (Figure 1) โดยปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10-11 สำหรับตัวอย่างที่ใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัด และอยู่ในช่วงร้อยละ 10-13 สำหรับตัวอย่างที่ทำการสกัดโดยไม่ใช้เอนไซม์ช่วย (Table 1) พบว่าตัวอย่างที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 60 ขึ้นไป สามารถแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดได้มากกว่าเนื่องจากตัวทำละลายมีจุดเดือดที่ต่ำกว่าน้ำ จากการทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของเอทานอลและการประยุกต์ใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการสกัดสารสำคัญจากหอมหัวใหญ่ พบว่าการสกัดสารสำคัญจากหอมหัวใหญ่โดยใช้ตัวทำ

ละลายเอทานอลที่ความเข้มข้น 0-80 % โดยปริมาตรมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ในช่วง 5.4-7.5 มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ฟลาโวนอยด์ 1.2-2.3 มิลลิกรัมเควอร์เซตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง และค่าการต้านอนุมูลอิสระคิดเป็นค่าการต้านออกซิเดชั่นครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) 697-970 µg/ml ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการสกัดพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.5$) ซึ่งการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร สามารถสกัดสารสำคัญจากหอมหัวใหญ่ได้ปริมาณสูงที่สุด (Figure 2) โดยมีค่าสารประกอบฟีนอลิคเท่ากับ 7.55 มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ฟลาโวนอยด์ 2.33 มิลลิกรัมเควอร์เซตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง และ IC_{50} 697 µg/ml ตามลำดับ

การประยุกต์ใช้เอนไซม์เซลลูเลสช่วยในการสกัดสารสำคัญ พบว่าค่าการต้านอนุมูลอิสระของสารสำคัญที่สกัดโดยใช้เอนไซม์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.5$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยตัวอย่างที่ใช้และไม่ใช้เอนไซม์ช่วยสกัดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค 7.39 และ 7.55 มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (Figure 2-a) มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ 2.31 และ 2.33 มิลลิกรัมเควอร์เซตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (Figure 2-b) ค่าการต้านออกซิเดชั่นครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) ในตัวอย่างที่มีการใช้เอนไซม์ช่วยสกัด 560-672 µg/ml มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม (697-972 µg/ml) (Figure 2-c) ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 และใช้เอนไซม์เซลลูเลส มีปริมาณและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เนื่องมาจากสารสำคัญในหอมหัวใหญ่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้วเล็กน้อย และเอนไซม์เซลลูเลสมีส่วนช่วยในการทำลายผนังเซลล์ของหอมหัวใหญ่ ทำให้สามารถปลดปล่อยสารสำคัญออกมาได้มากกว่าปกติ ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Abdennacer และคณะ (2015) และ Nagendra และคณะ (2013) ที่ศึกษาการใช้เอนไซม์ช่วยสกัดในขิงและใบกระวาน ซึ่งพบว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลสช่วยในการสกัดมีผลทำให้สารสกัดที่ได้มีปริมาณสารสำคัญสูงกว่าสารสกัดที่ไม่ได้ใช้เอนไซม์

สรุปผล

การศึกษาการใช้เอนไซม์เซลลูเลสช่วยสกัดในการสกัด ความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการสกัดหอมหัวใหญ่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ฟลาโวนอยด์ และค่าการต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) โดยความเข้มข้นของเอทานอลร้อยละ 80 โดยปริมาตร เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการสกัด ในขณะที่การใช้เอนไซม์เซลลูเลสไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิคและฟลาโวนอยด์ แต่มีผลต่อค่าการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารอ้างอิง

แสงแดด, 2548, ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน. กรุงเทพฯ. แสงแดด. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.adirek.com/stwork/fruitvet/hom.htm, [8 พฤศจิกายน 2559]

Abdennacer B., Imed H., Lamia H., Feiza M., Ines B. A., Herve C., and Karim H., 2015, Enzyme-assisted extraction of bioactive compounda from bay leaves, Industrial Crops and Products, 74: 485-493.

Casagrande F., and Darbon J.M., 2001, Effects of structurally related flavonoids on cell cycle progression of human melanoma cells: regulation of cyclin-dependent kinases CDK2 and CDK1, Biochemical Pharmacology, 61: 1205–1215.

Chari, K.L.N., Manasa, D., Srinivas, P., andn Sowbhagya, H.B., 2013, Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from ginger (Zingiber officinale Rosco), Food Chemistry, 139: 509–514.

Landbo, A.K., and Mayer, A., 2001. Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenols from black current juice press residues (Ribes nigrum), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 3169–3177.

Li, B.B., Smith, B., and Hossain, M., 2006, Extraction of phenolics from citrus peel II, enzyme-assisted extraction method, Separation and Purification Technology, 48: 189–196.

Maisuthisakul, P., Suttajit, M., and Pongsawatmanit, R., 2007, Assessment of Phenolic content and free radical scavenging capacity of some Thai indigenous plants, Food Chemistry, 100: 1409-1418.

Nagendra K.L., Manasa D., Srinivas P., and Sowbhagya H.B., 2013, Enzyme-assisted extraction of bioactive compounda from ginger, Food Chemistry, 139: 509-514.

Wong, Y.J., and Chye, Y.F., 2009, Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms, Journal of Food Composition and Analysis, 22: 269–277.

Ramasamy, U.R., Lips, S., Bakker, R., Gruppen, H., and Kabel, M.A., 2014, Improved starch recovery from potatoes by enzymes and reduced water holding of the residual fibres, Carbohydrate Polymers, 113: 256–263.

Ross J.A., and Kasum C.M., 2002, Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects and safety, Annual Review of Nutrition, 22: 19-34.

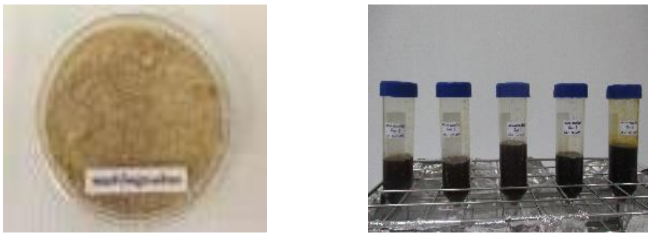
Sowbhagya, H.B., Purnima, K.T., Florence, S.P., Rao, A.G.A., and Srinivas, P., 2009. Evaluation of enzyme-assisted extraction on quality of garlic volatile oil, Food Chemistry, 113: 1234–1238.

Vergara-Barberán, M., Lerma-Garca, M.J., Herrero-MartÍnez, J.M., and Sim-Alfonso,E.F., 2015, Use of an enzyme-assisted method to improve protein extraction from olive leaves, Food Chemistry, 169: 28–33.

Zuorro, A., Fidaleo, M., and Lavecchia, R., 2011. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste, Enzyme and Microbial Technology, 49: 567–57.

Table 1 % Yields of onion extracts

Extract treatment	Ethanol concentration (% v/v)	Replicate			
		1	2	3	average
with enzyme	0	9.7703	10.1270	10.3892	10.0955
	20	11.2414	10.3870	10.4336	10.6873
	40	11.7548	10.7870	10.6847	11.0755
	60	10.3903	10.4003	10.5336	10.4414
	80	10.0614	9.4803	10.1425	9.8947
without enzyme	0	9.3937	10.2714	10.4536	10.0396
	20	11.3604	10.7714	11.1270	11.0862
	40	14.6092	12.0447	12.8336	13.1625
	60	10.2248	9.7981	9.5692	9.8640
	80	9.2715	9.6336	9.8914	9.5988



a) b)

Figure 1 (a) Dried onion and (b) onion extracts

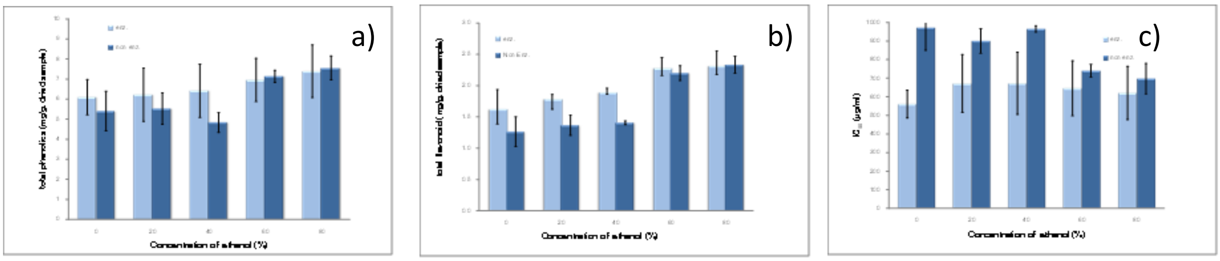


Figure 2 Bioactive compounds of onion extracted by ethanol with/without enzyme (a) total phenolics (b) total flavonoid and (c) 50% Inhibitory concentration (IC50)

ผลของกลูโคสและฟรักโทสต่อสมบัติด้านความหนืดของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

Effect of Glucose and Fructose on Pasting Properties of RD6 Glutinous Rice

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1] และ สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล[2]

Apintanapong, M.[1] and Chantaratheptimakul, S.[2]

Abstract

Glucose and fructose (0, 33, 67 and 100% by dry weight of flour) were added to RD6 glutinous rice flour and the pasting properties were investigated by Rapid Visco Analyzer. Results showed that glucose and fructose delayed gelatinization. An increase in gelatinization temperature and time was occurred with sugar added samples, especially for glucose added solution. Increasing in concentration of glucose and fructose caused an increase in peak, trough and final viscosity and fructose gave higher viscosity at same concentration. Moreover, no sugar added and 100% fructose solutions gave high disintegration rate, while 33-67% glucose and fructose solutions gave lower rates. However, retrogradation rates of all samples were not different significantly ($P>0.05$). Correlation analysis showed that glucose and fructose concentrations positively correlated with gelatinization time, peak viscosity, trough, final viscosity and setback with Pearson correlation coefficients equal to 0.454, 0.685, 0.844, 0.880, and 0.566, respectively ($P\leq0.05$).

Keywords: RD6 glutinous rice, pasting properties, glucose, fructose

บทคัดย่อ

เติม กลูโคส และฟรักโทส (0, 33, 67 และ 100% โดยน้ำหนักแห้งของแป้งฟลาวร์) ลงในแป้งฟลาวร์ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และนำมาวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer พบว่า กลูโคสและฟรักโทสทำให้การเกิด gelatinization ช้าลง โดยพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ gelatinization temperature และ time ในตัวอย่างที่เติมน้ำตาล โดยเฉพาะตัวอย่างที่เติมกลูโคส การเพิ่มความเข้มข้นของกลูโคสและฟรักโทสทำให้เกิดการเพิ่มของค่า peak, trough และ final viscosity และฟรักโทสให้ค่าความหนืดที่มากกว่ากลูโคส นอกจากนี้ตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลและตัวอย่างที่เติมฟรักโทส 100% มีค่า disintegration rate สูง ในขณะที่ตัวอย่างที่มีกลูโคสและฟรักโทส 33-67% ให้ค่าต่ำกว่า อย่างไรก็ตามค่า retrogradation rate ของทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) จากการทำ Correlation analysis แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของกลูโคสและฟรักโทสมีความสัมพันธ์กับค่า gelatinization time, peak viscosity, trough, final viscosity และ setback โดยมีค่า Pearson correlation coefficients เท่ากับ 0.454, 0.685, 0.844, 0.880 และ 0.566 ตามลำดับ ($P\leq0.05$)

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 สมบัติด้านความหนืด กลูโคส ฟรักโทส

Introduction

RD6 cultivar of glutinous rice, widely grown in Northern and Northeastern Thailand, is a kind of rice which is classified as very low amylose content. Glutinous or sticky rice is not only consumed as main dish, but also modified in different forms to make various kinds of food products such as dessert, snack and topping (Wiset et al., 2011). Generally, the ingredients, such as emulsifiers, fats and oils, sugars, salts, protein, fibers, vitamins and minerals are frequently added into starch formulations in order to change the final product's physical,

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

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

[2] สาขาเทคโนโลยีและการจัดการความปลอดภัยของอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพฯ 10210

[2] Department of Food Safety Technology and Management, School of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep, 2 Nanlinji Rd., Tungmahamek, Sathorn, Bangkok 10210

sensory, and nutritional properties (Ortiz et al., 2010), and the physicochemical properties of starch-based food often change by addition of these ingredients during food processing and storage (Chen et al., 2014).

The effect of sugars on cereal flours has been investigated by many researchers. Chen et al. (2014) found that an increase in pasting temperature, peak viscosity, final viscosity, breakdown value, and gel hardness were obtained in flaxseed polysaccharide potato starch complexes with sugar added. Sun et al. (2014) observed that increasing concentration of syrup caused an increase in peak, trough and final viscosity of corn starch and resulted in a lower retrogradation rate. Peak viscosity and the disintegration rate of starch increased in the following order: fructose syrup > maltose syrup > glucose syrup. However, in different starches, the changes of pasting properties are contradictory. Perry and Donald (2002) found that the peak viscosity and breakdown viscosity of cassava starch decreased with increase in the sugar concentration, but peak viscosity and breakdown point of wheat and potato starches increased as the concentration of sucrose, glucose, and glycerol increased (Gunaratne et al., 2007). Therefore, to obtain more understanding on pasting characteristics of Thai glutinous rice, the purpose of this study was to investigate the influence of glucose and fructose on pasting properties of RD6 glutinous rice flour.

Materials and methods

Raw materials: Milled RD6 glutinous rice from Chiang Rai was purchased. Glutinous rice flour was prepared by grinding and sieving through a 120-mesh sieve. Chemical composition analysis was done, RD6 glutinous rice flour has 6.79±0.09% of protein, 0.36±0.01% of fat, 4.91±0.02% of amylose, 0.45±0.03% of ash and 8.86±1.15% of moisture content. Glutinous rice flour was mixed with glucose and fructose at concentration of 0, 33, 67 and 100% by dry weight of flour and then used to determine pasting properties.

Pasting properties: Pasting properties of glutinous rice flour was determined using a Rapid Visco Analyzer, RVA (Newport Scientific, model Super 3). A plot of the pasting viscosity (cP) versus time was used to determine pasting temperature, peak time, peak viscosity, trough, final viscosity, breakdown and setback. The disintegration and retrogradation rates were calculated from the ratio of breakdown value to peak viscosity and the ratio of setback to peak viscosity, respectively (Sun et al., 2014).

Statistical analysis: Analysis of variance (ANOVA) was done and significant calculated mean values were compared using Duncan’s multiple range test at P= 0.05 level of significance. The correlation analyses were done to correlate amount of sugar added with pasting parameters from RVA measurements.

Results and Discussion

Pasting results of RD6 glutinous rice flour with different concentrations of glucose and fructose were presented (Table 1). As shown, pasting temperature and peak time of glutinous rice flour with sugar added increased significantly. Glucose and fructose delayed gelatinization and glucose gave higher pasting temperature. Similar results were reported by Sharma et al. (2009) and Sun et al. (2014). Chen et al. (2014) described that this result might be attributed to the hydration of the sugar, which leads to less free water for the hydration of starch and inhibition of starch swelling.

Increasing in concentration of glucose and fructose caused an increase in peak, trough and final viscosity and fructose gave higher viscosity at same concentration. These changes in viscosity might be interpreted as a crosslinking between the sugar molecules and the starch chain (Sudhakar et al., 1995) that enhanced peak viscosity and final viscosity. By contrast, for breakdown and setback, the pattern was reversed. When sugar was added to glutinous rice flour, lowering of breakdown was occurred. However, increasing in concentration (from 33 to 100%) gave higher breakdown values. For setback, at low concentration of glucose and fructose (33 and 67%), the values were not different significantly with pure

glutinous rice flour ($P>0.05$). In addition, the disintegration and retrogradation rates (Figure 1) were calculated and Sun et al. (2014) explained that disintegration rate showed the disintegration speed of starch paste, while retrogradation rate was defined to indicate how quickly a short-term retrogradation (Sun et al., 2014). In this experiment, for 33-67% glucose and fructose solutions, disintegration rate decreased 5.5-8.6%, in comparison with pure glutinous rice flour. No sugar added and 100% fructose solutions gave higher disintegration rates. The retrogradation rates of all samples were not different significantly ($P> 0.5$). By contrast, Sun et al. (2014) found that disintegration rate of corn starch mixed with syrup increased. When the concentration of syrup was low, the retrogradation rate of starch showed little change. In addition, increasing syrup concentration resulted in a lower retrogradation rate than the pure corn starch. Correlation analysis (Table 2) showed that amount of sugar (glucose and fructose) positively correlated with peak time, peak viscosity, trough, final viscosity and setback with Pearson correlation coefficients equal to 0.454, 0.685, 0.844, 0.880, and 0.566, respectively ($P\leq 0.5$). Disintegration rate positively correlated with both breakdown and setback, whereas retrogradation rate positively correlated with only setback value.

Summary

The competition between sugar and starch, through association with available water molecules, led to a significant increase in pasting temperature. The peak viscosity, trough and final viscosity of RD6 glutinous rice flour in different concentration of glucose and fructose increased and peak viscosity increased in the following order: fructose > glucose. Disintegration rate decreased at 33-67% glucose and fructose, while the retrogradation rate showed no change for both glucose and fructose.

Acknowledgements

The authors are grateful to Ms. Orawan Soonthornsajaboon and Mr. Waroot Boonchan for providing them with original experimental data.

Literature Cited

Chen, H.H., Wang, Y.S., Leng, Y., Zhao, Y., and Zhao, X., 2014, Effect of NaCl and sugar on physicochemical properties of flaxseed polysaccharide-potato starch complexes, Science Asia, 40: 60-68.

Gunaratne, A., Ranaweera, S., and Corke, H., 2007, Thermal, pasting, and gelling properties of wheat and potato starches in the presence of sucrose, glucose, glycerol, and hydroxypropyl beta-cyclodextrin, Carbohydrate Polymers, 70: 112–122.

Ortiz, J.A.R., Carvalho, C.W.P. de, Ascheri, D.P.R., Ascheri, J.L.R., and Andrade, C.T. de., 2010, Effect of sugar and water contents on non-expanded cassava flour extrudates, Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas, 30(1): 205-212.

Perry, P.A., and Donald, A.M., 2002, The effect of sugars on the gelatinisation of starch, Carbohydrate Polymers, 49: 155–165.

Sharma, R., Oberoi, D.P.S., and Gill, B.S., 2009, Effect of sugar and gums on the pasting properties of cassava starch, Journal of Food Processing and Preservation, 33: 401–414.

Sudhakar, V., Singhal, R.S., and Kulkarni, P.R., 1995, Effect of sucrose on starch-hydrocolloid interactions, Food Chemistry, 52: 281–284.

Sun, Q., Xing, Y., Qiu, C., and Xiong, L., 2014, The pasting and gel textural properties of corn starch in glucose, fructose and maltose Syrup, PLoS ONE, 9(4): e95862. doi:10.1371/journal.pone.0095862.

Wiset, L., Laoprasert, P., Borompichaichartkul, C., Poomsa-ad, N., and Tulyathan, V., 2011, Effects of in-bin aeration storage on physicochemical properties and quality of glutinous rice cultivar RD 6, Australian Journal of Crop Science, 5(6):635-640.

Table 1 Pasting properties of RD6 glutinous rice flour from RVA measurement at different concentration of sugar added (glucose and fructose).

% sugar by dry weight of flour	pasting temperature (°C)	peak time (min)	peak viscosity (cP)	trough (cP)	final viscosity (cP)	breakdown (cP)	setback (cP)
0%	71.78±0.75$_{a}$	4.09±0.04$_{a}$	3288.67±24.21$_{a}$	2060.00±27.52$_{a}$	2712.33±17.90$_{a}$	1228.76±16.50$_{c}$	652.33±32.35$_{a}$
glucose added							
33%	75.15±0.06$_{c}$	4.62±0.06$_{bc}$	3256.25±93.04$_{a}$	2239.50±43.97$_{b}$	2844.75±44.05$_{b}$	1016.75±74.16$_{ab}$	605.25±33.63$_{a}$
67%	75.54±0.37$_{c}$	4.72±0.10$_{c}$	3484.75±58.86$_{b}$	2374.25±43.85$_{cd}$	3022.00±20.93$_{d}$	1110.50±87.92$_{b}$	647.75±62.86$_{a}$
100%	75.94±0.05$_{c}$	4.63±0.04$_{c}$	3688.25±53.82$_{c}$	2441.50±48.74$_{d}$	3119.25±25.73$_{e}$	1246.75±49.30$_{c}$	677.75±34.80$_{ab}$
fructose added							
33%	73.89±0.02$_{b}$	4.70±0.05$_{c}$	3247.50±3.54$_{a}$	2315.00±28.28$_{c}$	2959.50±16.26$_{c}$	932.50±24.75$_{a}$	644.50±44.55$_{a}$
67%	74.25±0.07$_{b}$	4.70±0.05$_{c}$	3519.00±98.99$_{b}$	2424.50±21.92$_{d}$	3106.00±33.94$_{e}$	1094.50±77.07$_{b}$	681.50±12.02$_{ab}$
100%	74.32±1.10$_{b}$	4.50±0.05$_{b}$	3991.50±16.26$_{d}$	2596.50±28.99$_{e}$	3342.00±0.00$_{f}$	1395.00±12.73$_{d}$	745.50±28.99$_{b}$

Each value in the table is the average of three replicates (mean ± standard deviation).
$^{a,b,c,...}$Values with different letter in same column were different significantly. ($p \leq 0.05$).

Table 2 Pearson correlation coefficients between amount of sugar and pasting parameters.

	amount of sugar	pasting temperature	peak time	peak viscosity	trough	final viscosity	breakdown	setback	disintegration rate	retrogradation rate
amount of sugar	1	.240	.454*	.685**	.844**	.880**	.237	.566**	-.252	-.046
pasting temperature		1	.821**	.329	.620**	.494*	-.121	-.124	-.476*	-.550**
peak time			1	.125	.626**	.481*	-.474*	-.188	-.838**	-.403
peak viscosity				1	.828**	.899**	.789**	.680**	.322	-.258
Trough					1	.966**	.309	.397	-.263	-.436*
final viscosity						1	.467*	.622**	-.085	-.222
Breakdown							1	.719**	.836**	.041
Setback								1	.493*	.532*
disintegration rate									1	.284
retrogradation rate										1

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

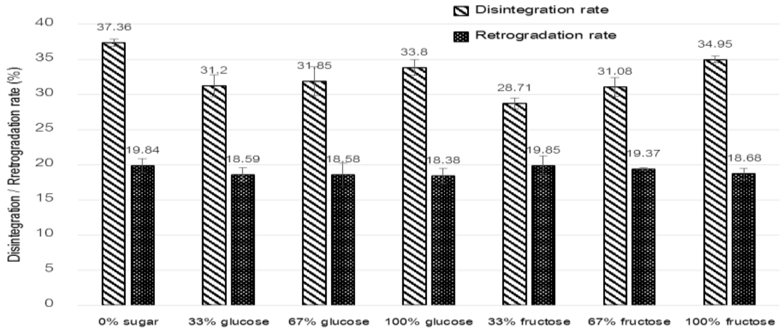


Figure 1 Disintegration and retrogradation rates of glutinous rice flour with different sugar concentrations.

สารหอมระเหยของสารสกัดดอกดาหลาด้วยเทคนิค SPME Gas Chromatography Mass Spectrometry
Volatile Compounds of *Etlingera elatior* Extracts by SPME Gas Chromatography Mass Spectrometry

รัชฎาภรณ์ คะประสบ[1] ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1,2] ณัติฐพล ไข่แสงศรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Kaprasob, R.[1], Rungruang, R.[1], Kaisangsri, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Etlingera elatior extracts were obtained by 95% ethanol extraction (EtOH), simultaneous distillation extraction (SDE), and supercritical fluid extraction (SFE). Volatile compounds of *E. elatior* extracts were identified by gas chromatography-mass spectrophotometry (GC-MS). Results showed that volatile compounds of *E. elatior* extracted with 95% ethanol were the highest abundant of 14 compounds, which its major compounds were dodecanal (376.42×10^7), α-humulene, decanal, β-cayophyllene and α-pinene. The SDE extract of *E. elatior* was fallowed after ethanolic extracted which volatiles consisted of 12 components including α-pinene (202.62×10^7), β-cayophyllene, α-humulene, D-limonene, and terpinolene. Meanwhile, *E. elatior* extracts by SFE consisted of 6 compounds and its major compounds were dodecanal (95.02×10^7), α-humulene, β-cayophyllene, and decanal. The volatile compounds of 95% ethanol extracts were similar to that of fresh flower volatiles which their odor descriptions were fatty, woody and sweet.

Keywords: *Etlingera elatior*, volatile compounds, simultaneous distillation extraction (SDE), supercritical fluid extraction (SFE)

บทคัดย่อ

สารสกัดดอกดาหลา (*Etlingera elatior*) ที่สกัดด้วยวิธีแตกต่างกัน 3 วิธี คือ สกัดด้วย 95% เอทานอล สกัดด้วยการกลั่นพร้อมสกัด และสกัดด้วยของเหลวยิ่งยวด นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดโดย gas-chromatography-mass-spectrophotometer (GC-MS) พบองค์ประกอบของสารสกัดดอกดาหลาด้วย 95% เอทานอล มีสารสำคัญมากที่สุด 14 ชนิด สารสำคัญที่พบมาก คือ dodecanal (376.42×10^7), α-humulene, decanal, β-cayophyllene และ α-pinene รองลงมาคือการสกัดด้วยการกลั่นพร้อมสกัด พบสารสำคัญ 12 ชนิด สารสำคัญที่พบมาก คือ α-pinene (202.62×10^7), β-cayophyllene, α-humulene, D-limonene และ terpinolene และการสกัดด้วยของเหลวยิ่งยวด พบสารสำคัญน้อยที่สุด 6 ชนิด ได้แก่ dodecanal (95.02×10^7), α-humulene, β-cayophyllene, และ decanal และการสกัดด้วย 95% เอทานอล มีสารสำคัญเช่นเดียวกับดอกดาหลาสด ซึ่งให้กลิ่นแบบน้ำมัน เนื้อไม้ และหวาน

คำสำคัญ: ดาหลา สารหอมระเหย สกัดด้วยการกลั่นพร้อมสกัด สกัดด้วยของเหลวยิ่งยวด

Introduction

Etlingera elatior is a plant belonging to Zingiberaceae family in which the plant has extensive traditional uses: the young shoots, flower buds or fruits are consumed by indigenous communities raw, as a condiment, or cooked. The inflorescences of this plant are very popular as a spice for food flavoring and medicine and also used as a garden ornamental. Earlier studies have reported that leaves, rhizomes, and inflorescences of this plant possess a number of functional properties including antioxidant activities (Wijekoon *et al*., 2011), antimicrobial activities (Lachumy *et al*., 2010), antitumor promoting activity (Habsah *et al*., 2005), and biologically active volatile constituents (Jaafar *et al*., 2007). The major components identified in the oils of

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
[2] Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University 228-228/1-3 Sirindhorn Rd., Bangbamru, Bangplat, Bangkok 10700

inflorescence of *E. elatior* were dodecanol (42.5%), dodecanal (14.5%), and α-pinene (22.2%) (Zoghbi *et al.*, 2005). Various extraction techniques of essential oils or other bioactive compounds from plant materials most commonly used include conventional techniques. Recently, solvent extraction (ethanol), simultaneous distillation extraction (SDE), and supercritical fluid extraction (SFE) have gained increasing interest during the last three decades. Selection of a suitable extraction technique is also important for the standardization of herbal products. The objective of this study was to investigate the effect of various extraction methods (95% ethanol extraction (EtOH), simultaneous distillation extraction (SDE), and supercritical fluid extraction (SFE)) on volatile compounds of *Etlingera elatior* extracts by SPME Gas Chromatography Mass Spectrometry.

Materials and Methods

Fresh *Etlingera elatior* was washed with water, dried and then cut into small pieces (approximately 1×1 cm.). For solvent extraction, 100 g of plant material was mixed with 500 mL of 95% ethanol (EtOH) (1:5 %w/v) in 1000 mL Erlenmeyer flask, covered with aluminium foil and sealed with parafilm at room temperature for 24 h in a shaker. Extracts were then filtered under suction by using Whatman No. 1 filter paper. For Simultaneous Distillation-Extraction (SDE) (Likens and Nickerson, 1964), 300 g of plant material was transferred to 5000 mL round bottom flask mixed with 700-800 mL of distilled water. The SDE was performed for 24 h at 100°C. As the extraction solvent, 100 mL of hexane was used. For Supercritical Fluid Extraction (SFE) (Kotnik *et al.*, 2007), 20 g of plant material was used for the SFE. The solvent used for the extraction was carbon dioxide (CO_2) and ethanol was used as a co-solvent. A temperature (50°C) and pressure (200 bar) combination was set. The flow rate of CO_2 was 5 mL/min and was maintained constant during extraction (60 min). The EtOH and SDE liquid extracts were collected into a flask to evaporate the solvent using a rotary evaporator at 250 bar 45°C. The oil extract samples were kept in brown bottle at 4°C. Volatile flavor compounds of each *Etlingera elatior* extracts and fresh *Etlingera elatior* were analyzed using solid–phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry (SPME-GC-MS). Five milliliters of extract samples and 1 g of fresh *Etlingera elatior* were prepared in a 20 mL vial. Volatile compounds were separated using a HP-5 non polar capillary column (30 m × 0.25 mm, 0.25 µm film thickness). The injector was operated in splitless mode. Temperature of the injection port was 240°C. The oven temperature was increased from 50°C to 240°C at rate 5°C/min, and held at 240°C for 3 min. Helium was used as the carrier gas at a flow rate of 1 mL/min. The electron impact ionization was used at 70 eV. The compounds were identified by first comparing their mass spectrum with those in Wiley 275 and the NIST library at percentage of quality match over 85%, and compared with previously published literature, followed by retention index (RI) values of samples, which were obtained from alkane standards (C_8-C_{20}).

Results and Discussion

The highest abundant of 14 compounds in *E. elatior* extracted with 95% ethanol were dodecanal (376.42×10^{7}), α-humulene, decanal, β-cayophyllene, and α-pinene (Table 1). Their odor descriptions of ethanolic extracted were fatty, woody and sweet. The SDE extract of *E. elatior* was fallowed after ethanolic extracted which voloatiles consisted of 12 components including α-pinene (202.62×10^{7}), β-cayophyllene, α-humulene, D-limonene, and terpinolene (Table 1). Their odor descriptions were sweet, fresh, and woody. Monoterpenes hydrocarbons and sesquiterpene hydrocarbon were the major type of compounds in *E. elatior* extracted with 95% ethanol and SDE. According with results of Zoghbi and Andrade (2005), dodecanol, dedecanal, and α-pinene were the major component in the volatiles of the inflorescences of *E. elatior*. Meanwhile, *E. elatior* extracts by SFE consisted of 6 compounds and its major compounds were dodecanal (95.02×10^{7}), α-humulene, β-cayophyllene, and decanal (Table 1). Their odor descriptions of SFE extract were

fatty, woody and sweet. The result was in agreement with ethanolic extracted probably due to SFE method using ethanol as a co-solvent. Sesquiterpene hydrocarbon dominated the compounds of SFE *E. elatior* extract (Zoghbi *et al*., 2005; Wijekoon *et al*., 2011). The volatile compounds of 95% ethanol extracts were similar to that of fresh flower volatiles which their odor descriptions were fatty, woody and sweet. Thirteen volatile compounds were found in fresh flower of *E. elatior*. The major volatile compounds of fresh flower were dodecanal (140.68×10^7), α-pinene, α-humulene, β-cayophyllene, and decanal (Table 1). Moreover, this study indicated that solvent extraction could be increased 3 times in peak area of dodecanal, α-humulene, decanal, and β-cayophyllene. The p-cymene found in solvent extraction which is not found in other extraction methods and fresh flower. The chromatrogram of volatile compounds from *Etlingera elatior* extracts and fresh flower shown Figure 1. The mono- and sesquiterpenes hydrocarbons dominated as major compounds in *E. elatior* extracts which were similar to the finding by Zoghbi *et al*. (2005).

Summary

Volatile compounds of *E. elatior* extracted with 95% ethanol were the highest abundant of 14 compounds, which its major compounds were dodecanal, α-humulene, decanal, β-cayophyllene and α-pinene with their odor descriptions were fatty, woody and sweet.

Acknowledgements

This research was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission.

Literature cited

Habsah, M., Ali, A.M., Lajis, N.H., Sukari, M.A., Yap, Y.H., Kikuzaki, H. and Nakatani, N., 2005, Antitumour-promoting and Cytotoxic Constituents of *Etlingera elatior*, The Malaysian journal of medical sciences: MJMS, 12(1), p.6.

Jaafar, F.M., Osman, C.P., Ismail, N.H. and Awang, K., 2007, Analysis of Essential oils of Leaves, Stems, Flowers and Rhizomes of *Etlingera elatior* (Jack) RM Smith, The Malaysian Journal of Analytical Sciences, 11(1): 269-273.

Kotnik, P., Škerget, M. and Knez, Ž., 2007, Supercritical fluid extraction of chamomile flower heads: Comparison with conventional extraction, kinetics and scale-up, The Journal of Supercritical Fluids, 43(2): 192-198.

Lachumy, S.J.T., Sasidharan, S., Sumathy, V. and Zuraini, Z., 2010, Pharmacological Activity, Phytochemical Analysis and Toxicity of Methanol Extract of *Etlingera elatior* (torch ginger) Flowers, Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 3(10): 769-774.

Likens, S.T. and Nickerson, G.B., 1964, Detection of Certain Hop oil Constituents in Brewing Products, Process American Society Brewery Chemistry, 157 p.

Wijekoon, M.J.O., Bhat, R. and Karim, A.A., 2011, Effect of Extraction Solvents on the Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of bunga kantan (*Etlingera elatior* Jack.) Inflorescence, Journal of Food Composition and Analysis, 24(4): 615-619.

Zoghbi, M.D.G. and Andrade, E.H., 2005, Volatiles of the *Etlingera elatior* (Jack) RM Sm. and Zingiber spectabile Griff.: two Zingiberaceae cultivated in the Amazon, Journal of Essential Oil Research, 17(2): 209-211.

Table 1 Volatile compounds of *Etlingera elatioe* Extracts.

Volatile compounds	RI*	Peak area (10^7) % relative peak area				Ordor description**
		EtOH	SDE	SFE	Fresh flower	
α-Pinene	939	30.88 (4.76)	202.62 (34.55)	-	87.84 (24.76)	Fresh, sweet, pine, earthy, woody
Camphene	953	2.74 (0.42)	20.79 (3.55)	-	6.67 (1.88)	Woody, herbal, fir needle
β-Pinene	981	3.32 (0.51)	16.57 (2.83)	-	6.33 (1.78)	Dry woody, pine, hay, green
α-Terpinene	1012	-	2.39 (0.41)	-	6.47 (1.82)	Woody, lemon, herbal, citrus
p-cymene	1027	0.95 (0.15)	-	-	-	Fresh, citrus, woody, spice
D-Limonene	1033	1.89 (0.29)	56.25 (9.59)	-	10.91 (3.08)	Fresh, woody, sweet, pine, citrus
β-Ocimene	1041	0.97 (0.15)	11.32 (1.93)	-	-	Tropical, green, terpy and woody
Terpinolene	1075	1.72 (0.27)	41.59 (7.09)	-	12.43 (3.50)	Fresh, woody, sweet, pine, citrus
Decanal	1209	50.63 (7.81)	1.83 (0.31)	8.58 (6.21)	17.48 (4.93)	Sweet, waxy, citrus, floral
Dodecanal	1409	376.42 (58.04)	-	95.02 (68.78)	140.68 (39.65)	Earthy, waxy, fatty, coconut like
β-Caryophyllene	1412	48.61 (7.50)	110.55 (18.85)	9.19 (6.65)	17.76 (5.01)	Sweet, woody, spice, clove
β-Farnesene	1445	6.54 (1.01)	19.21 (3.28)	5.05 (3.66)	11.12 (3.13)	Woody, citrus, sweet
α-Humulene	1467	75.76 (11.68)	87.88 (14.99)	16.87 (12.21)	21.11 (5.95)	Woody
α-Farnesene	1500	24.52 (3.78)	15.44 (2.67)	3.44 (2.49)	11.05 (3.11)	Woody, citrus, sweet
Tetradecanol	1675	23.56 (3.63)	-	-	4.91 (1.38)	Fruity, waxy, orris, coconut like

* Retention time calculated

** http://www.odour.org.uk/ , http://www.flavornet.org/flavornet.html

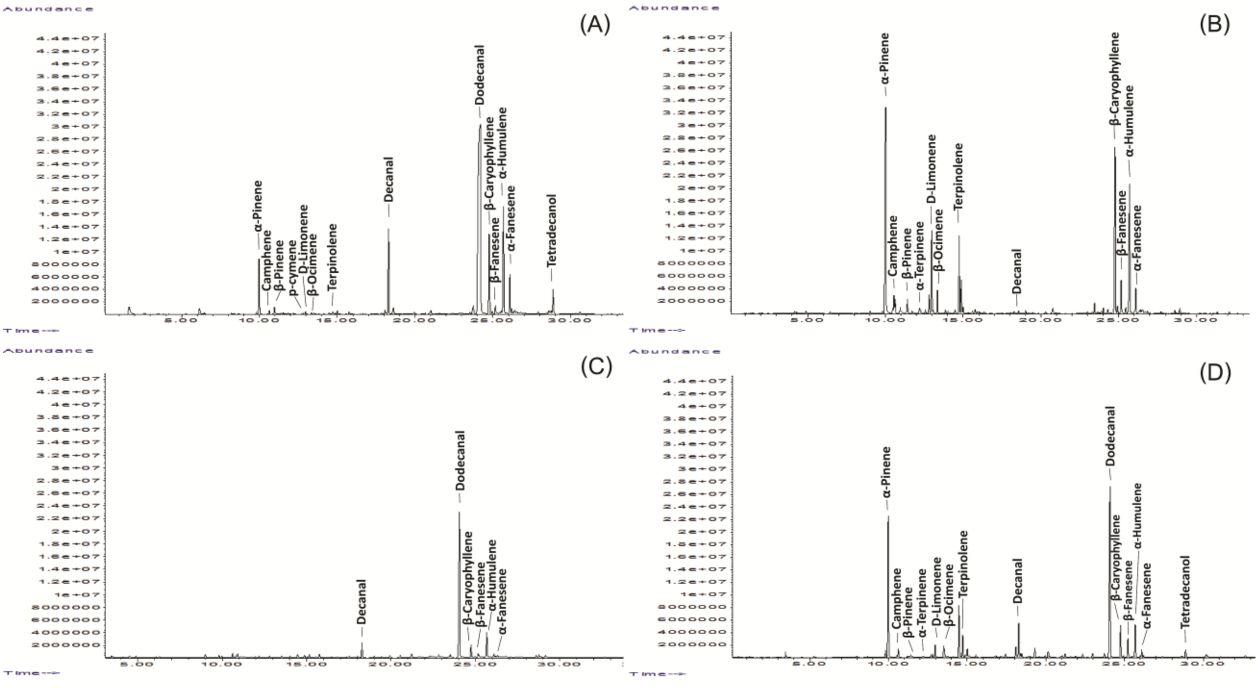


Figure 1 Chromatogram of volatile compounds from *Etlingera elatioe* Extracts by (A) EtOH, (B) SDE, (C) SFE and (D) fresh flower.

การยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งปอด (Chago-K1) ด้วยสารสกัดเซลล์แขวนลอยหม่อน

Antiproliferation of Human Undifferentiated Lung Carcinoma (Chago-K1) by Cultured Mulberry Cells Extract

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1,2] นภัสสร เพียสุระ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ มาทา[3]

Rungruang, R.[1,2], Peasura, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[3]

Abstract

The objective of this investigation was to monitor the effect of the cultured mulberry cell extract on antiproliferation of Human Undifferentiated Lung Carcinoma (Chago-K1) and Human Lung Fibroblasts (WI-38). Results showed that cultured mulberry cell extracts contained high total phenolics content (335.55 mg GAE/100 gDW) and resveratrol (12069.14 µg /100 gDW) which exhibited antioxidant activity evaluated by DPPH (169.90 µg TE/100 gDW) and ABTS (206.13 µg TE/100 gDW) radical scavenging activities. However, cultured mulberry cells extract (5 mg/mL) resulted in antiproliferation of Chago-K1 and WI-38 which their cell survivals were 31.00% and 13.00%, respectively.

Keywords: mulberry cell extract, resveratrol, cytotoxicity, lung

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดเซลล์หม่อนต่อเซลล์มะเร็ง (Chago-K1) และเซลล์ปกติ (WI-38) ของปอด ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดเซลล์แขวนลอยหม่อนมีปริมาณฟีนอลิก ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับ ABTS และปริมาณเรสเวอราทรอล เท่ากับ 335.55 mg GAE/100 gDW, 169.90 µg TE/100 gDW, 206.13 µg TE/100 gDW และ 12069.14 (µg /100 gDW) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำสารสกัดเซลล์แขวนลอยหม่อนมาทดสอบกับเซลล์ Chago-K1 กับ WI-38 พบว่าสารสกัดเซลล์แขวนลอยหม่อนที่ความเข้มข้น 5 mg/mL ยับยั้งการเจริญของเซลล์ Chago-K1 และ WI-38 โดยมีร้อยละการรอดชีวิตของเซลล์เท่ากับร้อยละ 31.00 และ 13.00 ตามลำดับ

คำสำคัญ: สารสกัดเซลล์แขวนลอยหม่อน เรสเวอราทรอล ความเป็นพิษต่อเซลล์ ปอด

Introduction

Plant cell suspension culture techniques have gained popularity. These techniques can result in increased phenolic content and consistent quality. Mulberry is a rich source of phenolic compounds including gallic acid, chlorogenic acid, sinapic acid, ferrulic acid (Radojković, et al., 2012) and resveratrol (Zhou, et al., 2013). Resveratrol are considered functional properties which they have several effectiveness including anti-inflammatory, antioxidant (Shankar, et al. 2006) and anticancer such as liver cancer, colon cancer and stomach cancer (Tameda, et al., 2014). Resveratrol could induce apoptosis in etoposide-resistant cancer cells that is caused by activation of adenosine 5′ monophosphate (AMP)-activated protein kinase with a corresponding production of reactive oxygen species (ROS). The ROS mediates the release of cytochrome C from mitochondria, which in turn leads to caspase activation and apoptosis (Hwang, et al., 2007). Therefore, in this study, we investigated the effects of different concentrations of cultured mulberry cell extracts of suspension cultured mulberry cells on antiproliferation of human undifferentiated lung carcinoma (Chago-K1) and human lung fibroblasts (WI-38).

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล ท่าข้าม ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

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

[2] หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700

[2] Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University 228-228/1-3 Sirindhorn Rd., Bangbamru, Bangplat, Bangkok 10700

[3] Department of Plant and Soil Science, Mississippi, State University. P.O Box 9555, MS State, Mississippi, 39762, USA.

Materials and Methods

1. Callus formation

The leaf of mulberry was surface sterilized with ethanol 75% (v/v) for 30 sec, then by NaOCl 8%(v/v) for 5 min and NaOCl 5%(v/v) for 10 min, and finally rinsed three times with sterile distilled water for 5 min. The explants were then cut into 3±1 mm segments and put into Murashige and Skoog culture medium (MS medium; Murashige and Skoog, 1962) containing 20 g/L sucrose, 2 mg/L 1-naphthaleneacetic acid (NAA), 1 mg/L 6-benzylaminopurine (BA) and 0.2 mg/L kinetin. The mulberry was initiated to callus in an incubator for 3-4 weeks at 25±28 ºC with 16 h light. The callus was then subcultured every 3 weeks for 2-3 times.

2. Cell suspension culture

The mulberry cell lines were grown in MS medium at pH 5.7–5.8. The 50 µM methyl jasmonate (MeJA) was added to the MS medium (as mention above) but without agar was used for elicitor in cultured suspension. About 1.25 g callus tissues were transferred from solidified medium into 250 mL conical flasks containing 125 mL of liquid medium. The cultures were incubated on a rotary shaker operated at 110 rpm at 25±1°C.

3. Analysis

Intracellular total phenolic was analyzed with Folin–Ciocalteu reagent method (Slinkard and Singleton., 1977). The antioxidant activity was modified and measured by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging (DPPH) method, which was improved by Brand-William et al., (1995), and 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method by Cai et al. (2004). The trans-resveratrol content was determined by high pressure liquid chromatography (Romero-Perez et al., 2001).

4. *In vitro* cytotoxicity assay

Cytotoxicity assay was performed using MTT (3-(4, 5-dimethylthiazolyl-2)-2,5-diphenyltetrazolium bromide. Briefly, Human Undifferentiated Lung Carcinoma (Chago-K1) and Human Lung Fibroblasts (WI-38) cell lines were seeded onto well plate at a density of 5x103 cells/ well. Then 2 µL of mulberry cell extract (5, 2.5, 1.29, 0.64 and 0.32 mg/mL) were added to each well and incubated at 5% CO2 for 72 h, 0.1 mg/mL, and doxorubicin was used as a positive control. MTT was added to cell supernatant at 10 µL/ well. Cells were incubated for 4 h, then, 10 mL of DMSO was added to dissolve crystals in the well. The formation of formazan was measured by microplate reader at 540 nm.

Results and Discussion

The total phenolic content of the cultured mulberry cell extract (CME) obtained was 335.55 mg GAE/ 100g DW. As determined by DPPH and ABTS assay, the amount of the antioxidant activity in CME was 169.90±5.30 µg TE/100 g DW and 206.52±1.13 µg TE/100 g DW, respectively (Table 1). The effects CME on the viability of human undifferentiated lung carcinoma (Chago-K1) and human lung fibroblasts (WI-38) cell lines are shown Figure 1. The CME at 0.32 mg/mL was not affected on cytotoxic of Chago-K1 and WI-38. The concentration of CME allowed >90% of the cells to remain viable, which was defined as non-cytotoxic (Felice et al., 2009). Moreover, exposure of Chago-K1 and WI-38 to CME inhibited proliferation in a dose dependent manner. The results of the present study revealed significant inhibition of Chago-K1cell growth *in vitvo* by CME treatment due to induction apoptotic cell death (Feng et al., 2016). In accordance with previous studies (Wang et al., 2014; Guo et al., 2013), results of this study showed that the exposure of Chago-K1 cells to doxorubicin significantly induced cellular injuries, including decreases in cell viability, as well as increasess in cell apoptosis. Conversely, a high level of cytotoxicity in WI-38 may indicate that CME damaged or interfered with the cell metabolism (Toledo et al., 2012).

Summary

In this study, CME inhibits the proliferation of Chago-K1 cells significantly. The inhibitory effect of CME on Chago-K1 cell growth provides valuable evidence for identifying CME as a candidate for the treatment of human undifferentiated lung carcinoma cells.

Acknowledgment

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

Literature cited

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

Hwang, J.T., Kwak, D.W., Lin, S.K., Kim, H.M., Kim, Y.M., and Park, O.J., Resveratrol induces apoptosis in chemoresistant cancer cells via modulation of AMPK signaling pathway, Annals of the New York Academy of Sciences, 1095(1): 441-448, 2007.

Murashige, T., and Skoog, F., 1962, A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture, Physiologia Plantarum, 15: 473-497.

Radojković, M.M., Zeković, Z.P., Vidović, S.S., Kočar, D.D., and Mašković, P.Z., 2012, Free radical scavenging activity and total phenolic and flavonoid contents of mulberry (*Morus* spp. L., Moraceae) extracts, Hemijska industrija, 66(4): 547-552.

Romero-Perez, A.I., Lamuela-Raventos, R.M., Andres-Lacueva, C., and Torre-Boronat, M.C., 2001, Method for the quantitative extraction of resveratrol and piceid isomers in grape berry skins: Effect of powdery mildew on the stilbene content, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 210-215.

Shankar, S., Singh, G., and Srivastava, R.K., Chemoprevention by resveratrol: molecular mechanisms and therapeutic potential, Front Biosci,12: 4839-4854, 2006

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

Tameda, M., Sugimoto, K., Shiraki, K., Inagaki, Y., Ogura, S., Kasai, C., Yoneda, M., Okamoto, R., Yamamoto, N., Takei, Y., Ito, M., and Nobori, T., Resveratrol sensitizes HepG2 cells to TRAIL-induced apoptosis, Anticancer Drugs, 25(9): 1028-1034, 2014

Zhou, J., Li, S.X., Wang, W., Guo, X.Y., Lu, X.Y., Yan, X.P., Huang, D., Wei, B.Y., and Cao, L., 2013, Variations in the levels of mulberroside A, oxyresveratrol, and resveratrol in mulberries in different seasons and during growth. The Scientific World Journal.

Felice, C.D., Ciccoli, L., Leoncini, S., Signorini, C., Rossi, M., Vannuccini, L., Guazzi, G., Latini, G., Comporti, M., Valacchi, G. and Hayek, J., 2009, Systemic Oxidative Stress in Classic Rett Syndrome, Free Radical Biology and Medicine, 47(4): 440–448.

Feng, M., Zhong, L. X., Zhan, Z. Y., Huang, Z. H., and Xiong, J. P., 2016, Resveratrol Treatment Inhibits Proliferation of and Induces Apoptosis in Human Colon Cancer Cells: Medical Science Monitor, International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, 22: 1101-1108.

Toledo, C.E.P., Souza, M.A., Fraga, M.R., Ribeiro, L.C., Ferreira, A.P., and Vitral, R.W.F., 2012, Cellular Viability and Nitric Oxide (NO) Production by J774 Macrophages in the Presence of Orthodontic archwires, Journal of Biomedical Science and Engineering, 5: 255–262.

Wang, X., Wang, X.L., Chen, H.L., Wu, D., Chen, J.X., Wang, X.X., Li, R.L., He, J.H., Mo, L., and Cen, X., 2014, Ghrelin Inhibits Doxorubicin Cardiotoxicity by Inhibiting Excessive Autophagy Through AMPK and P38-MAPK. Biochemical Pharmacology, 88: 334-350.

Guo, R., Wu, K., Chen, J., Mo, L., Hua, X., Zheng, D., Chen, P., Chen, G, Xu, W., and Feng, J, 2013, Exogenous Hydrogen Sulfide Protects Against Doxorubicin-Induced Inflammation and Cytotoxicity by Inhibiting p38MAPK/NFKB Pathway in H9c2 Cardiac Cells, Cellular Physiology and Biochemistry,32: 1668-1680.

Table 1 Total phenolic, antioxidant activity and resveratrol of cultured mulberry cell extracts.

Phenolic content (mg GAE/100g DW)	DPPH$^{\bullet}$ (µg TE/100g DW)	ABTS$^{\bullet+}$ (µg TE/100g DW)	Resveratrol content (µg/100g DW)
335.55±0.29	169.90±5.30	206.52±1.13	12069.14±39.91

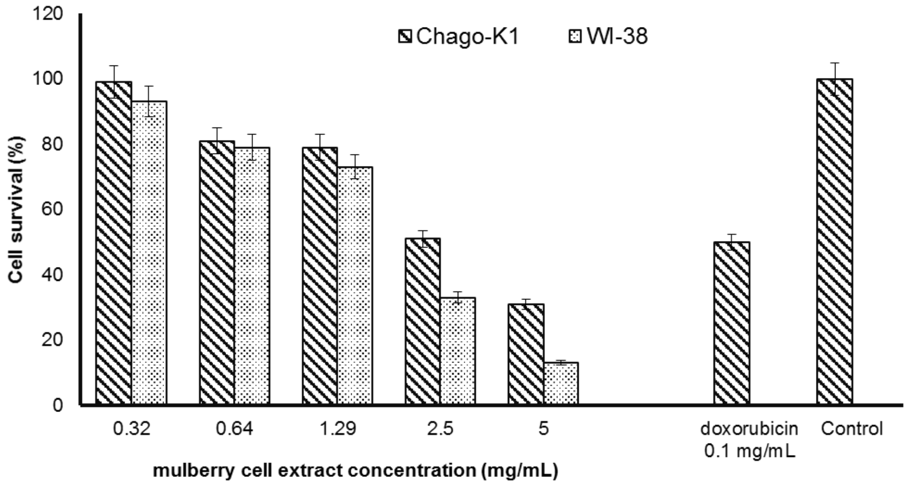


Figure 1 Effect of cultured mulberry cell extracts and doxorubicin on percentage cell survival of Chago-K1 and WI-38.

การศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยหม่อนในสภาพปลอดเชื้อ

Effect of Elicitors in Mulberry Suspension Cell Culture on Resveratrol Content, Total Phenolics, Antioxidant Activity, and Anticancer cell (Hep-G2)

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1,2] ภัสจนันท์ หิรัญ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และแฟรงก์ มาทา[3]

Rungruang, R.[1], Hiran, P.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F. B.[2]

Abstract

The objective of this investigation was to monitor the effect of various concentrations (0, 50, 100, 150, and 200 µM) of methyl jasmonate (MeJA) on total phenolics content (TPC), resveratrol content, and antioxidant activities using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH), and 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) on *Morus alba* cv. Burirum 51 cultured cells. Results showed that dry biomass of cultured cells was lower than the control, but intracellular TPC, intracellular resveratrol and antioxidant activities by DPPH and ABTS increased when cells were treated with 50 µM MeJA (335.55 mg GAE/100 gDW, 12,069.14 µg/100 gDW, 169.91 µg TE/100 gDW and 206.53 µg TE/100 gDW, respectively). However, mulberry cells cultured with 50 µM MeJA resulted in decreased Hep-G2 cancer cell lines.

Keywords: growth, mulberry, cell suspension

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารกระตุ้นเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 µM ต่อปริมาณสารฟีนอลิก การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH)กับ 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) และความสามารถในการยับยั้งเซลล์มะเร็งของเซลล์แขวนลอยหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 51 ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักแห้งของเซลล์แขวนลอยที่ได้รับสารกระตุ้นทุกความเข้มข้นต่ำกว่าชุดควบคุม (control) แต่มีปริมาณสารฟีนอลิก ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับ ABTS และเรสเวอราทรัลเพิ่มขึ้น โดยการใช้เมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 50 µM สามารถเพิ่มปริมาณฟีนอลิก เรสเวอราทรอล และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับ ABTS ภายในเซลล์ ได้เท่ากับ 335.55 mg GAE/100 gDW, 12,069.14 µg/100 gDW, 169.91 µg TE/100 gDW และ 206.53 µg TE/100 gDW ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อนำเซลล์แขวนลอยจากสภาวะการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้เมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 50 µM มาทดสอบกับเซลล์มะเร็ง พบว่า สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็ง Hep-G2 ได้

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต หม่อน เซลล์แขวนลอย

บทนำ

หม่อน หรือ Mulberry มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Morus alba อยู่ในวงศ์ Moraceae เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบ สามารถปลูกได้ทั่วโลก ที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อน และกึ่งร้อน อุดมไปด้วยสารฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Takasugi และคณะ, 1979) และป้องกันโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งลำไส้ หรือมะเร็งตับ (Sale และคณะ., 2005; Jin และคณะ, 2013; Tameda และคณะ, 2014) โดยคุณประโยชน์เหล่านี้ แสดงให้เห็นว่าหม่อนเป็นพืชที่มีความโด่ดเด่นและน่าสนใจในการที่จะนำมาเพิ่มปริมาณสารดังกล่าวด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์พืชในรูปเซลล์แขวนลอยร่วมกับการใช้สารกระตุ้น ปัจจุบันเทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์พืชในรูปเซลล์แขวนลอยได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากสามารถผลิตสารที่ต้องการได้ในปริมาณสูงและมีคุณภาพสม่ำเสมอ เทคนิคนี้สามารถนำส่วนใบ ตายอด ตาข้าง ราก หรือเมล็ดของพืชมาเพาะเลี้ยง

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

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

[2] หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700

[2] Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University 228-228/1-3 Sirindhorn Rd., Bangbamru, Bangplat, Bangkok 10700

[3] Department of Plant and Soil Science, Mississippi, State University. P.O Box 9555, MS State, Mississippi, 39762, USA.

ในอาหารสังเคราะห์สำหรับเพาะเลี้ยงเซลล์เนื้อเยื่อพืชได้ เช่น MS (Murashige และ Skoog,) แล้วเติมฮอร์โมนพืช (plant hormone) หรือสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulators) เพื่อชักนำให้ชิ้นส่วนของพืชพัฒนาเป็นแคลลัส (callus) และนำมาเลี้ยงในรูปเซลล์แขวนลอยเพื่อสร้างสารในกลุ่มฟีนอลิก (Collin, 2001) อย่างไรก็ตามในกระบวนการสร้างสารฟีนอลิกในพืชโดยใช้สารกระตุ้น มีปัจจัยที่ต้องพิจารณาหลายอย่าง เช่น ระยะเวลาในการเติมสารกระตุ้น โดยงานวิจัยของ Zhang และคณะ, 2002 รายงานว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมสารกระตุ้นคือช่วง exponential phase ของ siogmoid growth curve ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยหม่อนที่เพาะเลี้ยงในรูปแบบเซลล์แขวนลอย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเซลล์แขวนลอย

นำแคลลัสหม่อนจำนวน 2.5 กรัม เพาะเลี้ยงลงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม 20 g/L sucrose, 2 mg/L NAA, 1 mg/L BA, และ 0.2 mg/L kinetin (Deshmukh และคณะ, 2011 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงแบบเขย่าที่ความเร็วรอบ 110 rpm อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และให้แสง 16 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุกๆ 3 วัน เป็นระยะเวลา 30 วัน

ศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์ โดยศึกษาในลักษณะของน้ำหนักแห้ง (gram dry weight; gDW)

ศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์ในลักษณะของน้ำหนักแห้ง (gram dry weight; gDW) โดยนำเซลล์แขวนลอยที่เพาะเลี้ยงกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 12–16 ชั่วโมง นำไปใส่ในตู้ดูดความชื้นจนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง ได้น้ำหนักของเซลล์แห้ง สังเกตลักษณะปรากฏในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เตรียมสไลด์สด (wet mount) โดยนำเซลล์พืชที่เพาะเลี้ยงในวันที่ 3 และวันที่ 30 วางบนแผ่นสไลด์แล้วปิดทับด้วยแผ่นกระจกใส (cover slip) นำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศ์กำลังขยาย 40X

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง พบว่า เซลล์แขวนลอยหม่อนที่เพาะเลี้ยงลงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม 20 g/L sucrose, 2 mg/L NAA, 1 mg/L BA, และ 0.2 mg/L kinetin มีการเจริญเติบโตแบบ sigmoid growth curve (Figure 1) ในช่วงแรกวันที่ 3 – 9 ของการเพาะเลี้ยง เซลล์แขวนลอยมีการเจริญเติบโตอย่างช้าๆ สัณฐานวิทยาของเซลล์มีลักษณะกลม บาง และใส (Figure 3A) เซลล์อยู่ในช่วง lag phase ช่วงนี้เป็นช่วงที่เซลล์พืชมีการผลิตหรือสร้างพลังงานสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของเซลล์ Scragg และ Allan (1993) จากนั้นเซลล์แขวนลอยหม่อนมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 9 - 15 ของการเพาะเลี้ยง เป็นช่วง log phase หรือ exponential phase โดย Scragg และ Allan (1993) ได้อธิบายว่าเป็นช่วงที่มีการสังเคราะห์สารต่างๆของเซลล์พืช (biossintetic stage) และมีการเจริญเติบโตอย่างคงที่ในช่วงวันที่ 15 - 18 ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วง linear phase เป็นช่วงที่มีการเพิ่มปริมาณเซลล์ในอัตราคงที่ จนกระทั่งถึงอัตราสูงสุดในกำหนดเวลาหนึ่ง (Serra และคณะ, 2000) มีการเจริญเติบโตสูงสุดในวันที่ 18 เท่ากับ 7.26 g DW/L จากนั้นจะเริ่มลดลงในวันที่ 21 จนถึงวันที่ 30 อยู่ในระยะ progressive phase หรือ deceleration phase ในการเปลี่ยนอาหารควรทำในระยะนี้ เพราะว่าในระยะนี้เซลล์เริ่มลดการแบ่งตัว อาหารเริ่มแห้งและมีการสะสมสารพิษในอาหาร (Smith, 1992) อย่างไรก็ตามการศึกษาลักษณะของเซลล์แขวนลอยหม่อน (Figure 2) พบว่า เซลล์แขวนลอยหม่อนมีการกระจายตัวอยู่ในอาหารเหลวให้สีค่อนข้างเหลือง (yellowish) สอดคล้องกับผลการทดลอง ของ Deshmukh และคณะ (2011) พบว่า เซลล์แขวนลอยที่ได้จากใบหม่อน *Morinda citrifola* L. เลี้ยงในอาหารเหลวให้สีค่อนข้างเหลือง อย่างไรก็ตาม มีการเปลี่ยนแปลงสีในช่วงการเจริญที่แตกต่างกัน โดยในช่วง lag phase (Figure 2A) เซลล์มีสีเหลืองเขียว ในช่วง log phase หรือ exponential phase (Figure 2B) เซลล์เปลี่ยนจากสีเหลืองเขียวเป็นสีน้ำตาลอ่อน และสุดท้าย death phase (Figure 2C) เซลล์แขวนลอยเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม สอดคล้องกับลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์ที่ พบว่าเซลล์มีสีที่เข้มขึ้น (Figure 3B)

สรุปผล

เซลล์แขวนลอยหม่อนเจริญเติบโตแบบ sigmoid growth curve โดยมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 9 - 15 (log phase) มีการเจริญเติบโตอย่างคงที่ในช่วงวันที่ 15 - 18 ซึ่งเป็นช่วง linear phase และมีการเจริญเติบโตสูงสุดในวันที่ 18 มีน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 7.26 g DW/L

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจาปี 2558 ระดับปริญญาโท สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ประจำปี 2558 โครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Deshmukh, S.R., Wadegaonkar, V.P., Bhagat, R.P., and Wadegaonkar, P.A., 2011, Tissue specific expression of Anthraquinones, flavonoids and phenolics in leaf, fruit and root suspension cultures of Indian Mulberry (*Morinda citrifola* L.), Plants omics journal, 4(1): 6-13.

Murashige, T., and Skoog, F., 1962, "A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture", Physiologia Plantarum, Vol. 15, pp.473-497.

Collin, H.A., 2001, "Secondary product formation in plant tissue cultures", Plant Growth Regulation, Vol. 34(1), pp.119-134.

Takasugi, M., Nagao, S., Masamune, T., Shirata, A., and Takahashi, K., 1979, "Structures of moracins E, F, G, and H, new phytoalexins from diseased mulberry" Tetrahedron Letter, Vol. 20, pp.4675–4678.

Sale, S., Tunstall, R.G., Ruparelia, K.C., Potter, G.A., Steward, W.P., and Gescher, A.J., 2005, "Comparison of the effects of the chemopreventive agent resveratrol and its synthetic analog trans 3, 4, 5, 4′-tetramethoxystilbene (DMU-212) on adenoma development in the ApcMin+ mouse and cyclooxygenase-2 in human-derived colon cancer cells", International journal of cancer, Vol. 115(2), pp. 194-201.

Smith, R.M., 1992, "Plant tissue culture: techniques and experiments" San Diego: Academic Press, pp. 171

Scragg, A.H., and Allan, E.J., 1993, "*Picrasma quassioides* bennet (Japanese Quassia Tree): in vitro culture and production of quassin", Biotechnology in agriculture and forestry: medicinal and aromatic plant, Vol. 21, pp. 249-268.

Deshmukh, S.R., Wadegaonkar, V.P., Bhagat, R.P., and Wadegaonkar, P.A., 2011, "Tissue specific expression of Anthraquinones, flavonoids and phenolics in leaf, fruit and root suspension cultures of Indian Mulberry (*Morinda citrifola* L.)", Plants omics journal, Vol. 4(1), pp.6-13.

Serra, A.G.P., Paiva, R., PAIVA, P.D.O., 2000, "Análises bioquímicas de calos formados de explantes foliares de castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa H.B.K.)" Ciência e Agrotecnologia, Lavras, Vol. 24(40), pp.833-840

Tameda, M., Sugimoto, K., Shiraki, K., Inagaki, Y., Ogura, S., Kasai, C., and Ito, M., 2014, "Resveratrol sensitizes HepG2 cells to TRAIL-induced apoptosis", Anti-cancer drugs, Vol. 25(9), pp. 1028-1034.

Jin, Z., Shun-xiang Li, WeiWang, X, G., Xiang, L., Xin, Yan., Dan, H., Bao, W., and L, C., 2013, "Variations in the Levels of Mulberroside A, Oxyresveratrol, and Resveratrol in Mulberries in Different Seasons and during Growth", Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal, Vol. 380692, pp.1-7.

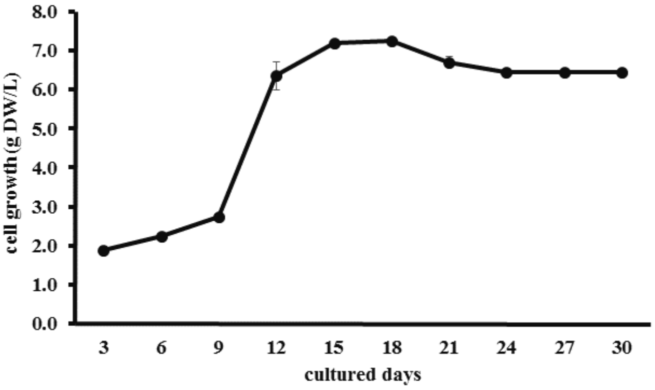


Figure 1 growth curve of mulberry suspension culture cells growth in MS liquids supplement.

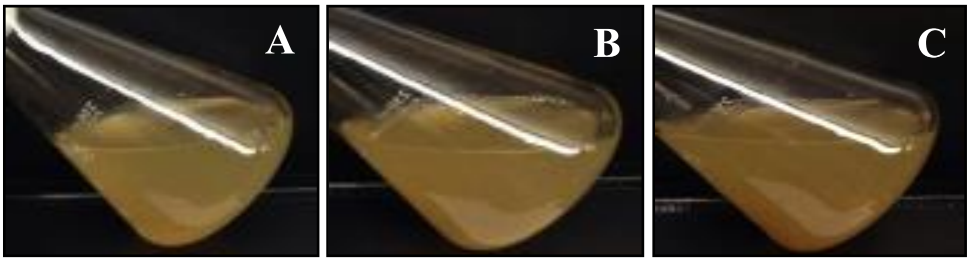


Figure 2 Photographs showing morphology changes of mulberry suspension culture cell (A)Lag phase (B) Log phase and (C) Death phase.

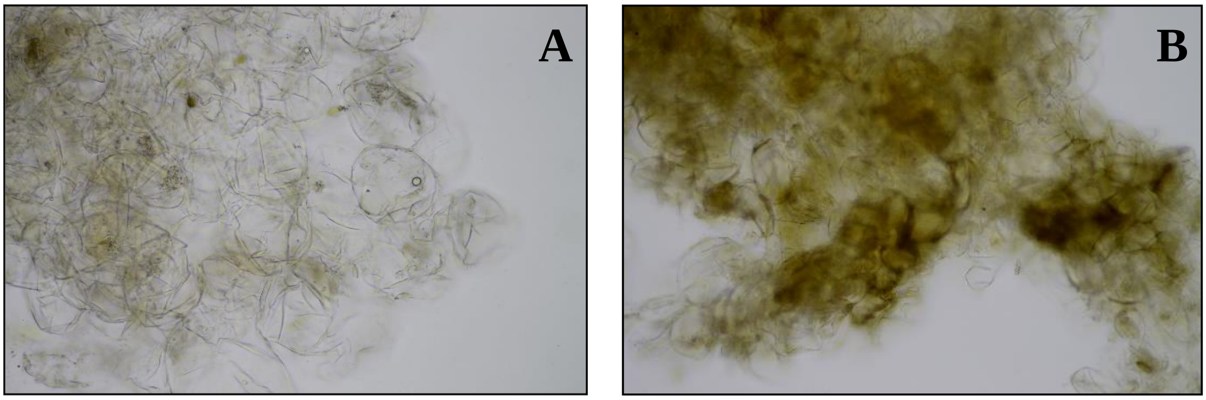


Figure 3 Morphology of mulberry suspension culture cells after 3 days (A) and 30 days (B).

ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพของมะเฟืองกึ่งแห้ง

Effects of Drying Temperature and Final Moisture Content of Product on Quality of Semi-dried Star Fruit

จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์[1] สุพจน์ นัทยาย[1] และ เอกชัย ศรีประทุม[1]

Hongvaleerat, H.[1], Natyai, S.[1] and Sripratum, A.[1]

Abstract

The effects of drying temperature and final moisture content on quality of semi-dried star fruits were investigated. The star fruits were cross-section cut into 1 cm thickness, blanched for 10 min, then immersed in a 55 °Brix sucrose solution at 50 °C for 3 h, and dried at 55, 60 and 65 °C until final moisture contents were 20, 25 and 30%. Results showed that drying temperature and final moisture content of the product significantly affected color, hardness and sensory quality of color, flavor, texture and overall liking. It was found that increase drying temperature resulted in greater values of redness and hardness, but decrease drying time, lightness and yellowness. Increased final moisture content of the product enhanced lightness, but reduced drying time, redness and hardness. The semi-dried star fruit at 60 °C containing 25% final moisture content had the highest overall liking score.

Keywords: semi-dried star fruits, drying temperature, final moisture content

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพของมะเฟืองกึ่งแห้ง โดยตัดมะเฟืองตามขวางให้หนา 1 ซม. ลวกในน้ำเดือด 10 นาที แช่ในสารละลายซูโครส 55 °Brix ที่ 50 °C 3 ชม. อบที่ 55, 60 และ 65 °C จนเหลือความชื้น 20, 25 และ 30% จากนั้นนำมะเฟืองกึ่งแห้งมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัส พบว่า อุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีผลต่อเวลาในการอบ ค่าสี ค่าความแข็งและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนเวลาในการอบและค่าความสว่างลดลง และเมื่อความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนเวลาในการอบ ค่าความเป็นสีแดง และค่าความแข็งลดลง มะเฟืองกึ่งแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 °C และมีความชื้นสุดท้าย 25% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

คำสำคัญ: มะเฟืองกึ่งแห้ง อุณหภูมิในการอบแห้ง ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์

คำนำ

มะเฟืองเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย มี 2 ชนิดคือ มะเฟืองเปรี้ยวกับมะเฟืองหวาน แต่มะเฟืองเปรี้ยวไม่นิยมบริโภคผลสด ดั้งนั้นจึงได้มีการนำมะเฟืองเปรี้ยวมาทำการแปรรูปเป็นน้ำผลไม้และไวน์ หรือโดยการแช่อิ่มหรืออบแห้ง (เดชา, 2542) เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการเก็บ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดผลิตมะเฟืองกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน ซึ่งยังคงมีสีและกลิ่นรสธรรมชาติของมะเฟืองและสามารถเก็บรักษาได้นาน ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทกึ่งแห้ง (semi-dried foods) สามารถผลิตโดยมีหลักการคือ แปรรูปผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้นอยู่ในช่วง 15-40% (ชมภู่, 2550) และวิธีที่สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งที่มีคุณภาพดีคือ การลวกและการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสร่วมกับการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน การลวกเป็นการทำลายกิจกรรมของเอนไซม์และยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ส่วนการออสโมซิสเป็นการดึงน้ำบางส่วนออกจากอาหารซึ่งเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหารลง โดยอาหารมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะด้านต่างๆ เพียงเล็กน้อยก่อนนำไปอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการออสโมซิสจะมีความชื้นลดลงจึงทำให้ลดเวลาในการอบแห้ง และทำให้

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

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saen Sook Sub-district, Mueang District, Chonburi 20131

ผลิตภัณฑ์มีสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติและคุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงไปน้อยกว่าการอบแห้งเพียงอย่างเดียว (Falade และ Igbeka, 2007)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมมะเฟือง

นำมะเฟืองพันธุ์พื้นเมืองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 ซม. และปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในช่วง 3.2–3.5 ^{o}Brix มาล้างทำความสะอาด หั่นตามขวางให้มีความหนาประมาณ 1 ซม. ให้ได้ประมาณ 1000 กรัม

ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพมะเฟืองกึ่งแห้ง

นำชิ้นมะเฟืองที่เตรียมไว้มาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที (ได้จาก Peroxidase test) แล้วนำขึ้นมาแช่ในน้ำเย็นทันที จากนั้นผึ่งบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำและนำไปแช่ในสารละลายซูโครส (55 ^{o}Brix) ในอัตราส่วนมะเฟืองต่อสารละลายซูโครสเป็น 1:3 w/w ที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C 3 ชม. ซึ่งมีการกวนร่วมด้วยตลอดเวลาในการออสโมซิสโดยใช้ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที

เมื่อครบเวลาในการแช่แล้ว นำชิ้นมะเฟืองมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray drier) ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 ^{o}C ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที จนเหลือความชื้น 20, 25 และ 30% (น้ำหนักเปียก) บันทึกเวลาที่ใช้ในการอบ เก็บตัวอย่างมะเฟืองกึ่งแห้งไว้ในโหลพลาสติก (PET) แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่อไป ดังนั้นปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ดังนี้คือ ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิในการอบ (55, 60 และ 65 ^{o}C) และ ปัจจัยที่ 2 ความชื้นสุดท้าย (20, 25 และ 30% น้ำหนักเปียก) รวมเป็น 9 ทรีตเมนต์

วิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้คือ ค่าสี ค่าความแข็ง (Hardness) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ใช้แบบทดสอบ 9-point Hedonic Scale โดยผู้ทดสอบ 30 คน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Completely Randomized Design สำหรับค่าสีและค่าความแข็ง ส่วนการประเมินด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Randomized Completely Block Design วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s new multiple range tests

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาในการอบมะเฟืองกึ่งแห้ง แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคืออุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลร่วมกันต่อเวลาในการอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเวลาในการอบลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ จาก Table 1 พบว่า มะเฟืองกึ่งแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 65^{o}C และมีความชื้นสุดท้าย 30% ใช้เวลาในการอบน้อยที่สุด (105 ± 10.00 นาที) เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำที่อยู่ภายในชิ้นมะเฟืองระเหยออกมาได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akpinar และคณะ (2003) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งพริกแดง คือ 55, 60 และ 70 ^{o}C โดยใช้ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นเวลาในการอบแห้งพริกแดงลดลง โดยการอบแห้งพริกแดงที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C ใช้เวลาน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 55 และ 60 ^{o}C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Table 1 Drying time of semi-dried star fruits containing different final moisture contents at various drying temperatures.

Drying temperature (^{o}C)	Drying time (min)			
	Final moisture content (%)	20	25	30
55		310 ± 15.00^{a}	280 ± 15.00^{b}	250 ± 20.00^{c}
60		280 ± 20.00^{b}	225 ± 15.00^{c}	170 ± 10.00^{d}
65		180 ± 00.00^{d}	150 ± 10.00^{e}	105 ± 10.00^{f}

Means ± standard deviation; $^{a-f}$ Means followed by different superscripts differ significantly ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี (L*, a*, b*) ของมะเฟืองกึ่งแห้ง แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ อุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองลดลง แต่ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบและลดความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิในการอบที่สูงขึ้นทำให้กรดแอสคอร์บิกที่เหลืออยู่เสื่อมสลายและเกิดเป็นสารประกอบไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟิวรอล (hydroxymethylfurfural, HMF) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาล นอกจากนี้ HMF อาจเป็นสารประกอบที่ได้จากการแตกตัว (breakdown product) ของกลูโคสหรือฟรักโทสในสภาวะที่เป็นกรดระหว่างการทำแห้ง (Burdurlu และ Karadeniz, 2003; Lee และ Nagy, 1988) จาก Table 2 พบว่า มะเฟืองกึ่งแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 55ºC และมีความชื้นสุดท้าย 30% มีค่าความสว่างสูงที่สุด (35.03 ± 1.02) และมีค่าความเป็นสีแดงต่ำที่สุด (3.41 ± 0.17) แสดงว่าเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด และมะเฟืองกึ่งแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 65ºC และมีความชื้นสุดท้าย 20% มีค่าความสว่างต่ำที่สุด (29.79 ± 0.57) และมีค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุด (5.49 ± 0.28) แสดงว่าเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด

Table 2 Color values (L*, a* and b*) of semi-dried star fruits containing different final moisture contents at various drying temperatures.

Drying temperature (ºC)	Color values			
	Final moisture content (%)	L*	a*	b*
55	20	33.20 ± 0.66^{abc}	4.29 ±0.85^{bc}	15.86 ± 0.76^{abc}
	25	34.09 ± 1.00^{ab}	3.85 ± 0.30^{c}	18.43 ± 0.11^{a}
	30	35.03 ± 1.02^{a}	3.41 ± 0.17^{c}	16.51 ± 0.47^{abc}
60	20	31.36 ± 0.70^{cd}	5.07 ± 0.87^{ab}	12.14 ± 0.20^{cd}
	25	32.87 ± 1.00^{abc}	3.94 ± 0.50^{c}	16.96 ± 0.69^{ab}
	30	33.17 ± 0.94^{abc}	3.38 ± 0.12^{c}	13.43 ± 0.30^{bcd}
65	20	29.79 ± 0.57^{d}	5.49 ± 0.28^{a}	10.26 ± 0.12^{d}
	25	31.50 ± 0.97^{cd}	4.42 ± 0.84^{bc}	12.73 ± 0.83^{bcd}
	30	32.57 ± 1.00^{bc}	4.13 ± 0.06^{bc}	9.50 ± 0.20^{d}

Means ± standard deviation; $^{a-d}$ Means followed by different superscripts differ significantly ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งของมะเฟืองกึ่งแห้ง แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ อุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบและลดความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ จาก Table 3 พบว่ามะเฟืองกึ่งแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 55 ºC และมีความชื้นสุดท้าย 30% มีค่าความแข็งต่ำที่สุด (11.73 ± 1.61 กรัม) และมะเฟืองกึ่งแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 และ 65 ºC และมีความชื้นสุดท้าย 20% มีค่าความแข็งสูงที่สุด (32.33 ± 1.99 และ 31.61 ± 1.34 กรัม) เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกว่า ในช่วงแรกน้ำจะระเหยออกจากชิ้นมะเฟืองได้เร็วกว่า ทำให้น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาลเคลื่อนมาที่ผิวแล้วแข็งตัว (นิธิยา, 2549) และเมื่อความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีปริมาณต่ำกว่า หมายความว่าน้ำที่อยู่ในชิ้นมะเฟืองระเหยออกไปในระหว่างการอบได้มากกว่า จึงทำให้มะเฟืองกึ่งแห้งที่มีความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่า มีค่าความแข็งสูงกว่า

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของมะเฟืองกึ่งแห้ง แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ อุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลร่วมกันต่อคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏและกลิ่น โดยพบว่ามะเฟืองกึ่งแห้งที่ผ่านการอบที่ 60 ºC และมีความชื้นสุดท้าย 25% มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดอยู่ในช่วง 6.41 ± 0.07 ถึง 6.67 ± 0.26 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง)

Table 3 Hardness of semi-dried star fruits containing different final moisture contents at various drying temperatures.

Drying temperature (°C)	Hardness (g force)		
Final moisture content (%)	20	25	30
55	29.08 ± 1.55[a]	21.48 ± 1.61[b]	11.73 ± 1.61[c]
60	32.33 ± 1.99[a]	21.71 ± 1.73[b]	12.52 ± 1.36[c]
65	31.61 ± 1.34[a]	22.90 ± 1.34[b]	14.25 ± 1.17[c]

Means ± standard deviation; [a-c] Means followed by different superscripts differ significantly ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

อุณหภูมิในการอบและความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีผลต่อค่าสี ค่าความแข็ง และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มะเฟืองกึ่งแห้ง และมะเฟืองกึ่งแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 °C และมีความชื้นสุดท้าย 25% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ชมภู่ ยิ้มโต, 2550, การถนอมอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 216 หน้า.

เดชา ศิริภัทร, 2542, มะเฟือง:ผักผลรูปดาวของชาวอาเชียอาคเนย์, วารสารหมอชาวบ้าน, 20 (240):54-56.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, เคมีอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 2), โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487 หน้า.

Akpinar, E.K., Bicer, Y., and Yildiz, C., 2003, Thin layer drying of red pepper, Journal of food Engineering, 59(1):99-104.

Burdurlu, H.S., and Karadeniz, F., 2003, Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates, Food Chemistry, 80(1):91-97.

Falade, K.O., and Igbeka, J.C., 2007, Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables, Food Reviews International, 23:373–405.

Lee, H. S., and Nagy, S., 1988, Relationship of sugar degradation to detrimental changes in citrus juice quality, Food Technology, 42(11):91-94, 97.

การผลิตเฟรนช์ฟรายจากมันสำปะหลังเสริมคุณค่าทางอาหารจากงา

Production of Nutrition-supplemented Cassava French Fries with Sesame

ปิยนุสร์ น้อยด้วง[1] **และ ยุพิน บุญภา**[1]

Noiduang, P.[1] and Boonpa, Y.[1]

Abstract

This study was aimed to produce the cassava French fries nutrition-supplemented with white sesame and black sesame at 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w). Results showed that hardness of French fries increased with increasing of black sesame, but decreased with increasing of white sesame. It was also found that French fries supplemented with 10% white sesame or black sesame resulted in the highest acceptable score in all attributes ($p \leq 0.05$). The score in color and overall acceptability of French fries supplemented with white sesame was higher as compared with those of French fries supplemented with black sesame ($p \leq 0.05$), but there was no significant difference in their odor, taste and texture ($p > 0.05$). Moreover, proximate analysis showed that French fries supplemented with either white sesame or black sesame had higher protein, fat, fiber and ash content than control, and French fries supplemented with black sesame had the lowest calories.

Keywords: French fries, cassava, white sesame, black sesame

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตเฟรนช์ฟรายจากมันสำปะหลังเสริมคุณค่าทางอาหารจากงา โดยแปรปริมาณงาขาวและงาดำ ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ผลการทดลองพบว่าเฟรนช์ฟรายมีความแข็งมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณงาดำ แต่มีความแข็งลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณงาขาว และพบว่าเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวและงาดำ ที่ร้อยละ 10 ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส มากที่สุด ในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และคะแนนในด้านสีและความชอบโดยรวมของเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวมากกว่าเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวและงาดำ มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม และเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาดำมีค่าพลังงานต่ำที่สุด

คำสำคัญ: เฟรนช์ฟราย มันสำปะหลัง งาขาว งาดำ

คำนำ

มันฝรั่งทอดหรือเฟรนช์ฟรายโดยทั่วไปผลิตจากมันฝรั่ง เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารปรุงด่วนที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เฟรนช์ฟรายเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคโดยเฉพาะเด็กรุ่นใหม่ๆ เพราะมีรสชาติและเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ มันฝรั่งทอดทำให้สุกโดยการทอดในน้ำมันหรือโดยการให้ความร้อนในเตาอบ/ไมโครเวฟ (Keijbets, 2001, Pahade และ Sakhale, 2012) แต่ในประเทศไทยมันสำปะหลังเป็นพืชหัวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ซึ่งเกษตรกรนิยมปลูกรองจากข้าวเจ้า เพราะปลูกง่ายและทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังสามารถนำมาประกอบอาหารคาวและหวานได้โดยตรงและมีราคาถูก (กล้าณรงค์, 2542) เมื่อผ่านการทำให้สุกสีของมันสำปะหลังมีสีขาวเหลืองนวล กลิ่นรสดี และเนื้อสัมผัสนุ่ม ซึ่งเหมาะที่จะนำไปผลิตเป็นเฟรนช์ฟรายได้ (เนตรนภิส, 2547) แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์เฟรนช์ฟรายที่ผลิตได้ ยังคงมีคุณค่าทางด้านอาหารที่ต่ำ (เนตรนภิส, 2547) และจากการศึกษาของเนตรนภิส (2547) ได้ทดลองผลิตเฟรนช์ฟรายจากมันสำปะหลังบดเสริมแคลเซียม จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะเสริมคุณค่าทางอาหารให้กับเฟรนช์ฟราย โดยใช้ธัญพืช ได้แก่ งาขาวและงาดำ ซึ่งน่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้น เนื่องจากงามีสรรพคุณในการช่วยขยายหลอดเลือด และยับยั้งการสร้างโคเลสเตอรอลในร่างกาย และงายังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นที่ร่างกายสร้างขึ้นเองไม่ได้ และงายังเป็นแหล่งของโปรตีน แร่ธาตุ วิตามินและแคลเซียม (ศัลยา, 2547) แต่ในงาขาวและงาดำ จะมีสารต้านโภชนาการ (anti-nutritional

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม บางหว้า ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

compounds) ได้แก่ ออกซาเลต และไฟเตต แต่สารเหล่านี้จะสลายตัวได้ด้วยการให้ความร้อน เช่น การคั่วหรือการทอด (Makinde และ Akinoso, 2013) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจใช้งาขาวและงาดำเพื่อเสริมคุณค่าทางอาหารให้กับเฟรนช์ฟรายจากมันสำปะหลัง และศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี รวมทั้งทดสอบทางประสาทสัมผัสของเฟรนช์ฟรายที่ผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตเฟรนช์ฟรายมันสำปะหลังสูตรควบคุม เป็นการดัดแปลงสูตรมาจากเนตรนภิส (2547) ประกอบด้วย มันสำปะหลังบด 500 กรัม เนยขาว 40 กรัม เกลือ 2.5 กรัม และแซนแทนกัม 10 กรัม โดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้ นำมันสำปะหลังนึ่งสุกบดละเอียด ผสมกับส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ เนยขาว เกลือ และแซนแทนกัม นวดผสมให้เข้ากันและพักทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง รีดเป็นแผ่นแล้วหั่นเป็นชิ้น ทอดแบบน้ำมันท่วม (deep fat frying) ที่อุณหภูมิ 170 ± 2°C นาน 2 นาที ส่วนการผลิตเฟรนช์ฟรายสูตรเสริมงาขาวและงาดำ (บดละเอียด) ลงในส่วนผสมของเฟรนช์ฟรายสูตรควบคุม โดยแปรปริมาณงาขาวและงาดำ เท่ากับ ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก นวดผสมให้เข้ากันและพักทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง รีดเป็นแผ่นแล้วหั่นเป็นชิ้น โดยมีความหนาด้านละ 0.5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ทอดแบบน้ำมันท่วม ที่อุณหภูมิ 170 ± 2°C นาน 2 นาที จากนั้นนำเฟรนช์ฟรายที่ผลิตได้ มาวิเคราะห์ค่าความแข็ง (hardness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT2i, USA) โดยใช้ speed ที่ 5 mm/s และ Distance 5 mm บันทึกค่าแรงสูงสุดในแต่ละซ้ำของตัวอย่าง ซ้ำละ 10 ชิ้น แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย และทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีสเกลความชอบ 9 คะแนน (9-point Hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบ เป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการอาหารที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน จากนั้นทำการประเมินผลและคัดเลือกเฟรนช์ฟรายสูตรที่ได้ระดับคะแนนความชอบมากที่สุด และสูตรควบคุม มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมันและเส้นใย) ตามวิธีของ AOAC (1990) หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธี Calculation by difference และคำนวณแคลอรีทั้งหมด โดยวิธี Calories conversion factor ของ Atwater (FAO, 2003) ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่า conversion factor สำหรับ protein, carbohydrates และ fat เท่ากับ 4, 4 และ 9 kcal/g ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับข้อมูลคุณภาพทางเคมี และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) สำหรับข้อมูลทางกายภาพ (จำนวน 3 ซ้ำ ตัวอย่างแต่ละซ้ำๆ ละ 10 ชิ้น) และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่าเฟรนช์ฟรายสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ที่ผลิตจากมันสำปะหลังบด สามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นได้ดี เมื่อนำไปทอดยังคงรูปเป็นชิ้นไม่แตกหัก และมีสีเหลืองทอง เนื้อสัมผัสค่อนข้างโปร่งไม่แน่นจนเกินไป (Figure 1A) ส่วนการผลิตเฟรนช์ฟรายสูตรเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวและงาดำ (Figure 1B,1C) ที่ระดับต่างๆ กัน ได้แก่ ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก และจากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของเฟรนช์ฟรายสูตรควบคุม และสูตรที่เสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวและงาดำ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณงาดำมากขึ้น ทำให้เฟรนช์ฟรายมีค่าความแข็งมากขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณงาขาว จะทำให้เฟรนช์ฟรายมีความแข็งลดลง (Table 1) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากงาดำเมื่อนำมาป่นให้ละเอียดงาดำจะมีเปลือกนอกที่มีความแข็งมากกว่างาขาว และงาดำมีปริมาณเส้นใยสูงกว่างาขาว (Makinde และ Akinoso, 2013) ดังนั้นเมื่อนำไปเสริมลงในเฟรนช์ฟรายในปริมาณมากขึ้น จึงทำให้เฟรนช์ฟรายจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น ในเฟรนช์ฟรายในปริมาณงาขาวมากขึ้น เมื่อนำไปเสริมลงในเฟรนช์ฟราย ทำให้เนื้อสัมผัสของเฟรนช์ฟรายมีลักษณะที่นิ่มลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากงาขาว มีปริมาณไขมันที่สูงกว่างาดำ และอาจเกิดจากความชื้นของเฟรนช์ฟรายที่เสริมงาขาว (ร้อยละ 4.08) มีค่าสูงกว่างาดำ (ร้อยละ 1.22) (Stastny และคณะ, 2014)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวและงาดำ ที่ร้อยละ 10 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2 และ Table 3) และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาดำและงาขาว พบว่าคะแนนในด้านสีและความชอบโดยรวมของเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวสูงกว่าเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน (Table 4)

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวและงาดำ มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากงาขาวและงาดำที่เสริมลงในเฟรนช์ฟราย มีปริมาณโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 20-25 (Onsaard, 2012) เมื่อเสริมลงในเฟรนช์ฟรายจึงทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น และงาดำจะมีปริมาณ

เส้นใยสูงกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งมีส่วนในการขัดขวางการดูดซับน้ำมันในการทอดให้น้อยลง (สิริมา, 2552) ในขณะที่เฟรนช์ฟรายสูตรที่เสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาว พบว่ามีปริมาณไขมันสูงมากกว่าสูตรควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณไขมันที่มีอยู่ในงาขาว (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544) หรืออาจจะเกิดจากเฟรนช์ฟรายที่เสริมคุณค่าทางอาหารงาขาวมีปริมาณความชื้นมากกว่าสูตรอื่นๆ ส่งผลให้มีการดูดซับน้ำมันมากกว่าสูตรอื่นๆ (สิริมา, 2552) (Table 5) และพลังงานของเฟรนช์ฟรายสูตรควบคุม และเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาว และงาดำ มีค่าเท่ากับ 734.47, 745.76 และ 705.03 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาดำ มีพลังงานต่ำที่สุด

สรุปผล

ในการผลิตเฟรนช์ฟรายด์เสริมคุณค่าทางอาหารจากงา พบว่าเฟรนช์ฟรายมีความแข็งมากขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณงาดำ แต่มีความแข็งลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณงาขาว ซึ่งปริมาณการใช้งาขาวและงาดำที่เหมาะสมต่อการผลิตเฟรนช์ฟราย คือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาว มีคะแนนในด้านสีและความชอบโดยรวมมากกว่าเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) ส่วนในด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน และเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาขาวและงาดำ มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม และเฟรนช์ฟรายเสริมคุณค่าทางอาหารจากงาดำมีพลังงานต่ำที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กัลยารัตน์ หมื่นวณิชกูล, เอกสารวิชาการ แนวทางการผลิตงา เพื่อเป็นอาหารสุขภาพ, ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4, กรมวิชาการเกษตร [สืบค้น], http://aglib.doa.go.th/lib/images/Downloads/2551/EB00030.pdf [July20, 2015]

กล้าณรงค์ ศรีรอต, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ,วัชรี เลิศมงคล,จำลอง เจียมจำนรรจา, ปิยะ ดวงพัตรา, เอ็จ สโรบล, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และวิจารณ์ วิชชุกิจ. 2542. การแปรรูปและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการฉบับที่ 5 ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 21 หน้า

เนตรนภิส วัฒนสุชาติ, 2547, การพัฒนาเฟรนช์ฟรายจากมันสำปะหลังบดเสริมแคลเซียม. อาหาร. 34(/): หน้า 106-109.

สิริมา ชินสาร, 2552. การดูดซับน้ำมันในกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 14(2):138-145.

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2547, เซซามินกับสุขภาพ,วารสารโภชนบำบัด. 15(2): 98-105.

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

Keijbets, M.J.H., 2001, The manufacture of pre-fried potato products, In: Rossell, J.B. (Ed.) Frying –Improving Quality, Woodhead Publishing, Cambridge, England, pp 197-214.

FAO, 2003, Food energy - methods of analysis and conversion factors [Online], Available http://www.fao.org/docrep/006/y5022e/y5022e04.htm#bm4 [September 24, 2015]

Makinde, F.M., and Akinoso, R., 2013, Nutrient composition and effect of processing treatments on anti-nutritional factors of Nigerian sesame (*Sesamum indicum* Linn) cultivars, International Food Research Journal, 20(5): 2293-2300.

Onsaard, E., 2012, Sesame proteins, International Food Research Journal, 19(4): 1287-1295.

Pahade, P.K., and Sakhale, B.K., 2012, Effect of blanching and coating with hydrocolloids on reduction of oil uptake in French fries, International Food Research Journal, 19(2): 697-699.

Stastny, S.N. Keith, J.F., and Hall III, C., 2014, Lipid and moisture content of commercial reduced-fat deep-fried potatoes compared to advertised claim, Journal of Food Research, 3(5): 45-48. [Online], Available http://www.ccsenet.org/journal/ index.php/jfr/article/viewFile/38001/21200

(A) (B) (C)

Figure 1 Appearance of pre-fried French fries and finish-fried French fries (A) French fries (control formula) (B) French fries nutrition-supplemented with white sesame (10%) (C) French fries nutrition-supplemented with black sesame (10%)

Table 1 Hardness of various cassava French fries nutrition-supplemented with white sesame and black sesame

Amount of sesame (%)	Hardness (Newtons)	
	White sesame	Black sesame
0 (Control)	1.3570±0.1216^{a}	1.3570±0.1216^{b}
5	1.1691±0.0257^{b}	1.0805±0.0381^{c}
10	1.0586±0.0294^{bc}	1.4240±0.0283^{b}
15	0.9276±0.0246^{c}	1.5350±0.0310^{ab}
20	0.9211±0.1022^{c}	1.6174±0.1371^{a}

Note: Values with different letters in superscript in column are significantly different ($p \leq 0.05$), Mean ± standard deviation (SD)

Table 2 Means hedonic score of sensory evaluation of French fries nutrition-supplemented with white sesame

Attributes	Amount of white sesame			
	5%	10%	15%	20%
color	7.00±1.082^{b}	8.03±0.850^{a}	6.53±1.008^{b}	6.23±1.330^{b}
odor	6.27±1.201^{b}	7.33±1.061^{a}	6.43±1.006^{b}	5.93±1.388^{b}
taste	6.67±0.884^{b}	8.07±0.827^{a}	6.77±1.104^{b}	6.06±1.172^{b}
texture	6.44±0.952^{b}	7.07±0.952^{a}	6.29±0.952^{b}	6.05±0.951^{b}
overall acceptability	6.56±0.971^{b}	8.03±0.889^{a}	6.53±1.103^{b}	6.30±1.118^{b}

Note: Values with different letters in superscript in rows are significantly different ($p \leq 0.05$), ns = not significantly different ($p>0.05$), Mean ± standard deviation (SD) Means hedonic score of sensory evaluation of white sesame and black sesame

Table 3 Means hedonic score of sensory evaluation of French fries nutrition-supplemented with black sesame

Attributes	Amount of black sesame			
	5%	10%	15%	20%
color	7.41±1.015^{a}	7.15±1.308^{ab}	6.50±1.432^{b}	5.65±1.694^{c}
odor	6.50±1.432^{ab}	7.25±1.409^{a}	6.85±1.532^{ab}	6.25±1.682^{b}
taste	7.70±1.031^{a}	7.65±1.039^{a}	6.85±1.598^{ab}	6.45±1.703^{b}
texture	7.00±1.186^{a}	6.96±1.186^{ab}	6.52±1.186^{b}	6.27±1.186^{b}
overall acceptability	7.55±0.887^{a}	7.65±1.268^{a}	7.00±1.597^{ab}	6.05±1.905^{b}

Note: Values with different letters in superscript in rows are significantly different ($p \leq 0.05$), ns = not significantly different ($p>0.05$), Mean ± standard deviation (SD) Means hedonic score of sensory evaluation of white sesame and black sesame

Table 4 Means hedonic score of sensory evaluation between French fries nutrition-supplemented with black sesame and white sesame

French fries formula	Attributes				
	color	odor^{ns}	taste^{ns}	texture^{ns}	overall acceptability
White sesame (10%)	8.20±0.484^{a}	7.20±1.063	7.23±1.135	7.16±1.147	7.86±0.860^{a}
Black sesame (10%)	6.23±1.250^{b}	7.12±1.053	7.18±1.172	7.09±1.023	6.96±1.098^{b}

Note: Values with different letters in superscript in column are significantly different ($p \leq 0.05$), ns = not significantly different ($p>0.05$) Mean ± standard deviation (SD) Means hedonic score of sensory evaluation of white sesame and black sesame

Table 5 Chemical composition of control and French fries nutrition-supplemented with black sesame and white sesame

French fries formula	Chemical composition (% dry basis)				
	Protein	Lipid	Ash	Fiber	Carbohydrate
Control (0%)	3.40 ± 0.154^{c}	70.73 ± 0.642^{c}	1.92 ± 0.156^{c}	2.88 ± 0.040^{c}	21.08 ± 0.447^{a}
White sesame (10%)	5.66 ± 0.222^{a}	77.97 ± 0.790^{a}	3.39 ± 0.176^{b}	7.63 ± 0.217^{b}	5.35 ± 0.657^{b}
Black sesame (10%)	4.41 ± 0.244^{b}	73.78 ± 0.538^{b}	7.31 ± 0.384^{a}	8.66 ± 0.277^{a}	5.85 ± 0.233^{b}

Note: Values with different letters in superscript in column are significantly different ($p \leq 0.05$), ns = not significantly different ($p>0.05$), Mean ± standard deviation (SD)

การคัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมของเครื่องหมายโมเลกุล SRAP สำหรับระบุสายพันธุ์ทุเรียน (*Durio zibethinus*)

Screening Primers of SRAP Markers for Identify Durian Cultivars (*Durio zibethinus*)

ณัฐกุล ถิ่นหัวเตย[1] สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม[1] อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม[1] พรรณิภา ยั่วยล[2] และ โองการ วณิชาชีวะ[3]
Thinhuatoey, N.[1], Poeaim, S.[1], Poeaim, A.[1], Youryon, P.[2] and Vanijajiva, O.[3]

Abstract

Durian (*Durio zibethinus* Merr.) is one of the most prominent complexes in fruit species. Known as “the king of tropical fruit” because of unique taste and odor, the species was developed in various cultivar names that made difficultly cultivars identification. The aim of this study was to utilize molecular marker for consistent and rapid detection and to investigate the genetic characterization using Sequence-Related Amplified Polymorphism (SRAP) techniques. In a preliminary study, three famous cultivars populations (Monthong, Chanee and Kob Suwan) were selected. Thirty primer combinations sets of 5 forward primers and 6 reverse primers were applied. Thirteen primer combinations which consistently produced well defined bands were further used for genetic profile analysis. A total of 149 bands were observed with an average of 11.46 bands per primer combination of which 61 were polymorphic (40.94%). Therefore, these suitable pairs of SRAP primers were selected for diversity and identify durian cultivars in the further.

Keywords: durian, *Durio zibethinus*, SRAP

บทคัดย่อ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* Merr.) นับได้ว่าเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความซับซ้อนของสายพันธุ์มากที่สุดชนิดหนึ่ง รู้จักกันในนาม “ราชาของผลไม้เขตร้อน” เนื่องจากรสชาติและกลิ่นที่มีความเป็นเอกลักษณ์ สาเหตุนี้เองทำให้เกิดการพัฒนาส่งผลให้เกิดสายพันธุ์ที่มีชื่อเรียกที่หลากหลาย ส่งผลให้ยากต่อการระบุสายพันธุ์ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่มีความน่าเชื่อถือ และรวดเร็วสำหรับใช้ตรวจสอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค Sequence-Related Amplified Polymorphism (SRAP) การศึกษาเบื้องต้นได้ศึกษาในทุเรียนที่ได้รับความนิยมจำนวน 3 สายพันธุ์ของประชากร (หมอนทอง ชะนี และกบสุวรรณ) โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 30 คู่ ซึ่งเป็นการจับคู่กันระหว่างไพรเมอร์ส่วนหน้า 5 ชนิด และไพรเมอร์ส่วนหลัง 6 ชนิด เพื่อใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ พบว่ามีจำนวน 13 คู่ไพรเมอร์ ที่ให้แถบดีเอ็นเอชัดเจนที่สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมต่อไปได้ และพบแถบดีเอ็นเอจำนวนทั้งหมด 149 แถบ เฉลี่ยเท่ากับ 11.46 แถบต่อคู่ไพรเมอร์ โดยมีแถบที่แสดงความแตกต่าง (polymorphic bands) จำนวน 61 แถบ (40.94%) ดังนั้นสามารถนำคู่ไพรเมอร์ที่เหมาะสมนี้ไปใช้ในการศึกษาความหลากหลาย และระบุสายพันธุ์ของทุเรียนต่อไป

คำสำคัญ: ทุเรียน *Durio zibethinus* SRAP

คำนำ

พืชสกุลทุเรียน (*Durio* spp.) ในประเทศไทยมีรายงานอยู่ 4 ชนิด (species) คือทุเรียนดอน (*Durio malaccensis* Planch. Ex. Mast.) ทุเรียนนก (*D. griffithii* (Mast.) Bakh.) ทุเรียนป่า (*D. pinanginan* Ridley) และทุเรียน (*D. zibethinus* Merr.) โดยมีเฉพาะทุเรียนเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในและต่างประเทศ จึงมีการปลูกเชิงการค้าอย่างแพร่หลาย ทุเรียนเป็นไม้ผลที่มีชื่อเสียงในพื้นที่เขตร้อน และกึ่งเขตร้อน จัดเป็นราชาแห่งผลไม้

[1] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กทม. 10520
[1] Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang District, Bangkok, 10520
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160
[2] Department of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon Province, 86160
[3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เลขที่ 9 แจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพฯ 10220
[3] Faculty of Science and Technology, PhranakhonRajabhat University, Bangkok, 10220

(King of tropical fruit) ในช่วงแรกของการเพาะปลูก ชาวสวนขยายพันธุ์ทุเรียนด้วยการเพาะเมล็ดเป็นผลทำให้เกิดสายพันธุ์ต่างๆ จำนวนมาก ในประเทศไทยมีการรายงานความหลากหลายของสายพันธุ์ทุเรียนมากกว่า 200 สายพันธุ์ (cultivars) แต่สายพันธุ์ที่นิยม และมีสำคัญทางเศรษฐกิจ คือ หมอนทอง ชะนี ก้านยาว และกระดุมทอง โดยสายพันธุ์อื่นๆ มีสี กลิ่น รส และชื่อเรียกแตกต่างกันไป หรือเป็นที่รู้จักในบางพื้นที่เท่านั้น รวมทั้งไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แม้ว่ามีลักษณะที่แตกต่างกันไปบ้างตามสายพันธุ์ แต่ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ส่วนใหญ่ที่คล้ายคลึงกันทำให้ไม่สามารถระบุหรือแยกสายพันธุ์ทุเรียนได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัยเครื่องหมายโมเลกุลมาใช้ในการจัดจำแนกสายพันธุ์และศึกษาความหลากหลาย แม้ว่ามีรายงานการศึกษาด้วยเทคนิค Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) (ฐิตาภรณ์ และคณะ, 2551) Random Amplification of Polymorphic DNA (RAPD) (Vanijajiva, 2011) และ Simple Sequence Repeat (SSR) (ปิยรัษฎ์ และคณะ, 2552) แต่ยังไม่มีการรายงานด้วยเทคนิค Sequence-Related Amplified Polymorphism (SRAP) ซึ่งเป็นเทคนิคที่เพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอในส่วน open reading frame (ORF) ที่เป็นส่วนสำคัญของยีน โดยใช้ไพรเมอร์ 2 ชนิด คือไพรเมอร์ส่วนหน้า (forward primer) และไพรเมอร์ส่วนหลัง (reverse primer) ขนาด 17 และ 18 เบส ตามลำดับ ที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นลำดับเบสหลัก (core sequence) ขนาด 13-14 เบส โดย 10-11 เบสแรกทางด้านปลาย 5' เป็นลำดับเบสที่ไม่ความจำเพาะเรียกว่า ลำดับเบสส่วนเติม (filler sequence) ตามด้วย CCGG ที่เป็นลำดับเบสจำเพาะของลำดับเบสไพรเมอร์ส่วนหน้า เพื่อจับกับส่วนเอ็กซอน (exon) หรือ ORF ซึ่งเป็นบริเวณที่มีองค์ประกอบของเบส GC สูง (GC rich) และ AATT ที่เป็นลำดับเบสจำเพาะของไพรเมอร์ส่วนหลัง เพื่อจับกับดีเอ็นเอในจีโนมบริเวณที่มี AT สูง ซึ่งพบมากในส่วนอินทรอน (intron) ส่วนที่สองคือ ลำดับเบสแบบคัดเลือก (selective sequence) จำนวน 3 เบสที่เปลี่ยนแปลงได้ทางด้านปลาย 3' โดยเทคนิค SRAP สามารถทำซ้ำแล้วให้ผลคงที่ ไม่ต้องทราบข้อมูลลำดับเบส และสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้หลายตำแหน่งพร้อมกันด้วยการปรากฏหรือไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ โดยเทคนิคนี้มีความใกล้เคียงกับเทคนิค AFLP แต่ทำได้ง่าย และรวดเร็วกว่า (Li และ Quiros, 2001; Ferriol และคณะ, 2003; Robarts และ Wolfe, 2014) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุล SRAP มาใช้ศึกษาความหลากหลาย และระบุสายพันธุ์ทุเรียน โดยเบื้องต้นเป็นการคัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำส่วนใบของทุเรียน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หมอนทอง (DZ 01) ชะนี (DZ 02) และกบสุวรรณ (DZ 03) มาสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี CTAB ที่ดัดแปลงจาก Doyle และ Doyle (1987) เมื่อได้ดีเอ็นเอนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพและวัดปริมาณดีเอ็นเอ จากนั้นนำดีเอ็นเอมาทดสอบเพื่อคัดเลือกคู่ไพรเมอร์ โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 30 คู่ ตามงานวิจัยของ Li และ Quiros (2001) ซึ่งเป็นการจับคู่กันระหว่างไพรเมอร์ส่วนหน้า 5 ชนิด (ME1-5) และไพรเมอร์ส่วนหลัง 6 ชนิด (EM1-6) ในปฏิกิริยาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ความเข้มข้นสุดท้ายประกอบด้วย 1X Standard *Taq* reaction buffer (New England BioLabs, USA) $MgCl_2$ (Vivantis, Malaysia) 2.5 มิลลิโมลาร์ *Taq* DNA polymerase (New England BioLabs, USA) 1 ยูนิต dNTP (Vivantis, Malaysia) 200 ไมโครโมลาร์ ไพรเมอร์ 1 ไมโครโมลาร์ และดีเอ็นเอต้นแบบ 100 นาโนกรัม ปรับปริมาตรด้วย Nuclease-free water โดยขั้นตอนของปฏิกิริยาใช้วิธี step up PCR คือ ใช้อุณหภูมิ annealing ต่ำที่ 35 องศาเซลเซียส 1 นาที จำนวน 5 รอบแรก เพื่อให้ไพรเมอร์จับกับดีเอ็นเอเป้าหมายได้ดี และปรับเพิ่มอุณหภูมิ annealing ให้สูงขึ้นเป็น 50 องศาเซลเซียส 1 นาที อีกจำนวน 35 รอบ ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยใช้เจลอะกาโรสความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลาย TBE buffer ที่ความต่างศักย์ 100 โวลต์ เป็นเวลา 35 นาที เปรียบเทียบกับ DNA marker ชนิด VC 100 bp plus DNA Ladder (Vivantis, Malaysia)

ผลการทดลอง

ในการทดลองคัดเลือกคู่ไพรเมอร์ที่เหมาะสมของเครื่องหมายโมเลกุล SRAP สำหรับระบุสายพันธุ์ประชากรทุเรียนต่อไป ได้ศึกษาโดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในประชากรทุเรียน 3 สายพันธุ์ คือ หมอนทอง ชะนี และกบสุวรรณ ด้วยไพรเมอร์จำนวน 30 คู่ หลังการตรวจสอบลักษณะแถบดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส พบว่าทุกคู่ไพรเมอร์สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ แต่คู่ไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอที่ชัดเจน มีจำนวนแถบไม่น้อยหรือมากเกินไป มีแถบที่ให้ความเข้ม คมชัด สามารถแยกและนับจำนวนแถบได้ รวมทั้งในแต่ละโลกัส (locus) แสดงความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ (polymorphic bands) จำนวน 13 คู่ไพรเมอร์ ได้แก่ ME1/EM1, ME1/EM4, ME2/EM1, ME3/EM3, ME3/EM4, ME3/EM5, ME3/EM6, ME4/EM2, ME4/EM5, ME5/EM1, ME5/EM2, ME5/EM3 และ ME5/EM5 ดังแสดงแถบดีเอ็นเอ

ของทั้ง 3 สายพันธุ์ในทุกคู่ไพรเมอร์ใน Figure 1 และตัวอย่างของคู่ไพรเมอร์ ME3/EM4 แสดงความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอในตำแหน่งที่ขนาดชิ้นดีเอ็นเอประมาณ 400 คู่เบส โดยตัวอย่าง DZ02 ไม่ปรากฏแถบเช่นเดียวกับ DZ01 และ DZ03 รวมทั้งตัวอย่างของคู่ไพรเมอร์ ME1/EM6 แสดงแถบดีเอ็นเอที่ไม่แตกต่างกัน (monomorphic bands) ในทุกตัวอย่าง ซึ่งจะไม่นำไปใช้ในการระบุสายพันธุ์ และจากการศึกษาเฉพาะ 13 คู่ไพรเมอร์ ปรากฏแถบดีเอ็นเอจำนวนทั้งหมด 149 แถบ เฉลี่ยเท่ากับ 11.46 แถบต่อคู่ไพรเมอร์ เป็นแถบที่แสดงความแตกต่างจำนวน 61 แถบ คิดเป็นเปอร์เซ็นความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ (% of polymorphism) เท่ากับ 40.94 เปอร์เซ็นต์โดยคู่ไพรเมอร์ ME5/EM1 ให้ความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอจำนวนมากที่สุด คือ 11 แถบ คิดเป็น % of polymorphism เท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามคู่ไพรเมอร์ ME3/EM5 แสดง % of polymorphism สูงสุด เท่ากับ 63.64 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Table 1

วิจารณ์ผล

จากผลการคัดเลือกคู่ไพรเมอร์ที่เหมาะสมของเทคนิค SRAP เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาความหลากหลาย และระบุสายพันธุ์ทุเรียนนั้นมี 13 คู่ไพรเมอร์ สอดคล้องกับงานวิจัย Chaoguang และคณะ (2016) ที่ใช้เทคนิคนี้วิเคราะห์พันธุกรรมของชบาและชบาลูกผสม ซึ่งจัดเป็นพืชที่อยู่อันดับเดียวกับทุเรียน พบว่าเมื่อนำไพรเมอร์จำนวน 25 คู่ไพรเมอร์ มาวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรม สามารถแยกชบาลูกผสมออกจากกลุ่มอื่นๆ ได้อย่างชัดเจน โดยแสดงให้เห็นว่าคู่ไพรเมอร์ที่ให้ค่าความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอสูงสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรมได้ดี เทคนิค SRAP จึงสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรม และจัดจำแนกสายพันธุ์ของตัวอย่างพืชที่มีลักษณะเป็นลูกผสมได้

สรุปผล

การคัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมของเครื่องหมายโมเลกุล SRAP สำหรับระบุสายพันธุ์ทุเรียน (*D. zibethinus*) พบว่ามีจำนวน 13 คู่ไพรเมอร์ จากจำนวนทั้งหมด 30 คู่ไพรเมอร์ ที่ให้แถบดีเอ็นเอชัดเจน สามารถแยกและนับจำนวนแถบได้ รวมทั้ง แสดงความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอในแต่ละโลกัส โดยคู่ไพรเมอร์ที่เหมาะสมควรมีค่า % of polymorphism สูง เช่น ME3/EM5 และ ME5/EM1 ดังนั้นสามารถนำคู่ไพรเมอร์ที่เหมาะสมที่ได้จากการคัดเลือกนี้ไปใช้ในการศึกษาความหลากหลาย และระบุสายพันธุ์ทุเรียนต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559 ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.)

เอกสารอ้างอิง

ฐิตาภรณ์ สุขโหตุ อินทิรา จารุเพ็ง ประไพ โมจรินทร์ อภิรดี เพิ่มผล อรุณนี สระเก้า ศิริวรรณ เทียนมงคล ปิยรัษฎ์ ปริญญาพงษ์ และพรชัย จุฑามาศ. 2553, การจัดจำแนกทุเรียน (*Durio zibethinus* Merr.) โดยใช้เทคนิค AFLP, การประชุมวิชาการทรัพยากรไทย: สรรพสิ่งล้วนพันเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 405-410.

ปิยรัษฎ์ เจริญทรัพย์ ฐิตาภรณ์ ภูมิไชย์ อินทิรา จารุเพ็ง อรชร โชติญาณวงษ์ ประไพ โมจรินทร์ และพรชัย จุฑามาศ, 2552, ความหลากหลายทางพันธุกรรมของทุเรียนโดยใช้ดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิดไมโครแซทเทลไลท์, การประชุมวิชาการพันธุศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 16, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี, หน้า 25-27.

Chaoguang, Y., Yunlong, Y., David, L., Zhiguo, L., and Jianhua, X., 2016, Morphological characters and SRAP analysis of two hybrids between Hibiscus dasycalyx and Hibiscus 'Moy Grande', Scientia Horticulturae, 198: 118-124.

Doyle, J.J., and Doyle, J.L., 1987, A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue, Phytochemical Bulletin Journal, 19: 11-15.

Ferriol, M., Pico, B., and Nuez, F., 2003, Genetic diversity of a germplasm collection Cucurbita pepo using SRAP and AFLP markers, Theoretical and Applied Genetics, 107: 271-282.

Li, G., and Quiros, C.F., 2001, Sequence-related amplified polymorphism (SRAP) a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in Brassica, Theoretical and Applied Genetics, 103: 455-461.

Robarts, D.W.H., and Wolfe, A.D., 2014, Sequence-related amplified polymorphism (SRAP) markers: A potential resource for studies in plant molecular biology, Applications in Plant Sciences, 2 (7): 1400017.

Vanijajiva, O., 2011, Genetic variability among durian (*Durio zibethinus* Murr.) cultivars in the Nonthaburi province Thailand detected by RAPD analysis, Journal of Agricultural Technology, 7: 1105-1114.

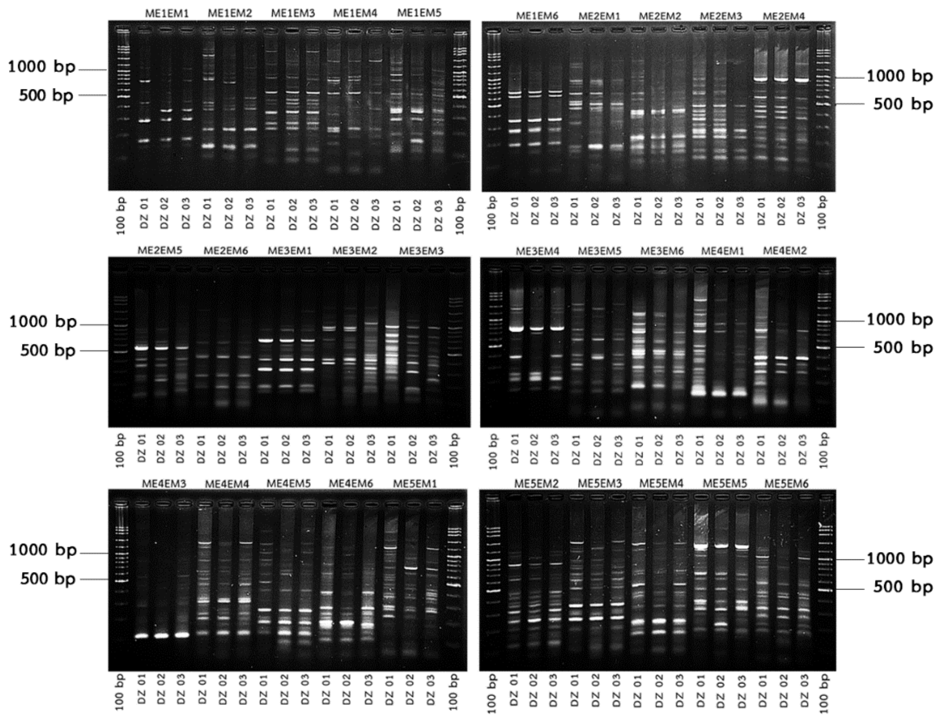


Figure 1 The SRAP polymorphisms revealed from DNA amplified using 30 primers pair (left to right: VC 100 bp plus DNA Ladder and 3 samples; DZ 01–DZ 03 analyzed in each primer pairs).

Table 1 Primer combination, the number of total DNA bands, the number of polymorphic bands and the percentage of polymorphism resulted from SRAP analysis of *Durio zibethinus*

Primer combination	No. of total DNA bands	No. of polymorphic bands	% of polymorphism
ME1/EM1	5	1	20.00
ME1/EM4	6	1	16.67
ME2/EM1	11	6	54.55
ME3/EM3	14	6	42.86
ME3/EM4	10	5	50.00
ME3/EM5	11	7	63.64
ME3/EM6	15	3	20.00
ME4/EM2	12	6	50.00
ME4/EM5	11	4	36.36
ME5/EM1	20	11	55.00
ME5/EM2	12	1	8.33
ME5/EM3	12	6	50.00
ME5/EM5	10	4	40.00
Total	149	61	-
Average	11.46	4.69	40.94

ผลของวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดโคนญี่ปุ่น

Effect of Packaging Materials on Qualities and Shelf Life of Yanagimatsutake

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] มณฑิรา นพรัตน์[2] นิพร เดชสุข[1] ปิยวุฒิ เอกพิพัฒน์เวชกุล[1] และยลดา ตานิล[1]

Vongsawasdi, P.[1], Nopharatana, M.[2], Dejsuk, N.[1], Ekpipatwechakul P.[1] and Tanin Y.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effects of packaging materials on qualities and shelf life of yanagimatsutake. Two plastic polymers (Low-density polyethylene, LDPE and Oriented polypropylene, OPP) and KI paper model Satchel-bottom bags were used. The samples were stored at 4±1°C for 21 days and their qualities were determined during the storage. Results showed that respiration rate of yanagimatsutake packed in OPP bags was significantly lower than that packed in LDPE bags ($p \leq 0.05$) while respiration of the samples packed in paper packages could not be determined. The yanagimatsutake in both plastic packages had a weight loss of approximately (12.00-15.54 %) lower than that packed in KI paper bag (59.92±0.18 %) Plastic packages maintained water activity, firmness and o-quinone of the samples better than KI paper bag. Sensory results indicated that both plastic packages maintained color, texture, and odor of yanagimatsutake significantly better than the paper bag ($p \leq 0.05$). The yanagimatsutake packed in LDPE could maintain the best qualities in term of color, texture and flavor with shelf life of 18 days.

Keywords: Yanigimatsutake Low-density polyethylene Oriented polypropylene KI paper model Satchel-bottom bag

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดโคนญี่ปุ่น ซึ่งทำโดยใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติก 2 ชนิด (Low-density polyethylene, LDPE และ Oriented polypropylene, OPP) และ (ถุงกระดาษคราฟท์ขึ้นรูปแบบแซทเชล เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1°C นาน 21 วัน) ผลการทดลองพบว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นบรรจุในถุงชนิด OPP มีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่บรรจุในถุงชนิด LDPE ($p \leq 0.05$) ส่วนเห็ดโคนญี่ปุ่นบรรจุในถุงกระดาษไม่สามารถวัดการหายใจได้ และภายหลังการเก็บรักษา 21 วัน เห็ดโคนญี่ปุ่นบรรจุในพลาสติกทั้ง 2 ชนิด สูญเสียน้ำหนัก 12.00-15.54 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่บรรจุในถุงกระดาษที่สูญเสียน้ำหนัก 59.92±0.18 % ถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า a_w คุณภาพเนื้อสัมผัส ค่า pH การเกิดสีน้ำตาลวัดจากปริมาณ *o*-quinone ได้ดีกว่าถุงกระดาษ จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นบรรจุในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด คงคุณภาพด้าน สี เนื้อสัมผัส และกลิ่นได้ดีกว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นที่บรรจุถุงกระดาษ ($p \leq 0.05$) เห็ดโคนญี่ปุ่นบรรจุในถุงพลาสติกพลาสติกชนิด LDPE สามารถคงคุณภาพด้าน สี เนื้อสัมผัส และกลิ่นได้ดีที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน

คำสำคัญ: เห็ดโคนญี่ปุ่น Low-density polyethylene Oriented polypropylene ถุงกระดาษคราฟท์ขึ้นรูปแบบแซทเชล

คำนำ

ในปัจจุบันเห็ดโคนญี่ปุ่นเป็นที่นิยมบริโภคอย่างมาก เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะกรดอะมิโนที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยมีการจำหน่ายทั้งในรูปดอกเห็ดสด และแปรรูป แต่เห็ดโคนญี่ปุ่นมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้ดอกเห็ดมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Sandhya, 2010) จากการสำรวจตลาดและซุปเปอร์มาร์เก็ตพบว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นมักบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกชนิดโอเรียนเทดโพลีโพรพิลีน (Oriented Polypropylene ; OPP) และมีปัญหาเรื่องการเกิดกลิ่นผิดปกติในระหว่างการจำหน่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิดของวัสดุบรรจุ

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

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

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

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

ภัณฑ์ที่ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของเห็ดโคนญี่ปุ่น ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจำหน่ายและเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประทานเห็ดโคนญี่ปุ่นที่มีคุณภาพใกล้เคียงของสด

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ใช้บรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ 1) พลาสติก ได้แก่ ถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene ; LDPE) และ ถุงโอเรียนเทดโพลีโพรพิลีน (Oriented Polypropylene ; OPP) และ 2) กระดาษขึ้นรูป ได้แก่ ถุงกระดาษชนิด KI ขึ้นรูปแบบ Satchel-bottom bag โดยนำเห็ดโคนญี่ปุ่น 100±0.50 กรัม บรรจุในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด นำมาเก็บไว้ที่ 4±1 °C สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส โดยการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ประกอบด้วย 1) ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ (Servomex, Model1400, England) 2) การสูญเสียน้ำหนัก 3) ค่า water activity (a_w) (NOVASINA, model TH 500, Switzerland) และ 4) ค่าเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems, Model TAXT2i, England) การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลในเห็ดโคนญี่ปุ่นในเทอมของ o-quinone (Degl'Innocenti และคณะ, 1998) และตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนเป็นนักศึกษาภาคจุลชีววิทยา จำนวน 10 คน ช่วงอายุ 22 – 23 ปี โดยให้คะแนนในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ด้านลักษณะปรากฏ (1 คะแนน = ก้านและหมวกเห็ดมีสีน้ำตาลชัดเจน มีร่องรอยการหลุดของส่วนหมวกเห็ด และตัวก้านลีบเล็ก ถึง 3 คะแนน = ก้านมีสีขาวสะอาดและหมวกเห็ดมีสีน้ำตาลอ่อน ไม่มีร่องรอยการหลุดของส่วนหมวกเห็ด) ด้านสี (1 คะแนน = มีสีน้ำตาลทั่วทั้งก้าน ถึง 4 คะแนน = มีสีน้ำตาล < 25% ของก้าน) ด้านเนื้อสัมผัส (1 คะแนน = ไม่มีความยืดหยุ่น ถึง 3 คะแนน ยืดหยุ่นดี) ด้านกลิ่น (1 คะแนน = กลิ่นผิดธรรมชาติ เช่นกลิ่นหมัก ถึง 3 คะแนน = เป็นกลิ่นธรรมชาติของเห็ดสด) ด้านการยอมรับโดยรวม (1 คะแนน = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 5 คะแนน = ชอบมากที่สุด) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's multiple range test ซึ่งข้อมูลกายภาพและคุณภาพทางเคมี วิเคราะห์ จำนวน 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองนี้ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของตัวอย่างที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ประเภทกระดาษได้ เนื่องจากกระดาษยอมให้อากาศผ่านเข้าออกได้โดยอิสระ จาก Figure 1a พบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์พลาสติกทั้ง 2 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน โดยมีการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรก หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และมีค่าคงที่ภายหลังวันที่ 6 ผลที่ได้สอดคล้องกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลิตผลเนื่องจากการหายใจของตัวอย่าง (Figure 1b) ซึ่งแสดงว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นมีการหายใจสูงมากในช่วง 3 วันแรก และเนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะของพลาสติกในการยอมให้อากาศผ่านอย่างจำกัด จึงมีผลให้ในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลง ในขณะที่มีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การเปลี่ยนแปลงของก๊าซข้างต้น รวมถึงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จะช่วยให้เห็ดมีการหายใจช้าลงและคงที่ในที่สุด เมื่อพิจารณาชนิดของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ พบ่า ชนิดของวัสดุบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อปริมาณก๊าซออกซิเจน แต่มีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญ อธิบายได้จากค่าการซึมผ่านของก๊าซ โดย OPP มีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนที่ใกล้เคียงกับ LDPE คือเท่ากับ 2 และ 550 cc/m^2/24h (23°C, 0%RH) ตามลำดับ แต่มีค่าการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า LDPE คือเท่า 800 และ 2900 cc/m^2/24h (23°C, 0%RH) (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ 2541)

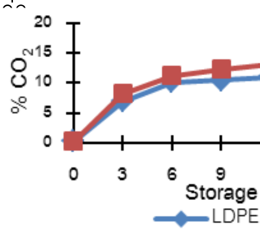


Figure 1 % Oxygen (a) and % carbondixide (b) in yanagimatsutake's packages stored at 4±1 °C for 21 days

เห็ดโคนญี่ปุ่นที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าในวันที่ 21 เห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์กระดาษจะมีการสูญเสียน้ำหนัก 59.92±0.18 % ซึ่งมากกว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์พลาสติก LDPE และ OPP ที่มีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกันคือ 12.00±0.12 และ 15.54±0.40 % ตามลำดับ (Figure 2) สาเหตุหลักของการสูญเสียน้ำหนักคือการสูญเสียน้ำจากกระบวนการหายใจและการระเหยน้ำที่ผิว

โดยจากผลแสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทกระดาษ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากพลาสติกยอมให้ไอน้ำผ่านเข้าและออกที่จำกัด สำหรับผลการวัดค่า water activity พบว่าค่า a_w ของตัวอย่างจะลดลงเช่นกัน (Figure 3) ซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียน้ำออกไปโดยเห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์กระดาษมีค่า a_w ลดลงมากกว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติก เนื่องจากสภาพบรรยากาศรอบ ๆ ตัวอย่างมีสภาวะใกล้เคียงกับบรรยากาศปกติ ส่งผลให้เกิดการแพร่ของน้ำออกจากบรรจุภัณฑ์กระดาษมากกว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกซึ่งมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำกว่า ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการสูญเสียน้ำหนักพบว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์กระดาษซึ่งมีการสูญเสียน้ำสูงที่สุด จะมีค่าความแน่นของเนื้อต่ำที่สุดที่ 129.78±1.17 N/g ในขณะที่เห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์พลาสติก OPP และ LDPE มีค่าความแน่นเนื้อใกล้เคียงกัน คือ 161.87±0.80 และ 164.17±1.38 N/g ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน (Figure 4)

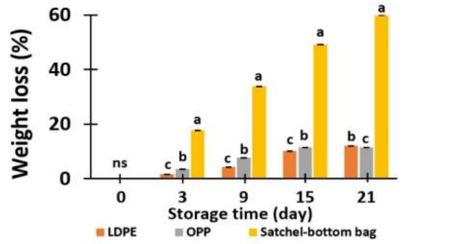


Figure 2 Weight loss of yanagimatsutake packed in various packages stored at 4±1 °C for 21 days*

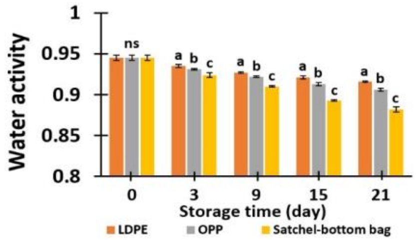


Figure 3 Water activity of yanagimatsutake packed in various packages and stored at 4±1 °C for 21 days*

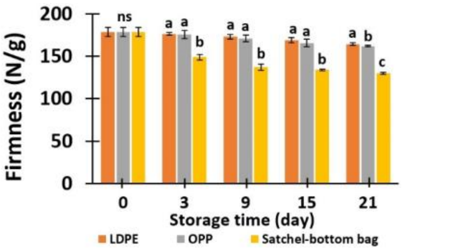


Figure 4 Firmness of yanagimatsutake packed in various packages and stored at 4±1 °C for 21 days*

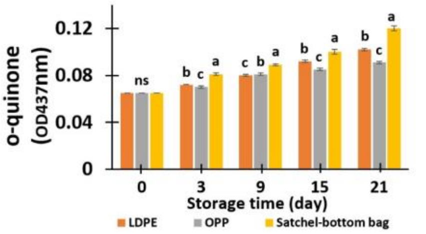


Figure 5 Browning in term of o-quinone of yanagimatsutake packed in various packages and stored at 4±1°C for 21 days*

* Mean bars with letters "a, b and c" in the same day indicate statistical difference at the 0.05 level ($p \leq 0.05$) and mean bars with letter "ns" in the same day indicate that there is no statistical difference at the 0.05 level ($p > 0.05$)

จาก Figure 5 พบว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์กระดาษ มีปริมาณ *o*-quinone สูงกว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์พลาสติกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลที่ เป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ซึ่งจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนเป็นส่วนหนึ่งของปฏิกิริยา ดังนั้นเห็ดโคนญี่ปุ่นที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์กระดาษที่มีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนสูงกว่าพลาสติกจึงมีค่าสีน้ำตาลสูงกว่า โดยจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ที่สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดโคนญี่ปุ่นในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน คือ บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด OPP สำหรับผลการทดลองทางประสาทสัมผัส พบว่า เห็ดโคนญี่ปุ่นได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการเกิดสีน้ำตาล และผลการสูญเสียน้ำหนัก โดยมีลักษณะเหี่ยว ส่วนของก้านลีบเล็กลงและสีเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลคล้ำ จาก Figure 6a-6b พบว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกสามารถรักษาคุณภาพด้านลักษณะปรากฏและสีของเห็ดโคนญี่ปุ่นได้ดีกว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทกระดาษตลอดอายุการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) การสูญเสียน้ำของเห็ดโคนญี่ปุ่นมีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส เนื่องจากการสูญเสียน้ำจะทำให้เซลล์มีความเต่งน้อยลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและเกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อของเห็ด (McGarry และ Bonton, 1994) ทำให้ความแน่นเนื้อลดลง โดยเห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์กระดาษ ได้คะแนนในช่วง 1.00-1.50 ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน คือมีลักษณะ ไม่ยืดหยุ่น เมื่อกดแล้วจะคืนตัวได้น้อยมาก ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บในบรรจุภัณฑ์พลาสติกได้รับคะแนนสูงกว่า 1.50 ซึ่งแสดงว่าสามารถรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเห็ดโคนญี่ปุ่นได้ดีกว่า (Figure 6c) สำหรับผลด้านกลิ่นพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเห็ดโคนญี่ปุ่นนานขึ้น คะแนนด้านกลิ่นจะมีค่าลดลง โดยเห็ดโคนญี่ปุ่นที่บรรจุในถุงกระดาษจะมีกลิ่นธรรมชาติของเห็ดลดลง (Figure 6d) ซึ่งเป็นเพราะสารให้กลิ่นมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ดังนั้นจึงระเหยออกไป

ได้ง่าย ขณะที่ตัวอย่างที่เก็บในบรรจุภัณฑ์พลาสติกสามารถกักเก็บกลิ่นได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามพบว่า เห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภท OPP มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อยซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการหายใจแบบไม่ใช่ออกซิเจน ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บใน LDPE จะมีกลิ่นที่ใกล้เคียงกับเห็ดสดตามธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากพลาสติก OPP มีความสามารถในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ดีกว่า LDPE ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์สูง เมื่อพิจารณาค่าคะแนนการยอมรับโดยรวม พบว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ได้รับคะแนนการยอมรับลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยเกณฑ์การตัดสินอายุการเก็บรักษาตัวอย่างจะตัดสินจากคะแนนที่มีค่ามากกว่า 3 คะแนน (เฉย ๆ) ซึ่งพบว่าเห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์กระดาษมีอายุการเก็บรักษา 3 วัน ในขณะที่เห็ดโคนญี่ปุ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์พลาสติก OPP และ LDPE มีอายุการเก็บรักษา 15 และ 18 วัน ตามลำดับ (Figure 6e)

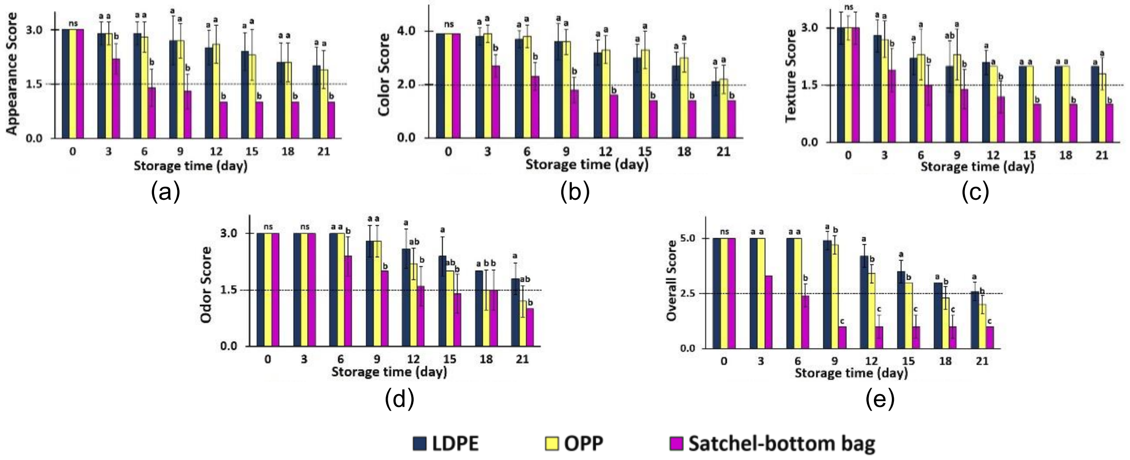


Figure 6 Sensory score of yanagimatsutake packed in various packages and stored at 4±1 °C for 21 days (a) appearance (b) Color (c) Texture (d) Odor and (e) Overall acceptance*

* Mean bars with letters "a, b and c" in the same day indicate statistical difference at the 0.05 level ($p \leq 0.05$) and mean bars with letter "ns" in the same day indicate that there is no statistical difference at the 0.05 level ($p > 0.05$)

สรุปผล

บรรจุภัณฑ์พลาสติก OPP และ LDPE สามารถลดอัตราการสูญเสียน้ำ การเกิดสีน้ำตาล และการเสื่อมคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเห็ดโคนญี่ปุ่นได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์กระดาษ แต่การเก็บในบรรจุภัณฑ์พลาสติก OPP จะทำให้เห็ดโคนญี่ปุ่นมีกลิ่นผิดปกติเนื่องจากมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นการเก็บรักษาที่เหมาะสมคือ การเก็บในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE ที่อุณหภูมิ 4±1 °C ซึ่งจะทำให้เห็ดโคญี่ปุ่นมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน

เอกสารอ้างอิง

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, บรรจุภัณฑ์อาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัทโรงพิมพ์หยี่เฮง จำกัด, กรุงเทพฯ.

Ares, G., Parentelli, C., Gambaro, A., Lareo, C., and Lema, P., 2006, Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere, Postharvest Biology and Technology, 41: 191–197.

McGarry, A. and Bonton, K.S., 1994, Mechanical properties of mushroom *Agaricus bisporus*. Mycological Research, 98: 241-245.

Oliveira, F., Sousa-Gallagher, M.J., Mahajan, P.V., and Teixeira, J.A., 2012, Development of shelf-life kinetic model for modified atmosphere packaging of fresh sliced mushrooms, Journal of Food Engineering,111: 466–473.

Sandhya, 2010, Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs, LWT - Food Science and Technology, 43: 381-392.

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* ในพื้นที่ปลูกข้าวเขตภาคกลางของประเทศไทย

Genetic diversity of *Bipolaris oryzae* in paddy fields in Central Region of Thailand

ปัฐวิภา สงกุมาร[1] **และ ณรงค์ สิงห์บุระอุดม**[2]
Songkumarn, P.[1] and Singburaudom, N.[2]

Abstract

Bipolaris oryzae (Breda de Haan) Shoemaker, brown spot of rice disease was determined its genetic diversity from 108 isolates collected from paddy fields in cental part of Thailand by using VNTR and RAPD markers. Among them, only PCR-based VNTR marker with MR primer showed polymorphism. Clustering analysis using UPGMA methods revealed three distinct groups, with each group contains 84.3%, 10.3%, and 5.5% of the population. However, no correlation among genetically distinct groups, locations, and rice cultivars were observed. In addition, evaluation of the representative isolates from each genetically distinct group on their aggressiveness in 4 Thai rice cultivars, KDML105, Rice berry, RD31, and Pathum Thani 1, demonstrated that no correlation between them could be observed. Furthermore, it was found that Rice berry was the most resistant cultivar, while KDML105 was the most susceptible to brown spot disease.

Keywords: *Bipolaris oryzae*, brown spot, rice, genetic diversity

บทคัดย่อ

ศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker สาเหตุของโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวจำนวน 108 ไอโซเลท ซึ่งรวบรวมจากแปลงนาข้าวในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล VNTR และ RAPD พบว่า เครื่องหมายโมเลกุล VNTR ใช้ไพร์เมอร์ MR สามารถตรวจพบความแตกต่างลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ผลการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี UPGMA สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม ประกอบด้วยประชากรเชื้อราร้อยละ 84.3 10.3 และ 5.5 ของจำนวนไอโซเลททั้งหมด อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากรที่มีความใกล้ชิดกันทางพันธุกรรมกับแหล่งที่มาและชนิดพันธุ์ข้าว การทดสอบความรุนแรงในการก่อโรคของเชื้อราตัวแทนจากกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันในข้าว 4 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 ไรซ์เบอรี่ กข 31 และปทุมธานี 1 ไม่พบความสัมพันธ์ของระดับความรุนแรงในการก่อโรคของเชื้อรากับกลุ่มทางพันธุกรรม และข้าวพันธุ์ไรซ์เบอรี่มีความต้านทานเชื้อราสูงสุด แต่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ต้านทานได้ต่ำสุด

คำสำคัญ: *Bipolaris oryzae* ใบจุดสีน้ำตาล ข้าว ความหลากหลายทางพันธุกรรม

คำนำ

โรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker ซึ่งเป็นหนึ่งในเชื้อสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอาการเมล็ดด่างทำให้ผลผลิตและคุณภาพของข้าวลดลง (Mew และ Gonazales, 2002) โดยหนึ่งในวิธีการควบคุมโรคที่มีประสิทธิภาพ คือการใช้พันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานต่อเชื้อรา *B. oryzae* (Burgos และคณะ, 2013) ซึ่งในปัจจุบันข้อมูลเชิงความต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลในพันธุ์ข้าวชนิดต่าง ๆ ยังคงมีจำกัด อีกทั้งมีรายงานว่าเชื้อราดังกล่าวมีความหลากหลายในกลุ่มประชากร (Burgos และคณะ, 2013) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อระดับความต้านทานของโรค ดังนั้นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวหรือพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ให้มีความต้านทานนั้นจะต้องมีความเข้าใจเชิงลึกด้านข้อมูลประชากรของเชื้อรา(Burgos และคณะ, 2013) การพัฒนาพันธุ์ต้านทานใหม่จำเป็นต้องอาศัยการประเมินความรุนแรงของโรคจากไอโซเลทต่าง ๆ ที่เป็นตัวแทนจากแต่ละกลุ่มประชากรซึ่งมีความแตกต่างกัน องค์ความรู้เหล่านี้ปัจจุบันมีผู้ศึกษาไว้น้อยมากและข้อมูลไม่เป็นที่ทันสมัย เพื่อที่จะสามารถเข้าใจในเรื่องความหลากหลายของ

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานครฯ 10900
[1] Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900
[2] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานครฯ 10900
[3] Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

ประชากรเชื้อรา *B. oryzae* ในพื้นที่เพาะปลูกข้าวในประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมประชากรเชื้อรา *B. oryzae* ในเขตพื้นที่ปลูกข้าวภาคกลางโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอและค้นหาพันธุ์ข้าวที่ศึกษาความรุนแรงในการก่อโรคของประชากรเชื้อรา *B. oryzae* ในพันธุ์ข้าวนิยมปลูกในเขตพื้นที่ภาคกลาง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การรวบรวมประชากรเชื้อรา *B. oryzae* ที่ก่อโรคใบจุดสีน้ำตาลในพื้นที่นาข้าว

เก็บตัวอย่างใบข้าวที่แสดงอาการโรคใบจุดสีน้ำตาลจากแปลงนาข้าวที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลาง เช่น จังหวัดสระบุรี อยุธยา ปทุมธานี นนทบุรีและกรุงเทพมหานคร โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบสุ่ม รวมตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 105 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 7 แปลงนาข้าว x 5 จังหวัด) แยกเชื้อสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ และทำการแยกสปอร์เดี่ยวเพื่อเก็บรักษาเชื้อราในหลอดอาหารแข็งพีดีเอ (PDA, Potato Dextrose Agar)

2. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมเชื้อรา *B. oryzae* โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ

สกัดดีเอ็นเอจากเชื้อราด้วยวิธี CTAB method (Doyle and Doyle, 1987) ศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด VNTR (Variable Number of Tandem Repeats) และ RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (Polymerase Chain Reaction, PCR) โดยไพรเมอร์ VNTR มีดังนี้ ไพร์เมอร์MR (5’ GAGGGTGGGTGCGGTTCT 3’) และไพรเมอร์ GF (5’ TCCTCCTCCTCCTCC 3’) (Bridge และคณะ, 1997) ไพรเมอร์ ชนิด RAPD ได้แก่ A01 (5’ CCCAAGGTCC) A08 (5’ ACGCACAACC 3’) และ B06 (5’ GTGACATGCC 3’)ทำการจัดกลุ่มโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NTSYSpc version 2.20e และแสดงผลการจัดกลุ่มออกมาในรูปของ dendrogram

3. การศึกษาความรุนแรงของเชื้อราในการก่อให้เกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในข้าวสายพันธุ์ในประเทศไทย

ทำการทดสอบความรุนแรงของเชื้อราในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไรซ์เบอรี่ กข 31 และปทุมธานี 1 โดยเตรียมกล้าข้าวอายุ 21 วันในกระถางปลูกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร แต่ละกระถางปลูกข้าวพันธุ์ดังกล่าว พันธุ์ละ 3 ต้น ในแต่ละชุดทดลองบรรจุพืชทดสอบจำนวน 4 กระถางในถุงพลาสติกใสขนาด 12x18 นิ้ว ที่มีการเติมน้ำลงไป 300 มิลลิลิตร เพื่อสร้างความชื้น ทำการปลูกเชื้อทดสอบในแต่ละชุดทดลองโดยวิธีฉีดพ่นสารละลายสปอร์ซึ่งมีความเข้มข้น 15,000 สปอร์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 10 มิลลิลิตร ทำการประเมินความรุนแรงของโรคภายหลังการปลูกเชื้อเป็นเวลา 120 ชั่วโมง โดยหาค่าเฉลี่ยของร้อยละพื้นที่แผลบนใบที่สองนับจากยอดต้นกล้าทดสอบ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างโดย ANOVA (Turkey HSD test, $p < 0.05$) และทำการประเมินความรุนแรงของโรคโดยอาศัยเกณฑ์ Standard Evaluation System for rice (IRRI, 1996) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงในการก่อโรคและกลุ่มประชากรเชื้อราที่ทำการจัดกลุ่มได้

ผลการทดลอง

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมเชื้อรา *B. oryzae* และการวิเคราะห์ความรุนแรงของเชื้อ

การศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล VNTR และ RAPD จำนวน 5 ชนิดไพร์เมอร์ในประชากร *B. oryzae* จำนวน 108 ไอโซเลท ซึ่งรวบรวมจากนาข้าวในพื้นที่ภาคกลาง พบว่ามีเฉพาะเครื่องหมายโมเลกุล VNTR โดยใช้ไพร์เมอร์ MR ที่สามารถแสดงความแตกต่างของลายพิมพ์ดีเอ็นเอในกลุ่มประชากรที่นำมาศึกษา จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี SAHN Clustering เพื่อสร้าง dendrogram โดยวิธี UPGMA สามารถจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อราออกเป็น 3 กลุ่ม (Figure 1) ประกอบด้วยประชากรเชื้อคิดเป็นร้อยละ 84.3 10.3 และ 5.5 ทั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากร *B. oryzae* ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมกับแหล่งที่มา และชนิดพันธุ์ของข้าวในทั้ง 3 กลุ่มประชากรที่มีพันธุกรรมที่แตกต่างกันผลการทดสอบความรุนแรงของเชื้อราซึ่งเป็นตัวแทนจากกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันในข้าว 4 สายพันธุ์พบว่า ระดับความรุนแรงในการก่อโรคของเชื้อราไม่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่จัดกลุ่มได้ สำหรับพันธุ์ข้าวที่แสดงระดับความต้านทานสูงสุดต่อเชื้อรา *B. oryzae* ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พันธุ์ไรซ์เบอรี่ ในขณะที่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แสดงระดับความต้านทานต่ำสุด (Figure 2)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมเชื้อรา *B. oryzae* โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล VNTR-MR พบว่าสามารถจัดแบ่งกลุ่มประชากรเชื้อราที่มีความสัมพันธ์กันทางพันธุกรรมกันออกเป็น 3 กลุ่ม Burgos และคณะ (2013) ทำการศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมของประชากร *B. oryzae* จำนวน 352 ไอโซเลท จากทั่วประเทศฟิลิปปินส์โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล VNTR-MR พบความแปรปรวนสูงในกลุ่มประชากรดังกล่าว โดยมีความแตกต่างของรูปแบบดีเอ็นเอ 50 แฮพโพลไทป์ ทั้งนี้จำนวนกลุ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวนน้อยกว่าที่พบในงานของ Burgos และคณะ อาจเนื่องมาจากการกระจายการเก็บตัวอย่างของเชื้อราในแต่ละพื้นที่มีจำกัดและมีขอบเขตการศึกษาเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยเท่านั้น นอกจากนั้นจำนวนเครื่องหมายโมเลกุลที่ให้ความแตกต่างของรูปแบบดีเอ็นเอมีเพียง 1 เครื่องหมายโมเลกุล Archana และคณะ (2014) ได้ศึกษาความหลากหลายของประชากร *B. oryzae* ในประเทศอินเดีย โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล ISSR จำนวน 7 ชนิดไพร์เมอร์ พบว่าให้ค่าโพลีมอร์ฟิกสูงระหว่าง 83.33-95.45% และสามารถจัดแบ่งกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อราออกจากกันได้ ดังนั้นในการศึกษาข้อมูลด้านความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรเชื้อรา *B. oryzae* ในงานวิจัยครั้งนี้ยังคงมีความจำเป็นต้องตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลที่ให้ความแตกต่างทางพันธุกรรมเพิ่มเติม ในงานวิจัยนี้พบว่าข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่ให้ความต้านทานต่อเชื้อใบจุดสีน้ำตาลสูงสุดในพันธุ์ข้าวที่นำมาทดสอบ ข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่ถูกพัฒนามาจากการผสมของข้าว 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเจ้าหอมนิล ดังนั้นข้าวเจ้าหอมนิลจึงเป็นแหล่งพันธุกรรมต้านทานต่อเชื้อราก่อโรคใบจุดสีน้ำตาลที่ดีแหล่งหนึ่งในการนำมาพัฒนาหรือศึกษาลักษณะต้านทานต่อไป

สรุปผล

จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* ในพื้นที่ปลูกข้าวเขตจังหวัดนนทบุรี พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี สระบุรีและกรุงเทพมหานคร ในระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 พบว่ากลุ่มประชากรเชื้อรา *B. oryzae* จากนาข้าวในพื้นที่ซึ่งดำเนินการวิจัยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยพบเครื่องหมายโมเลกุล VNTR-MR มีศักยภาพในการวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมในกลุ่มประชากรเชื้อรา *B. oryzae* อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มพันธุกรรมที่แตกต่างกับพื้นที่เก็บตัวอย่าง ชนิดพันธุ์ข้าว และความรุนแรงในการก่อโรค โดยงานวิจัยนี้พบว่าข้าวพันธุ์ไรซ์เบอรี่ให้ความต้านทานต่อเชื้อใบจุดสีน้ำตาลในดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากโครงการสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีงบประมาณ 2557 และคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์

เอกสารอ้างอิง

Archana, B., Kini, K. R., and Prakash, H. S., 2014, Genetic diversity and population structure among isolates of the brown spot fungus, *Bipolaris oryzae,* as revealed by inter-simple sequence repeats (ISSR),. African Journal of Biotechnology 13 (2): 238-244. DOI: 10.5897/AJB2013.12063

Bridge, P. D., Pearch, D. A., Riyera, A., and Rutherford, M. A., 1997, VNTR derived oligonucleotides as PCR primers for population studies in filamentous fungi, Letters in Applied Microbiology, 24: 426-430.

Burgos, M. R. G., Katimbang, M. L. B., Dela Paz, M. A. G., Beligan, G. A., Goodwin, P. H., Ona, I. P., Mauleon, R. P., Ardales, E. Y., and Vera Cruz, C. M., 2013, Genotypic variability and aggressiveness of *Bipolaris oryzae* in the Philippins. Eur. J. Plant Pathol. 137: 415–429. DOI 10.1007/s10658-013-0256-x

Doyle, J. J., and Doyle, J. L., 1987, A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem Bull, 19, 11–15.

IRRI. 1996. Standard evaluation system for rice. (4^{th}edition), IRRI, Manila, Philippine.

Mew T.W., Gonzales P. A handbook of rice seed-borne fungi. Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute (IRRI) and Enfield, N.H., USA: Science Publishers, Inc; 2002. p. 83p.

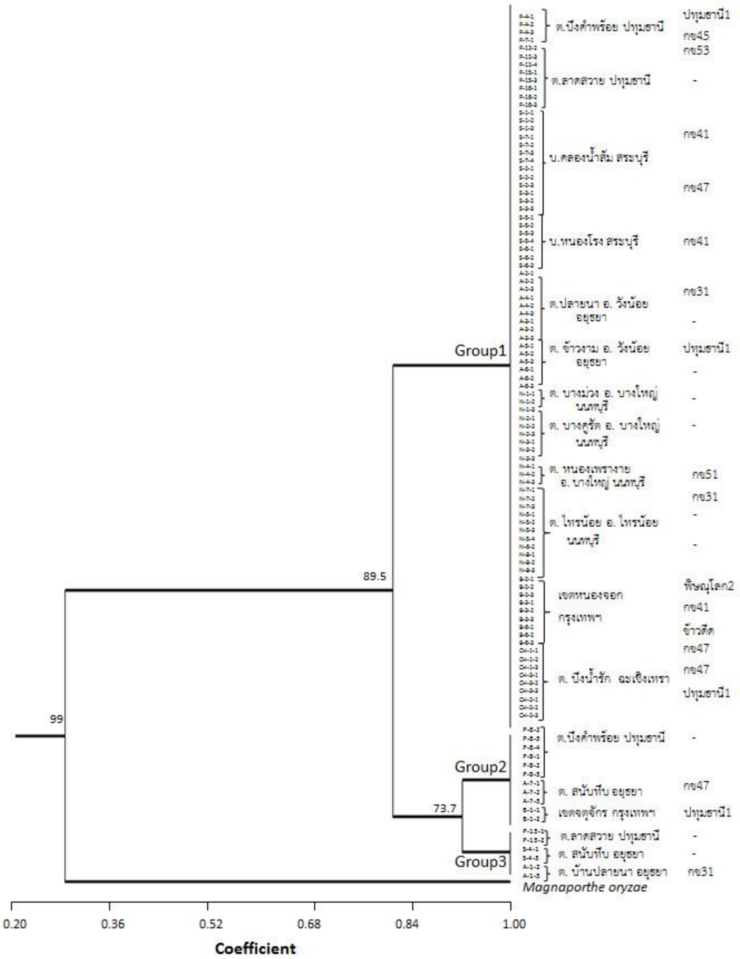


Figure 1 UPGMA dendrogram for VNTR-MR marker based on SAHN clustering analysis of 108 isolates of *Bipolaris oryzae* with an out-group isolate, *Magnaporthe oryzae*.

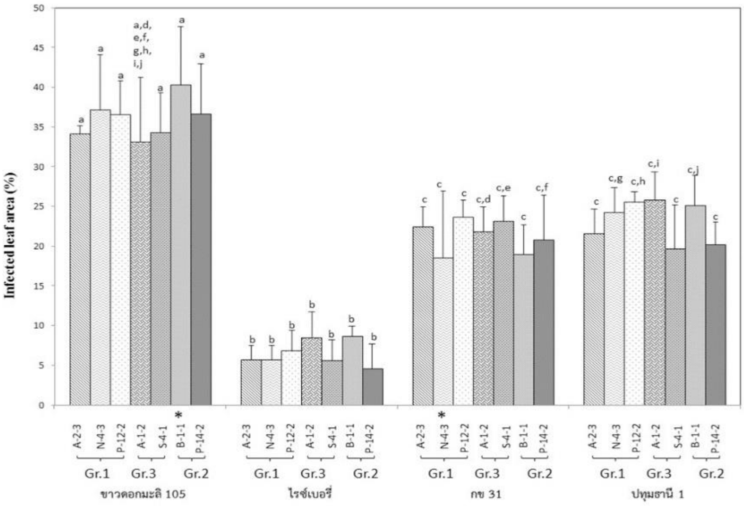


Figure 2 Mean ± standard derivative values of the infected-area percentages in 4 Thai rice cultivars: KDML105, Rice berry, RD31, and Pathum Thani 1 after inoculating with representative isolates of each genetically distinct group. Different letters are significantly different (ANOVA, Turkey HSD test, $p < 0.05$). * Value calculated from one replication.

การจัดการการผลิต และการตลาดของผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม อำเภอภูพาน และอำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร

Production Management and Marketing of Sericulture at Phuphan District and Khoksisuphan District, Sakon Nakhon Province

ธนพร ขจรผล[1] นงลักษณ์ ชาภูคำ[1] ชลธิรา แสงศิริ[2] พุทธพร วิวาจารย์[3] สิทธิชัย บุญมั่น[3] และประชาชาติ นพเสนีย์[3]

Kajonphol, T.[1] Chapookham, N.[1] Sangsiri, C.[2] Wiwacharn, P.[3] Boonman, S.[3] and Noppasenee, P.[3]

Abstract

The objective of this research was to study the management and marketing of mulberry and silkworm production in Phu Phan and Khok Si Suphan district, Sakhon Nakhon province. The sericulturist 31 persons were interviewed by the questionnaire. The result showed that the most of sericulturist was the women. The age was about 56 - 65 years old which graduated in primary school. The major career was agriculture and the sericulture was the minor with their capital. The workers were their family members (1 - 2 persons). The income of raw silk yarn selling was 10,000 - 30,000 baht per year. There was a group of Sericulturist for weaving in each village and developed to be career training center. The silk weaving must use the warp and the weft. The sericulturist brought the warp from the merchant in Surin and Roi Et province. For the weft, the sericulturist received from Chitralada Palace. After that, they waved and sold to Chitralada Palace again by the committee of Phu Phan Ratchanivet Palace. The marketing of silk fabric was pre-order production. Sericulturist had annual income from weaving around 10,000 - 20,000 baht per year.

Keywords: production management, marketing, mulberry and silkworm, Sakhon Nakhon province

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อ ศึกษาการจัดการการผลิตและการตลาดหม่อนไหมของผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม ในเขตอำเภอภูพาน และอำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร โดยใช้แบบสอบถาม ประกอบด้วยผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม จำนวน 31 ราย ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมีอายุระหว่าง 56-65 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ประกอบอาชีพทำนาเป็นหลัก และปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นอาชีพเสริม ใช้เงินทุนตัวเองในการลงทุน มีแรงงานในครัวเรือน 1-2 คน รายได้จากการขายเส้นไหมอยู่ระหว่าง 10,000-30,000 บาท/ปี เกษตรกรมีการรวมกลุ่มกันภายในหมู่บ้านเป็นกลุ่มศูนย์ฝึกวิชาชีพเพื่อผลิตผ้าไหม โดยซื้อเส้นไหมยืนจากพ่อค้าปลีกที่มาจากจังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดร้อยเอ็ด ส่วนเส้นไหมพุ่ง เกษตรกรรับมาจากสวนจิตรลดาและนำมาผลิตผ้าไหมในรูปแบบการจ้างการผลิต หลังจากนั้น โดยคณะกรรมการศูนย์ฝึกวิชาชีพจะรวบรวมแล้วนำส่งพระตำหนักภูพานราชนิเวศน์และสวนจิตรลดา ตามลำดับ สำหรับการตลาดผ้าไหม เป็นแบบผลิตตามคำสั่ง เกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้จากการทอผ้าอยู่ระหว่าง 10,000-20,000 บาท/ปี

คำสำคัญ: การจัดการการผลิต การตลาด หม่อนและไหม จังหวัดสกลนคร

คำนำ

ปัจจุบันการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมนับว่ามีความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากอาชีพปลูกหม่อนเลี้ยงไหม เป็นอาชีพเสริมหลังจากการทำนาที่สามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรเป็นอย่างดีและทำให้เกษตรกรมีงานทำตลอดทั้งปี เป็นการยกระดับการครองชีพของเกษตรกรให้ดีขึ้น กรมหม่อนไหม ได้วิจัยและทดลอง ศึกษาวิธีการเลี้ยงไหมแผนใหม่ ปรับปรุงพันธุ์หม่อนไหม การป้องกันกำจัดโรคแมลง การจัดการสวนหม่อน การสาวเส้นไหม รวมถึงการศึกษาผลิตภัณฑ์หม่อนไหมต่าง ๆ ออกเผยแพร่สู่เกษตรกรในรูปแบบต่างๆ

[1] **คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000**

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Campus, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000

[2] **สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150**

[2] Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

[3] **ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000**

[3] Queen Sirikit Sericulture Center Sakon Nakhon, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000

เช่นการฝึกอบรม การจัดนิทรรศการและการทำแปลงสาธิต เป็นต้น ทำให้เกษตรกรสามารถนำความรู้ไปปรับปรุงเลี้ยงไหมได้อย่างมีประสิทธิผล (ภานุพันธุ์ และ ประสิทธ์, 2557) ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีความหลากหลายด้านอาชีพโดยการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นอาชีพที่แสดงถึงศิลปวัฒนธรรมของแต่ละท้องถิ่นที่ได้สืบทอดกันมาจากบรรพบุรุษการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเพื่อทอผ้า ผู้ที่ประกอบอาชีพนี้ต้องมีความชำนาญ ความรู้ และประสบการณ์ เพราะในแต่ละกระบวนการผลิต มีความละเอียดอ่อน ซับซ้อน ยุ่งยาก ใช้เวลานาน เป็นสาเหตุให้คนรุ่นใหม่ไม่สนใจสืบต่ออาชีพนี้แต่หันไปประกอบอาชีพอื่นแทน (สมโพธิ, 2539) ในปัจจุบันการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมลดลงมากและคาดว่าจะลดลงเรื่อยๆ ปัญหาที่สำคัญในการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมคือไม่มีผู้สืบทอดอาชีพนี้ รวมทั้งลักษณะสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกหม่อนและเลี้ยงไหมในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตค่อนข้างมาก และส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและอัตราการฟักของหนอนไหม การนำเอาความรู้ด้านการจัดการต่างๆ ในกระบวนการผลิตและการตลาดไปพัฒนาอย่างถูกต้องจะสามารถช่วยให้เกษตรกรมีความคล่องตัวและประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อ ศึกษาการจัดการการผลิตและการตลาดหม่อนไหมของผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมในเขตอำเภอภูพาน และอำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านการผลิต การจัดการ และใช้ประโยชน์ได้ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **ประชากรกลุ่มตัวอย่าง** ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม ในอำเภอภูพานและอำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร ทำการสุ่มตัวอย่าง เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมทั้งหมด จำนวน 31 ราย จากอำเภอภูพาน จำนวน 20 ราย และอำเภอโคกศรีสุพรรณ 11 ราย

2. **การเก็บรวบรวมข้อมูล** เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) เก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิโดยใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ ประกอบด้วยคำถามแบบปลายเปิดและปิด โดยการสร้างและตอบแบบสอบถาม และการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็นในด้านสภาพการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม และด้านการตลาดเส้นไหมโดยการสุ่มประชากรตัวอย่างจากเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม

3. **วิธีการวิเคราะห์** 1) การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive analysis) เป็นการอธิบายให้ทราบถึงสภาพทั่วไปของการผลิตและการตลาด รวมทั้งอุปสรรคในพื้นที่ที่ทำการศึกษา 2) การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis) การวิเคราะห์ทัศนคติของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมในพื้นที่ที่ทำการศึกษา 2.1 ร้อยละ (Percentage) วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร และวิเคราะห์การผลิตและการตลาดผ้าไหม 2.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้วิเคราะห์ข้อมูลระดับความสำคัญของปัจจัยการผลิตด้านการตลาดและการผลิตของผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม โดยกำหนดคะแนนในการวิเคราะห์ข้อมูล เป็น 5 ระดับ ดังนี้ มีความต้องการน้อยมาก คะแนนเท่ากับ 1, มีความต้องการน้อย คะแนนเท่ากับ 2, มีความต้องการปานกลาง คะแนนเท่ากับ 3, มีความต้องการมาก คะแนนเท่ากับ 4, มีความต้องการมากที่สุด คะแนนเท่ากับ 5 การแปลผลเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยด้านการผลิตและด้านการตลาด โดยใช้วิธีนำค่าเฉลี่ยของแต่ละประเด็นมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายหรืออันตรภาคชั้น โดยได้กำหนดระดับค่าคะแนนเกณฑ์เฉลี่ยดังนี้ มีความต้องการน้อยมาก ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00–1.80, มีความต้องการน้อย ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.81–2.60, มีความต้องการปานกลาง ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.61–3.40, มีความต้องการมาก ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20, มีความต้องการมากที่สุด ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม เกษตรกรอำเภอภูพานที่ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 85 และร้อยละ 35 ตามลำดับ ส่วนเกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณเกษตรกรที่ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นเพศหญิงทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 สาเหตุที่เพศหญิงทำการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมากกว่าเพศชายเนื่องจากการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมีความยุ่งยาก ซับซ้อน ในกระบวนการผลิตต้องใช้ความละเอียดอ่อน ซึ่งการเลี้ยงจะมีผลต่อคุณภาพของรังไหมและเส้นไหมที่ได้ จึงเป็นอาชีพที่เหมาะสมกับเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยส่วนมากเพศชายจะใช้แรงงานในการทำงานมากกว่าเพศหญิงซึ่งเพศชายจะออกไปทำงานนอกบ้านเป็นการสร้างรายได้หลักให้กับครอบครัว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของบุญก์ณิสา และคณะ (2546) รายงานว่า เกษตรกรที่ปลูกหม่อนเพศหญิงมีสัดส่วนมากกว่าเพศชาย โดยสภาพสังคมไทยในอดีตจนถึงปัจจุบันเมื่อว่างจากการทำนาผู้หญิงจะใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์โดยการเลี้ยงไหมสาวไหมทอผ้าใต้ถุนบ้าน ซึ่งได้ดูแลบ้านและเลี้ยงลูกไปด้วย ส่วนเพศชายออกไปทำงานนอกบ้าน เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วน

ใหญ่มีอายุระหว่าง 56-65 ปี คิดเป็นร้อยละ 35 และ 45.46 ตามลำดับ โดยส่วนมากเกษตรกรที่ทำการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมีการได้รับการสืบทอดกันมาจากบรรพบุรุษ ส่วนคนรุ่นใหม่ไม่สนใจประกอบอาชีพนี้เพราะไม่มีความรู้ สงผลทำให้เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมีอายุที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของบุญฑ์ณิสา และคณะ (2546) รายงานว่าเกษตรกรมีอายุระหว่าง 51-70 ปี มีสัดส่วนสูงสุด อายุเฉลี่ยอยู่ที่ 53.7 ปี เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 90 และ ร้อยละ 90.91 ตามลำดับ เนื่องจากในสมัยก่อนระบบการศึกษาไทยยังเข้าไม่ทั่วถึง และมีการศึกษาภาคบังคับแค่ระดับประถมศึกษาเกษตรกรจึงสนใจในการเกษตรน้อย เกษตรกรในภาคการเกษตรของไทยส่วนใหญ่จะจบการศึกษาในระดับเดียวกันถ้าเปรียบเทียบกับอาชีพอื่นๆถือว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก สอดคล้องกับรายงานของยุพวัลย์ (2554) พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมสองในสามจบการศึกษาระดับประถมศึกษาปี ที่ 4 เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่มีสมาชิกที่เป็นแรงงานในครัวเรือน 1-2 คน คิดเป็นร้อยละ 80 และร้อยละ 72.73 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าแรงงานมีจำนวนที่น้อย เนื่องจากการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นงานที่ละเอียดที่ต้องมีการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี คนที่ไม่มีความรู้และประสบการณ์จะเกิดปัญหาต่างๆที่ทำให้เกิดความยุ่งยาก ถ้าไม่มีความรู้ความชำนาญผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพที่ต่ำทำให้ได้ผลตอบแทนที่น้อย ส่งผลทำให้สมาชิกในครัวเรือนหันไปประกอบอาชีพอื่นเนื่องจากให้ผลตอบแทนที่เร็วและสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องรายงานของบัวแก้ว และคณะ (ม.ป.ป.) ที่รายงานว่าแรงงานในครัวเรือนส่วนใหญ่มีจำนวน 2 คนถือว่าเป็นแรงงานไม่มากนัก ในการเลี้ยงไหมวัยแก่ที่ต้องใช้แรงงานมากเพื่อการเก็บเกี่ยวหม่อนมากขึ้น หากเกษตรกรมีแรงงานในครัวเรือนน้อยจะมีผลต่อคุณภาพของรังไหม เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมประกอบอาชีพทำนาเป็นหลักและประกอบอาชีพปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นอาชีพเสริม คิดเป็นร้อยละ 95 และร้อยละ 90.91 ตามลำดับ อาชีพทำนามีมาตั้งแต่อดีต เพราะคนไทยกินข้าวเป็นอาหารหลัก อาชีพทำนาจึงเป็นอาชีพที่สำคัญมาก หลังจากการทำนาเกษตรกรจะทำการเลี้ยงไหมโดยส่วนมากจะเลี้ยงอยู่ใต้ถุนบ้านหรือสร้างโรงเรือนไว้ข้างบ้าน การปลูกหม่อนเป็นอาชีพเสริมที่สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้ตลอดปีสามารถสร้างรายได้ให้กับครัวเรือนของเกษตรกรได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องรายงานของบัวแก้ว และคณะ (ม.ป.ป.) รายงานว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นอาชีพเสริมหลังจากการทำนา เกษตรกรทั้งหมดใช้เงินทุนตัวเองในการปลูกหม่อนเกษตรกรอำเภอภูพานส่วนใหญ่มีพื้นที่ในการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมากกว่า 1 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40 โดยปลูกในพื้นที่ตนเองเป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 50 และเกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณส่วนใหญ่มีพื้นที่ปลูกหม่อน 1 แปลง เกษตรกรใช้เงินทุนตัวเอง เนื่องจากการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นอาชีพเสริมพื้นปลูกหม่อนน้อยจึงใช้เงินทุนไม่ค่อยสูงมาก เกษตรกรอำเภอภูพานส่วนใหญ่ใช้พื้นที่ของตัวเองในการปลูกหม่อนโดยการปลูกจะขึ้นอยู่กับความต้องการของเกษตรกรว่าจะปลูกในปริมาณเท่าใดเพื่อให้เพียงพอต่อการเลี้ยงไหม และปลูกตามจำนวนพื้นที่ที่มีจำกัด การปลูกหม่อนของอำเภอโคกศรีสุพรรณส่วนใหญ่ปลูกในดินสาธารณะเป็นการปลูกรวมกันของกลุ่มศูนย์ฝึกวิชาชีพ มีการปลูกรวมกันและแบ่งแปลงหม่อนให้เกษตรกรเท่าๆ กันในจำนวนจำกัด โดยให้เกษตรกรดูแลในส่วนของแปลงตัวเอง ในปัจจุบันพื้นที่ในการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมถือว่าลดลงมาก เนื่องจากการขยายตัวของเศรษฐกิจต่างๆ เช่น การสร้างบ้านเรือนสถานที่ประกอบการ และร้านค้าต่างๆ เป็นต้น ส่งผลทำให้พื้นที่ปลูกหม่อนลดลงส่งผลทำให้ปริมาณเส้นไหมลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับสมหญิง (2549) พบว่าเกษตรกรส่วนมากมีพื้นที่ในการปลูกหม่อนครัวเรือนละ 0.25-2 ไร่ ถือว่าไม่เพียงพอสำหรับเลี้ยงไหมแต่ละรุ่น จำนวนพื้นที่ปลูกหม่อนค่อนข้างน้อยส่งผลทำให้จำนวนการเลี้ยงไหมจำนวนน้อยลงไปด้วย เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม 1-5 ปี คิดเป็นร้อยละ 40 และร้อยละ 63.64 รองลงมามีประสบการณ์ 6-10 ปี คิดเป็นร้อยละ 20 และคิดเป็นร้อยละ 18.18 ตามลำดับ เกษตรกรที่มีประสบการณ์น้อยส่วนมากเป็นเกษตรกรที่เริ่มสนใจปลูกหม่อนเลี้ยงไหมโดยมีการเข้าฝึกอบรมแนะนำวิธีการปลูกและวิธีการเลี้ยงไหมจากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ สกลนคร ส่วนเกษตรกรที่มีประสบการณ์มากส่วนใหญ่จะเป็นเกษตรกรที่ทำมาตั้งแต่เด็กโดยได้รับการสืบทอดจากบรรพบุรุษ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของยุพวัลย์ (2554) พบว่าเกษตรกรมีประสบการณในการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม 1-10 ปี เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่มีปลูกหม่อนพันธุ์สกลนคร คิดเป็นร้อยละ 50 และ 81.82 ตามลำดับ รองลงมาพันธุ์บุรีรัมย์ 60 คิดเป็นร้อยละ 30 และร้อยละ 18.18 ตามลำดับ ปลูกหม่อนพันธุ์สกลนครและพันธุ์บุรีรัมย์ 60 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตใบที่สูง เหมาะสมกับการเป็นอาหารหนอนไหม เป็นพันธุ์ที่ทนแล้ง เป็นพันธุ์ที่มีการพัฒนาและปรับปรุงให้เหมาะกับสภาพพื้นที่ปลูกในสกลนคร ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ สกลนครได้มีการส่งเสริมและแนะนำให้เกษตรกรปลูก ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของยุพวัลย์ (2554) พันธุ์หม่อนที่นำมาปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์บุรีรัมย์ 60 เป็นพันธุ์ที่ทนแล้ง ขยายพันธุ์ง่าย โดยการปักชำให้ผลผลิตสูง ได้รับสนับสนุนและแนะนำโดยหน่วยงานราชการ ในแต่ละพื้นที่มีการปลูกหม่อนที่แตกต่างกันโดยพันธุ์หม่อนที่เกษตรกรปลูกขึ้นอยู่กับการส่งเสริมการแนะนำและการสนับสนุนจากหน่วยงานของรัฐ

สภาพการเลี้ยงไหม เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่เลี้ยงไหมพันธุ์นางน้อยศรีสะเกษ1 คิดเป็นร้อยละ80 และร้อยละ 54.55 เกษตรกรทั้งหมดได้พันธุ์ไหมมาจากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ สกลนคร ไหมพันธุ์นางน้อยศรีสะเกษ1 เป็นพันธุ์ไหม

พื้นเมืองพันธุ์แท้ที่มีคุณลักษณะอยู่ตัว ซึ่งมีลักษณะเด่นคือ มีจำนวนไข่ไหมสูง อายุหนอนไหม 20 วัน รังไหมสีเหลืองหัวป้านท้ายแหลม คุณภาพเส้นไหมสูง เกษตรกรบางรายเลี้ยงไหมพันธุ์นางสิ่ว และพันธุ์นางตุ่ย ไหมที่เกษตรกรเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรเลี้ยงมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่พันธุ์นางน้อยศรีสะเกษ1 เป็นพันธุ์ที่หน่วยงานราชการส่งเสริมเพราะให้ผลผลิตที่ดีกว่าพันธุ์นางสิ่วและนางตุ่ย ซึ่งแตกต่างกับรายงานของบัวแก้ว และคณะ (ม.ป.ป.) ที่รายงานว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงพันธุ์ดอกบัว เป็นพันธุ์ลูกผสมไทยเป็นพันธุ์ที่เลี้ยงง่ายมีความแข็งแรงมีความต้านทานอุณหภูมิ อาจเนื่องมาจากแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมีการเลี้ยงพันธุ์ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพการเลี้ยงและสภาพภูมิอากาศที่มีความหลากหลายแตกต่างกันไป แหล่งที่มาพันธุ์ไหมได้จากศูนย์หม่อนไหมที่นำมาแจกจ่ายและขายในราคาที่ถูกและอีกส่วนหนึ่งชาวบ้านจะมีการพันธุ์ไหมไว้เลี้ยงเองในแต่ละรุ่น เกษตรกรอำเภอภูพานเลี้ยงไหม 6-10 รุ่น/ปี คิดเป็นร้อยละ 55 รองลงมาเลี้ยง 1-5 รุ่น/ปี คิดเป็นร้อยละ 45.45 เกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณเลี้ยงไหม 1-5 รุ่น/ปี ร้อยละ 54.55 รองลงมาเลี้ยงไหม 6-10 รุ่น/ปี คิดเป็นร้อยละ 45.45 เกษตรกรอำเภอภูพานมีการเลี้ยงไหมมากกว่าอำเภอโคกศรีสุพรรณเพราะพื้นที่การปลูกหม่อนของอำเภอภูพานมากกว่าอำเภอโคกศรีสุพรรณ ถึงแม้อำเภอภูพานจะมีพื้นที่ที่มากกว่าแต่โดยภาพรวมการเลี้ยงไหมก็มีจำนวนการเลี้ยงต่อรุ่นต่อปีก็ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก เพราะเกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณมีการจัดการการดูแลแปลงหม่อนได้ดีกว่าอำเภอภูพานปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ได้จะสูงจึงสามารถเลี้ยงไหมได้หลายรุ่นเช่นกัน เกษตรกรอำเภอภูพานส่วนใหญ่เลี้ยงไหมเป็นรุ่นแล้วพักโรงเลี้ยง คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมาเลี้ยงหลายรุ่น/รอบ คิดเป็นร้อยละ 35 เกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณส่วนใหญ่เลี้ยงหลายรุ่น/รอบเกษตรกรจะเลี้ยงประมาณ 2-3 รุ่น/รอบ จำนวน 5 รายคิดเป็นร้อยละ 45.45 เกษตรกรอำเภอภูพานมีการเลี้ยงไหมเป็นรุ่นแล้วมีการพักโรงไว้ ประมาณ 1-2 สัปดาห์ เกษตรกรไม่มีการจัดการดูแลรักษาสวนหม่อนที่ดีผลผลิตใบหม่อนที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควรจึงต้องมีการพักการเลี้ยงเพื่อให้หม่อนพักตัวและเจริญเติบโตในช่วงนั้น และเป็นการพักโรงเลี้ยงเพื่อให้เชื้อโรคหยุดการเจริญเติบโต เกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณมีการเลี้ยงหลายรุ่น/รอบเป็นการเลี้ยงไหมแบบหลายรุ่น โดยส่วนมากเกษตรกรส่วนใหญ่จะเลี้ยง 2 รุ่น/รอบ เกษตรกรมีการจัดการสวนหม่อนได้ดีพอสมควรเมื่อเทียบกับอำเภอภูพานถึงแม้จะมีพื้นที่น้อยกว่าก็ตาม ผลผลิตใบหม่อนที่ได้จึงเพียงพอต่อการเลี้ยง เกษตรกรอำเภอภูพานส่วนใหญ่เลี้ยงไหมในโรงเรือน คิดเป็นร้อยละ 55 เกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณส่วนใหญ่เลี้ยงไหมในมุ้งพลาสติก (มุ้งสีเขียว) คิดเป็นร้อยละ 81.82 เกษตรกรอำเภอภูพานส่วนใหญ่มีการสร้างโรงเรือนข้างบ้านการสร้างเป็นโรงเรือนเพื่อป้องกันแสงแดด ฝน และน้ำค้าง เกษตรกรอำเภอโคกศรีเลี้ยงไหมในมุ้งพลาสติก (มุ้งสีเขียว) เป็นการเลี้ยงการเลี้ยงใต้ถุนบ้านจึงไม่จำเป็นต้องใช้โรงเรือนเพื่อป้องกันแสงแดด น้ำฝน และน้ำค้าง จึงเป็นการเลี้ยงที่ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก เกษตรกรมีการเลี้ยงในโรงเรือนที่ต่างกันเพราะมีวัฒนธรรมในการเลี้ยงที่สืบทอดจากบรรพบุรุษที่ต่างกัน โรงเรือนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงไหมต้องมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ป้องกันโรคและศัตรูไหมได้ สะดวกในการทำความสะอาด โรงเรือนที่เกษตรกรใช้เลี้ยงไหมของเกษตรกรทั้งสองอำเภอถือว่ายังไม่เหมาะสมในการเลี้ยงเพราะโรคและศัตรูไหมสามารถเข้าไปทำลายไหมได้เกษตรกรส่วนใหญ่ขาดการดูแลเอาใจใส่ที่ดี สภาพการเลี้ยงของอำเภอโคกศรีสุพรรณสอดคล้องกับรายงานของยุพวัลย์ (2554) พบว่าเกษตรกรเลี้ยงไหมจำนวนหนึ่งในสี่จะเลี้ยงไหม 7 รุ่น/ปี การเลี้ยงส่วนใหญ่จะเลี้ยงไข่ไหมจำนวน 1 แผ่น จะได้เส้นไหมประมาณ 3 กิโลกรัม โรงเรือนเลี้ยงไหมสองในสามจะเป็นแบบประหยัด (มุ้งสีเขียว)

การจัดการการผลิตเส้นไหม เกษตรกรอำเภอภูพานขายเส้นไหมทั้งหมดเนื่องจากเกษตรกรอำเภอภูพานไม่มีความรู้ในเรื่องของการทอผ้าไหม ซึ่งแตกต่างจากอำเภอภูพานที่ทอผ้าไหมเป็นอาชีพเสริมจึงมีการเก็บเส้นไหมไว้ทอใช้, ทอขาย และขายเส้นไหมบางส่วน เกษตรกรทั้งหมดมีการสาวเส้นไหมเอง เกษตรกรอำเภอภูพานทั้งหมดจะขายเส้นไหมให้กับสวนจิตรลดาโดยผ่านทางพระตำหนักภูพานราชนิเวศน์ส่งไปยังสวนจิตรลดา เกษตรกรอำเภอภูพานขายเส้นไหมทั้งหมดเพราะเกษตรกรไม่ได้มีการทอผ้า ส่วนเกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณมีความรู้ในการทอผ้าและมีการทอผ้าเป็นอาชีพเสริม เส้นไหมที่ได้จึงมีการขายเส้นไหม เก็บไว้ทอขาย และเก็บไว้ทอใช้ เกษตรกรอำเภอภูพานมีรายจ่ายจากการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมากกว่า 1,500 บาท ร้อยละ 70 เกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณมีรายจ่ายจากการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม 500-1,000 บาท ซึ่งถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่มากนัก ค่าใช้จ่ายส่วนมากเป็นค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ย ซื้อปูนขาวเพื่อโรยตัวไหม และซื้อไข่ไหม แต่เป็นส่วนน้อยเพราะส่วนมากเกษตรกรมีการเพาะเลี้ยงไว้เองจะซื้อเฉพาะเวลาช่วงที่ไม่ได้และไม่พอต่อการเลี้ยงเท่านั้น ค่าใช้จ่ายของอำเภอภูพานสูงกว่าอำเภอโคกศรีสุพรรณเพราะเกษตรกรอำเภอภูพานมีการใช่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวส่วนเกษตรกรอำเภอโคกศรีสุพรรณใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยคอกที่ใช้ไม่ได้ซื้อเป็นปุ๋ยคอกที่ได้จากการเลี้ยงโคและกระบือที่บ้านซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างดี เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมส่วนใหญ่มีรายได้จากการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม 10,000-30,000 บาท ร้อยละ 50 และร้อยละ 72.73 เป็นรายได้จากการขายเส้นไหมและขายดักแด้ซึ่งรายได้ของเกษตรกรจะขึ้นกับกำลังการผลิต คุณภาพของเส้นไหม ถือว่าเป็นรายได้ที่ไม่มากนักแต่ถือว่าเป็นรายได้ที่ทำให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดีอีกทางหนึ่ง แต่ถ้าเกษตรกรมีการวาง

แผนการจัดการการปลูกหม่อนที่ดีถูกต้องและเหมาะสมก็จะสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับรายงานของบุญก์ณิสา และคณะ (2546) พบว่ารายได้ของครัวเรือนที่ได้จากการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมีสัดส่วนสูงสุดระหว่าง 10,000-50,000 บาท/ปี รายได้มาจากการขายเส้นไหม และขายดักแด้

สภาพการผลิตผ้าไหม การผลิตเกษตรกรทั้งหมดใช้เงินทุนตัวเองในการลงทุนทอผ้าไหมค่าใช้จ่ายของเกษตรกรส่วนใหญ่อยู่ที่ 6,000-9,000 บาท/ปี ซึ่งถือว่าไม่มาก เกษตรกรที่ทำการทอผ้าเป็นสมาชิกของศูนย์ฝึกวิชาชีพ เส้นไหมพุ่งที่นำมาผลิตเกษตรได้จากสวนจิตรลดาโดยพระตำหนักภูพานราชนิเวศน์เป็นคนรับมาแล้วส่งให้กับศูนย์ฝึกวิชาชีพ จากนั้นแจกจ่ายให้กับเกษตรกรผู้ทอผ้าซึ่งสมาชิกในกลุ่มจะแบ่งเส้นไหมพุ่งใช้สมาชิกในกลุ่มในปริมาณที่เท่าๆกันตามปริมาณกำลังการผลิตเกษตรกรมีค่าใช้จ่ายเฉพาะในส่วนของเส้นไหมยืนโดยเส้นไหมยืนเกษตรกรรับซื้อจากพ่อค้าปลีกที่มาจากจังหวัดสุรินทร์และร้อยเอ็ดราคาของเส้นไหมยืน 2,000-2,600 บาท ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเส้นไหม เกษตรกรทำการผลิตโดยไม่มีการวางแผนในการผลิตและการจัดซื้อเส้นไหมแต่ใช้ประสบการณ์และความชำนาญคาดคะเนความน่าจะเป็นในการผลิตในแต่ละรอบการผลิตจะเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อตามปริมาณเส้นไหมพุ่งที่สวนจิตรลดานำมาให้ผลิตโดยจะผลิตผ้าไหมมัดหมี่และผ้าไหมพื้น การผลิตเส้นไหมในแต่ละปีผ้าไหมมัดหมี่ส่วนมากจะอยู่ที่ 50-60 เมตรและผ้าไหมพื้นปีละ 20- 30 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นจำนวนไม่มากนัก เพราะเกษตรกรทอผ้าเป็นอาชีพเสริมทำเป็นงานอดิเรกในเวลาว่างทำให้ไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ ตลาดผ้าไหมเกษตรจะขายให้กลับลูกค้าทั่วไปและลูกค้าเฉพาะเฉพาะคือสวนจิตรลดาโดยราคาของผ้าไหมสวนจิตรลดาเป็นผู้กำหนดราคาผ้าไหมขึ้นอยู่กับคุณภาพของผ้าไหม ราคาผ้าไหมมัดหมี่ 400-500 บาท/เมตร ราคาผ้าไหมพื้น 250-300 บาท/เมตร เกษตรกรที่ทำผลิตผ้าไหมส่วนใหญ่มีรายได้ระหว่าง 10,000-20,000 บาท/ปี และ 30,000-40,000 บาท/ปี โดยขึ้นอยู่กับคุณภาพของงานกำลังและประสบการณ์ในการผลิต โดยคณะกรรมการหมู่บ้านรวบรวมไปส่งพระตำหนักภูพานราชนิเวศน์จากนั้นจะส่งไปยังสวนจิตรลดา

สรุปผล

1. เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมทั้งสองอำเภอส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมีอายุระหว่าง 56-65 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ประกอบอาชีพทำนาเป็นหลัก และปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเป็นอาชีพเสริม

2. เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหมทั้งสองอำเภอส่วนใหญ่มีปลูกหม่อนพันธุ์สกลนคร และเลี้ยงไหมพันธุ์นางน้อยศรีสะเกษ1 มีรายได้จากการขายเส้นไหมอยู่ระหว่าง 10,000-30,000 บาท/ปี

3. การตลาดผ้าไหม เป็นแบบผลิตตามคำสั่ง เกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้จากการทอผ้าอยู่ระหว่าง 10,000-20,000 บาท/ปี

เอกสารอ้างอิง

ชญานิศวร์ มาไพศาลสิน และ เพียรศักดิ์ ภักดี, 2556, การจัดการการผลิตและการตลาดรังไหมอุตสาหกรรม: กรณีศึกษากลุ่มเกษตรกรบ้านนาแพง ตำบลเขาน้อย อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น, หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญก์ณิสา มาคง, พงค์พันธุ์ เธียรหิรัญ และ วิโรจน์ แก้วเรือง, 2546, การจัดการการผลิตไหมของเกษตรกรเพื่อพัฒนาการผลิตไหม, เกษตรศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

บัวแก้ว โกมลนาค, บำเพ็ญ เขียวหวาน และ เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ, ม.ป.ป., สภาพการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมและการตลาดผลิตภัณฑ์ไหมของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่, เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล และ ประสิทธิ์ เพ็ชรสุข. 2557. แนวทางการพัฒนาความรู้ด้านการผลิตหม่อนไหมของเกษตรกรในจังหวัดนราธิวาส, ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ จังหวัดนราธิวาส.

ยุพวัลย์ ชมชื่นดี, 2554, สภาพการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมของเกษตรกรบ้านหนองปื๊ด ตำบลหนองขาม อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา, การวิจัยทางการเกษตร นครราชสีมา.

สมหญิง ชูประยูร, 2549, การพัฒนาระบบกลุ่มเครือข่ายไหมไทย, สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมโพธิ อัครพันธุ์, 2539, การพัฒนาหม่อนไหมในประเทศไทย, สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อย (C.C.S.) ประจำโรงงานน้ำตาลทราย ในจังหวัดกาญจนบุรี

Service Satisfaction of Sugar Cane Growers with Commercial Cane Sugar (C.C.S.) Analysis in Kanchanaburi Province

ยุทธนา สมบัตินันท์[1] **และ พิชัย ทองดีเลิศ**[2]
Yuttana Sombutnan[1] and Pichai Tongdeelert[2]

Abstract

The objective of this research was to find out satisfaction of sugar cane growers with a service of laboratory analysis of Commercial Cane Sugar (C.C.S.) in Kanchanaburi Province. Data collection was conducted by questionnaire method in 7 sugarcane factories, 378 persons. The results showed that 1) The process of laboratory service in term of equipment and sugarcane juice collection, the majority of sugarcane growers though that their sugarcane juice sample maybe contaminated with other samples. In addition, the equipment is out of date; resulting in incorrect reporting on the C.C.S. analysis. This research has found that laboratory should a new measurement method such as Core Sampling. 2) The sugarcane grower's satisfaction with laboratory service and location of laboratory was medium. 3) Their suggestions were to input the modern technology for sugar industry by the Government. Especially, the collection of sugarcane juice system, contaminated cane juice on process (conveyer belt) may occur. Therefore, the methods of sugarcane juice collection may be used the Core sampling method or NIR. In addition, the government could improve regulation of sugar acts for justice between stakeholders into sugar industry system of Thailand.

Keywords: satisfaction, sugarcane grower, Commercial Cane Sugar, C.C.S. laboratory

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อย (ซี.ซี.เอส.)ในจังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามชาวไร่อ้อย จำนวนตัวอย่าง 378 คน ผลการศึกษาพบว่า 1) การให้บริการของห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อยในด้านเครื่องมือวัดและระบบติดตามตัวอย่างน้ำอ้อย ซึ่งชาวไร่อ้อยส่วนใหญ่เห็นว่าตัวอย่างน้ำอ้อยมีการผสมและปนกับตัวอย่างน้ำอ้อยของชาวไร่อ้อยรายอื่น ประกอบกับเครื่องมือในการตรวจวัดยังไม่ทันสมัย ทำให้ผลการวัดค่าคุณภาพอ้อยอาจมีความผิดพลาดได้ ซึ่งจากงานวิจัยนี้พบว่าห้องปฏิบัติการควรใช้วิธีการใหม่ เช่น การเจาะตัวอย่างอ้อยจากกระบะบรรทุก เป็นต้น 2) ความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อย ในด้านการให้บริการวัดค่าคุณภาพอ้อยมีความรวดเร็ว ผลการวัดมีความถูกต้อง และด้านที่ตั้ง อาคารสถานที่ นั้น อยู่ในระดับ ปานกลาง 3) ปัญหาและข้อเสนอแนะ ภาครัฐควรเร่งดำเนินการแก้ไขและพัฒนาระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายให้มีความทันสมัย โดยเฉพาะในด้านการให้บริการของห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อยในเรื่องการปนเปื้อนตัวอย่างน้ำอ้อยขณะเทอ้อยลงในสายพานลำเลียง และควรหาวิธีการอื่นที่ไม่ใช่การเทอ้อยลงบนสายพานลำเลียง เช่น การเจาะตัวอย่างน้ำอ้อยในกระบะบรรทุก นอกจากนี้ควรหาแนวทางและทำการศึกษาการวัดค่าคุณภาพอ้อยด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น การใช้ระบบ NIR หรือวิธีการ อื่น ๆ ที่นิยมในต่างประเทศ รวมทั้งการปรับปรุง พ.ร.บ.อ้อยและน้ำตาลทรายให้เป็นปัจจุบัน เพื่อสร้างเป็นธรรมแก่ผู้มีส่วนได้เสียในระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย

คำสำคัญ: ความพึงพอใจ ชาวไร่อ้อย ค่าคุณภาพอ้อย ค่าซี.ซี.เอส

[1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม 75/6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[1] Office of The Cane and Sugar Board, Ministry of Industry, 75/6 Bangkok, 10400
[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agricultural Extension and Communication, faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

คำนำ

ในปัจจุบันอ้อยถือเป็นพืชอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ ในปีการผลิต 2557/58 มีปริมาณผลผลิตอ้อยถึง 105.9 ล้านตัน และสามารถนำอ้อยมาผลิตเป็นน้ำตาลได้ประมาณ 11.33 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2558) ซึ่งประเทศไทยส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจาก ประเทศบราซิล ในอดีตโรงงานน้ำตาลทรายจะซื้ออ้อยจากชาวไร่อ้อยโดยคิดราคาจากน้ำหนักตันอ้อยเท่านั้น แต่ในปี 2527 มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2527 โดยให้สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) กำหนดให้มีหลักเกณฑ์และวิธีการในการชำระราคาอ้อยให้แก่ชาวไร่อ้อย โดยออกเป็นประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเกี่ยวกับการซื้อขายอ้อยและชำระราคาอ้อยตามคุณภาพ (Commercial Cane Sugar; C.C.S.) ซึ่งเริ่มดำเนินการตั้งแต่ฤดูการผลิตน้ำตาลทราย ปี 2535/36 เป็นต้นมา (สมบัติ, 2546) สำหรับค่าคุณภาพอ้อย (ค่า C.C.S.) หมายถึง ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในอ้อยซึ่งสามารถหีบสกัดออกมาเพื่อทำน้ำตาลดิบ โดยหน่วยของค่าคุณภาพอ้อยมีมาตรฐานที่ 10 C.C.S. ดังนั้นสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายจึงจัดให้มีห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อยประจำโรงงานน้ำตาลทรายทั่วประเทศ เพื่อวิเคราะห์ค่า C.C.S. โดยมีสำนักบริหารอ้อยและน้ำตาลทรายซึ่งเป็นหน่วยงานในสังกัด ทำหน้าที่ให้บริการวัดค่าคุณภาพอ้อยให้แก่ชาวไร่อ้อย แต่ในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2555-2558) พบว่ามีจำนวนเรื่องร้องขอให้ สำนักงานฯ จัดส่งเจ้าหน้าที่ พร้อมรถปฏิบัติการเคลื่อนที่ จากส่วนกลางเป็นกรณีพิเศษเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เที่ยงตรง และทำให้ทุกฝ่ายยอมรับผลการวัดค่าคุณภาพอ้อย ในการนี้จังหวัดกาญจนบุรีมีจำนวนเรื่องการร้องขอมากที่สุด

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่า C.C.S. โดยห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อยประจำโรงงานน้ำตาลทรายในเขตจังหวัดกาญจนบุรี ว่ามีปัจจัยใดเป็นสาเหตุ ที่มีอิทธิพลกับระดับความพึงพอใจของชาวไร่อ้อย และเพื่อเป็นการป้องกันจำนวนการร้องเรียนที่อาจเพิ่มสูงขึ้นในฤดูการผลิตน้ำตาลในปีต่อไป จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการศึกษาในหัวข้อวิจัยนี้เป็นการเร่งด่วน เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุหลักของการร้องขอหรือข้อร้องเรียนที่แท้จริง และนำไปดำเนินการแก้ไขปัญหาอุปสรรคดังกล่าวให้ตรงตามหลักวิชาการและความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ศึกษาความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อย (C.C.S.) โดยห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อยประจำโรงงานน้ำตาลทรายในเขตจังหวัดกาญจนบุรี โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีการดำเนินการดังนี้ 1) ประชากรที่ทำการศึกษาในครั้งนี้คือชาวไร่อ้อยที่เป็นคู่สัญญาโรงงาน และจดทะเบียนชาวไร่อ้อยกับสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายในเขตจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 6,276 คน ขอบเขตของเนื้อหา คือ ด้านการให้บริการวิเคราะห์ค่าC.C.S. ห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อยประจำโรงงานน้ำตาลทรายในเขตจังหวัดกาญจนบุรี 2) การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางของ ยามาเน่ (Yamane) เพื่อหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง และได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 378 คน หลังจากนั้นใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างชาวไร่อ้อยที่ทำการศึกษาจากจำนวนประชากรทั้งหมด ในแต่ละโรงงาน คำนวณตามสูตรการหาตัวอย่างแบบชั้นภูมิชนิดสุ่มแบบสัดส่วน จากนั้นใช้การสุ่มเป็นอย่างเป็นระบบ (Systematic random sampling) เพื่อหาจำนวนตัวอย่างชาวไร่อ้อยเป็นตัวแทนรายโรงงานจำนวน 7 โรงงาน ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ ซึ่งมีลักษณะคำถามปลายปิดและคำถามปลายเปิด และนำไปทดลองสัมภาษณ์ ชาวไร่อ้อยผู้รับบริการวัดค่าC.C.S. จากนั้นทำการทดสอบหาความเที่ยงตรง (Validity) และได้ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.78

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยด้านการบริการของห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อยประจำโรงงานน้ำตาลทราย พบว่าชาวไร่อ้อยส่วนใหญ่เห็นว่าตัวอย่างน้ำอ้อยมีการปนเปื้อนกับตัวอย่างของชาวไร่อ้อยรายอื่น ($\bar{x}$ =2.43) ทำให้ผลการวัดอาจมีความผิดพลาด ($\bar{x}$ =2.38) และเห็นว่าควรมีการนำเครื่องมือวัดค่าคุณภาพอ้อยรุ่นใหม่มาใช้ ($\bar{x}$ =2.64) ประกอบกับชาวไร่อ้อยเห็นด้วยมากหากมีวิธีการอื่นที่ได้ตัวอย่างน้ำอ้อย เช่นการเจาะตัวอย่างอ้อยจากกระบะบรรทุก ($\bar{x}$ =2.35) สำหรับกรณีผลการวัดค่าคุณภาพอ้อยไม่เป็นธรรม ชาวไร่อ้อยเห็นว่าคณะกรรมงานสามารถให้ความช่วยเหลือได้ปานกลาง ($\bar{x}$ =2.08) ซึ่งผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลเพิ่มเติมพบว่าหากมีการร้องเรียนกรณีค่าคุณภาพอ้อยต่ำจริง ชาวไร่อ้อยรายดังกล่าวสามารถเจรจาต่อรองกับคณะทำงานควบคุมการผลิตประจำโรงงานน้ำตาลทรายเพื่อให้การช่วยเหลือได้ ซึ่งอาจอนุโลมให้ใช้ค่าคุณภาพ

อ้อยเฉลี่ยประจำวันได้ ทั้งนี้จะพิจารณาเป็นรายกรณีไป ส่วนความคิดเห็นของชาวไร่อ้อยด้านการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ =2.31)

ความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อยในด้านการให้บริการวัดค่าคุณภาพอ้อยมีความรวดเร็ว ผลการวัดมีความถูกต้อง และด้านที่ตั้ง อาคาร สถานที่ นั้น อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งจากข้อเรียนที่เกิดขึ้นนั้น สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายในฐานะผู้ดูแลเกษตรชาวไร่อ้อยโดยตรงควรมีแผนนโยบายตลอดจนการดำเนินการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย โดยเฉพาะการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดเก็บตัวอย่างน้ำอ้อยให้เกิดความยุติธรรมแก่ชาวไร่อ้อย รวมถึงกฎ ระเบียบ ข้อบังคับ และพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย ให้มีความทันสมัยและให้เนื้อหาสอดคล้องกับปัจจุบันมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบอุตสาหกรรมกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งชาวไร่อ้อย ที่ควรจะมีอาชีพการทำไร่อ้อยอย่างยั่งยืน

จากผลการศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะพบว่าปัญหาการให้บริการของห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อย ในเรื่องการปนเปื้อนตัวอย่างน้ำอ้อยระหว่างชาวไร่ขณะเทอ้อยลงในสายพานลำเลียง ซึ่งในขั้นตอนดังกล่าวโรงงานน้ำตาลจะเป็นผู้ดำเนินการจัดคิวรถบรรทุก เพื่อเทอ้อยลง โดยมีวิศวกรโรงงานทำการควบคุมการลำเลียงตามหลักวิศวกรรม ประกอบกับขั้นตอนการเทอ้อยดังกล่าวจะต้องมีการตรวจสอบโดยคณะทำงานควบคุมการผลิตประจำโรงงานน้ำตาล (ผู้แทนจากชาวไร่อ้อย โรงงานน้ำตาล และ สำนักงานฯอ้อยและน้ำตาลทราย) ซึ่งไม่ควรจะมีการปนเปื้อนตัวอย่างอ้อย แต่ในทางปฏิบัติแล้วชาวไร่เห็นว่าอาจมีข้อผิดพลาดที่สามารถเกิดขึ้นได้ ส่งผลทำให้เกิดความคิดว่าการวัดค่าคุณภาพอ้อยอาจผิดพลาด ด้วยเหตุนี้ชาวไร่อ้อยจึงมีความคิดเห็นว่าหากมีวิธีการอื่นที่ไม่ใช่การเทอ้อยลงบนสายพานลำเลียง เช่น การเจาะตัวอย่างน้ำอ้อยในกระบะบรรทุก ซึ่งนิยมใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ จะทำให้ชาวไร่อ้อยมั่นใจได้ว่าตัวอย่างน้ำอ้อยที่จะนำไปใช้ในการวัดค่าคุณภาพอ้อย เป็นตัวอย่างที่แท้จริง อันจะส่งผลต่อความพึงพอใจที่ดีขึ้น

สำหรับความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อยอยู่ในปานกลาง ซึ่ง เป็นจริงตามสภาพจากการร้องเรียน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายได้หาแนวทางการดำเนินการไว้เป็นการเบื้องต้น เช่น การศึกษาแบบจำลองเบื้องต้นในการเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาปรับใช้แทนการวัดแบบเดิม เช่น การใช้ระบบ NIR-online ซึ่งเป็นที่นิยมในต่างประเทศที่เป็นคู่แข่งของไทย ไม่ว่าจะเป็น บราซิล หรือ ออสเตรเลีย และ ญี่ปุ่น ซึ่งจากการศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบการจ่ายค่าตอบแทนอ้อยนำส่งโรงงานน้ำตาลจากการวัดคุณภาพด้วย Near-Infrared Ray (NIR) ในจังหวัดโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่นของ ขวัญตรี และ TAIRA (2557) รายงานว่า ระบบ NIR มีความแม่นยำในการวัด และมีความเที่ยงตรงสูงมากเพียงพอ ดังนั้นระบบนี้จึงได้ติดตั้งภายในกระบวนการผลิตของโรงงานน้ำตาลทรายทั่วจังหวัดโอกินาว่า ตั้งแต่ฤดูการผลิตปี พ.ศ. 2549-2550 ซึ่งระบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยลดเวลา ต้นทุน และการใช้ทรัพยากรต่างๆ ได้ นอกจากการนำมาใช้วัดเพื่อจ่ายค่าตอบแทนแก่เกษตรกรแล้ว ระบบดังกล่าวยังสามารถเก็บข้อมูลและใช้วิเคราะห์เพื่อพัฒนาผลิตผลอ้อยหรือปรับปรุงแปลงปลูกอ้อยได้อีกด้วย ซึ่งประเทศไทยควรทำการศึกษาระบบดังกล่าวให้ครอบคลุมในทุกรายละเอียด รวมถึงศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ระบบรวมถึงการยอมรับของชาวไร่อ้อยด้วย

จากผลการวิจัยผู้วิจัยพบว่าปัจจัยด้านเครื่องมือวัดและระบบติดตามตัวอย่างน้ำอ้อย อยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากชาวไร่อ้อยที่เป็นกลุ่มตัวอย่างยังคงคิดว่าเครื่องที่ใช้ในการวัดค่าคุณภาพอ้อยยังคงเป็นรุ่นที่ยังไม่ทันสมัย การเข้าตรวจสอบเครื่องมือวัดยังไม่สม่ำเสมอ ประกอบกับชาวไร่ส่วนใหญ่เห็นว่าตัวอย่างน้ำอ้อยมีการปนกัน จึงอาจส่งผลให้การวัดค่าคุณภาพอ้อยมีความผิดพลาดได้ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว สอน. ได้ดำเนินการตรวจสอบเครื่องมือวัดดังกล่าวเป็นประจำทั้งภาคราชการ และบริษัทเอกชนมาโดยตลอด ซึ่งในการดำเนินการตรวจสอบดังกล่าว ชาวไร่อ้อยหลายรายอาจจะไม่ทราบถึงวิธีการข้างต้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและความโปร่งใส ห้องวิเคราะห์คุณภาพอ้อยควรจัดให้มีการประชาสัมพันธ์ให้ชาวไร่ได้ทราบ หรือให้ตัวแทนชาวไร่ ผู้นำชาวไร่อ้อย เช่น นายกสมาคมชาวไร่อ้อยในเขตต่างๆ เข้ามาประชาสัมพันธ์เพื่อเน้นย้ำถึงความถูกต้องของการวัดค่าคุณภาพอ้อย ก็จะช่วยลดการร้องเรียนได้เบื้องต้น

สำหรับความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อยมีระดับปานกลาง เป็นเพราะด้านสถานที่กับด้านการให้บริการโดยรวมแล้วอยู่ในระดับปานกลาง ในด้านตำแหน่งที่ตั้ง อาคาร สถานที่ อยู่ในระดับปานกลางเพราะโรงงานในเขตกาญจนบุรีส่วนใหญ่ก่อตั้งมานานมากกว่า 20 ปี ทำให้อาคาร สถานที่ ดูทรุดโทรม ในการนี้ สอนได้พยายามปรับปรุงห้องวิเคราะห์ให้มีความทันสมัยมากขึ้น แต่ยังคงมีปัญหาและอุปสรรคเนื่องจากสถานที่โรงงานนั้นเป็นเอกชน และงบประมาณราชการแผ่นดินและงบกองทุนอ้อยและน้ำตาลทรายมีอยู่อย่างจำกัด และขั้นตอนในการของบประมาณมีความซับซ้อนต้องผ่านคณะกรรมการพิจารณาหลายชุด ประกอบกับโรงงานน้ำตาลทรายมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ชาวไร่อ้อยที่

มีโอกาสได้เห็นโรงงานน้ำตาลที่สร้างใหม่ มีความทันสมัยมากกว่า ผลการวิจัยจึงออกมาในลักษณะปานกลางดังที่ปรากฏ ส่วนด้านการให้บริการโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง เพราะการรอรับผลการวัดค่าคุณภาพอ้อยยังไม่รวดเร็ว

เช่น หากส่งอ้อยให้กับโรงงานในวันนี้ วันพรุ่งนี้หรืออีกภายในสองวันชาวไร่จึงจะรู้ผลการวัด เพราะวิธีการวัดค่าคุณภาพอ้อยดังกล่าวใช้เวลาพอสมควร ดังนั้นเมื่อจำนวนตัวอย่างน้ำอ้อยที่วัดมีปริมาณมาก ประกอบกับทาง สอน จะต้องส่งผลค่าคุณภาพอ้อยไปคิดราคาจากน้ำหนักอ้อยด้วย จึงทำให้ชาวไร่อ้อยทราบผลการวัดที่ล่าช้าเป็นต้น

สรุปผล

จากผลการศึกษาปัจจัยด้านการบริการของห้องวิเคราะห์ค่าคุณภาพอ้อยประจำโรงงานน้ำตาลทราย ด้านเครื่องมือวัดและระบบติดตาม ชาวไร่อ้อยส่วนใหญ่เห็นว่าเครื่องมือวัดและระบบติดตามมีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ =2.30) สำหรับด้านการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ สอน.โดยภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ =2.31) และความพึงพอใจของชาวไร่อ้อยต่อการรับบริการวัดค่าคุณภาพอ้อย ในภาพรวมด้านการให้บริการวัดค่าคุณภาพอ้อย และด้านที่ตั้ง อาคารสถานที่ อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ =2.18) สำหรับปัญหาและข้อเสนอแนะ ในเรื่องการปนเปื้อนตัวอย่างน้ำอ้อยขณะเทอ้อยลงในสายพานลำเลียง ชาวไร่อ้อยเห็นว่าควรจะใช้วิธีการอื่นที่ไม่ใช่การเทอ้อยลงบนสายพานลำเลียง เช่น การเจาะตัวอย่างน้ำอ้อยในกระบะบรรทุก (Core sampler) และควรหาแนวทางและทำการศึกษาการวัดค่าคุณภาพอ้อยด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น การใช้ระบบ NIR-online เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ผู้อำนวยการศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ภาคที่ 1 และหัวหน้าสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยพิจิตร หัวหน้าสถานีทดลองและขยายพันธุ์อ้อยกาญจนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลตลอดจนให้คำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์ และ EIZO TAIRA, 2557, การพัฒนาระบบการจ่ายค่าตอบแทนอ้อยนำส่งโรงงานน้ำตาลจากการ วัดคุณภาพด้วย NIR ในจังหวัดโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่น [สืบค้น],http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=66, [11/ May/ 2015]

สมบัติ ขอทวีวัฒนา, 2546, เทคโนโลยีน้ำตาล, ระบบการซื้อขายอ้อยและน้ำตาลตามคุณภาพของประเทศไทย กรุงเทพฯ, 503 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2558, รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปี 2557/58, [สืบค้น], http://www.ocsb .go.th/upload/journal/fileupload/923-9810.pdf, [11/ May/ 2015]

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2556. ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการเกี่ยวกับการซื้อขายอ้อย, [สืบค้น], http:// oldweb.ocsb.go.th/uploads/contents/8/ attachfiles/6031_24.pdf, [18/ June/ 2015]

สำนักบริหารอ้อยและน้ำตาลทราย, 2557, รายงานการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศ ปี 2557/2558 (ฉบับปิดหีบ), [สืบค้น], http://www.sugarzone.in.th/,[19/ May/ 2015]

ความเครียดเกลือชักนำการสะสมวิตามินซีในต้นอ่อนผักกาดหัว

Salt Stress Induced Vitamin C Accumulation in Radish Sprouts

นฤชล ตันธราพรฤกษ์[1,2] **และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย**[1,2]

Tantharapornrerk, N.[1,2] and Photchanachai, S.[1,2]

Abstract

Germination, dry matter and vitamin C accumulation in radish sprouts induced by NaCl salt stress was studied. Seeds were grown on germination paper with NaCl at 20, 60 and 100 mM or with distilled water (control) and held at 25 ºC. Five and eight-day-old seedlings were harvested. NaCl did not affect the appearance of sprouts but the germination percentage decreased, especially those treated with 100 mM, (8.4% lower than the control). The five-day-old sprouts had vitamin C content and dry matter lower than the eight-day-old seedlings. The vitamin C content and dry matter of the five-day-old sprouts decreased as the concentration of NaCl increased. Conversely, the eight-day-old sprouts treated with 100 mM NaCl exhibited higher vitamin C content and dry matter than other treatments. Therefore, salt stress at 100 mM NaCl can be applied to improve phytochemical quality in eight-day-old sprouts.

Keywords: radish sprouts, sodium chloride (NaCl), vitamin C

บทคัดย่อ

การศึกษาความเครียดเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อการงอก น้ำหนักแห้ง และปริมาณวิตามิน ซี ของต้นอ่อนผักกาดหัว โดยเพาะเมล็ดบนกระดาษเพาะที่เติมสารละลาย NaCl (20, 60 และ 100 mM) และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) ที่อุณหภูมิ 25ºC และเก็บเกี่ยวต้นอ่อนอายุ 5 และ 8 วันหลังการเพาะ จากการทดลองพบว่า สารละลาย NaCl ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของต้นอ่อน แต่ทำให้ความงอกลดลงเล็กน้อยโดยเฉพาะการใช้ NaCl 100 mM ลดลง 8.4% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ต้นอ่อนอายุ 5 วัน มีปริมาณวิตามิน ซี และน้ำหนักแห้งน้อยกว่าต้นอ่อนอายุ 8 วัน แต่ NaCl ทำให้ต้นอ่อนอายุ 5 วัน มีวิตามินซี และน้ำหนักแห้งลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ส่วนต้นอ่อนอายุ 8 วัน NaCl ความเข้มข้น 100 mM ทำให้วิตามินซี และน้ำหนักแห้งสูงกว่าทรีตเมนต์อื่น ดังนั้น การให้ความเครียดต้นอ่อนด้วย NaCl ความเข้มข้น 100 mM เป็นระยะเวลา 8 วัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางพฤกษเคมีได้

คำสำคัญ: ต้นอ่อนผักกาดหัว โซเดียมคลอไรด์ วิตามินซี

คำนำ

ปัจจุบันการบริโภคต้นอ่อนผักกาดหัว (Chinese radish sprouts) กำลังได้รับความสนใจจากกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารและเภสัชสูง เช่น เป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็น วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว สารเหล่านั้นจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการงอก และสะสมอยู่ในต้นอ่อน (Janovská และคณะ, 2010) โดยทั่วไปกระบวนการผลิตต้นอ่อนจะใช้ระยะเวลาประมาณ 4-10 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดพืช และความต้องการของผู้บริโภค เพราะต้นอ่อนแต่ละระยะการเจริญ (อายุของต้นอ่อน) ให้รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการต่างกัน นอกจากนี้ การให้ความเครียดในระหว่างการเจริญเติบโตมีรายงานว่าสามารถกระตุ้นการสร้างและสะสมสารที่มีฤทธิ์ทางเภสัชเพิ่มขึ้น เช่น phenolics และ carotenoids มีปริมาณเพิ่มขึ้นในต้นอ่อนบัควีทเมื่อเพาะด้วยโซเดียมคลอไรด์ (Lim และคณะ, 2012) และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในต้นอ่อนถั่วเลนทิลเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพาะแทนการให้น้ำ

---

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี(บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

ในระหว่างการงอก(Świeca, 2015) อย่างไรก็ตามการให้ความเครียดในระหว่างการเพาะอาจส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกลดลง ลักษณะปรากฏของต้นอ่อน (ใบเลี้ยง ราก และลำต้น) เปลี่ยนแปลงไป เช่น ใบสีเหลือง ต้นอ่อนหงิกงอ (Yuan และคณะ, 2010) และ/หรือมีผลต่อสี กลิ่น รสสัมผัสของต้นอ่อน (Złotek และคณะ, 2014) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และชนิดของพืช งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการให้ความเครียดด้วยโซเดียมคลอไรด์ต่อความงอก น้ำหนักแห้ง และปริมาณวิตามิน ซี ในต้นอ่อนผักกาดหัวที่เก็บเกี่ยวต้นอ่อนเมื่อมีอายุ 5 และ 8 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดผักกาดหัว (*Raphanus sativus* L.) มาทำความสะอาด หลังจากนั้นนำมาเพาะเมล็ดบนกระดาษเพาะแบบ top of paper ที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 20, 60 และ 100 mM และน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25°C ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอก (ISTA, 1993) น้ำหนักแห้ง (ISTA, 1993) ปริมาณวิตามิน ซี (Kapur และคณะ, 2012) และสังเกตลักษณะปรากฏและความสมบูรณ์ของต้นอ่อน เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 5 และ 8 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์การทดลอง

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 100 mM ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดลดลง 8.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Figure 1A) เพราะ NaCl ความเข้มข้นสูงทำให้ค่าความศักย์ของน้ำ (water potential) ลดลงส่งผลให้การดูดซับน้ำของเมล็ดเกิดขึ้นอย่างช้าๆ กระบวนการงอกจึงเกิดขึ้นช้าตามไปด้วย นอกจากนี้ NaCl ที่เมล็ดดูดซับเข้าไป อาจส่งผลต่อระบบทางชีวเคมีต่างๆ ซึ่งมีผลให้ชะลอการงอกของพืช (Song และคณะ, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lim และคณะ (2010) พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของต้นอ่อนบัควีทลดลงตามความเข้มข้นของ NaCl ที่สูงขึ้น นอกจากนี้การเพาะเมล็ดในสารละลาย NaCl 100 mM ทำให้ต้นอ่อนมีขนาดสั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่น (Figure 2) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจาก NaCl ความเข้มข้นสูงทำให้ต้นอ่อนเกิดความเครียดมากกว่าจึงน่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการงอกและการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าเช่นกัน (Kim และคณะ, 2012) ซึ่งต้นอ่อนที่มีขนาดสั้นลงพบได้เช่นกันในต้นอ่อนพริก และบร็อคโคลี่เมื่อใช้สารละลาย NaCl ในการเพาะต้นอ่อนดังกล่าว (Mukhtar และคณะ, 2016; Guo และคณะ, 2013)

สารละลาย NaCl ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏและองค์ประกอบของต้นอ่อน ที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 5 และ 8 วัน กล่าวคือต้นอ่อนเป็นต้นกล้าปกติโดยมีส่วนของราก ลำต้น และใบเลี้ยงรูปร่างปกติ และมีสีเขียว (Figure 2) เนื่องจากเมล็ดที่นำมาเพาะเป็นเมล็ดที่เจริญเติบโตและสุกแก่เต็มที่แล้ว (เป็นเมล็ดที่นำมาใช้ในการเพาะปลูกทั่วไป) และก่อนทำการทดลองได้คัดเลือกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ออก ดังนั้น NaCl ความเข้มข้น 100 mM หรือต่ำกว่า น่าจะไม่มีผลต่อองค์ประกอบของโครงสร้างของต้นอ่อน (ใบเลี้ยง ราก และลำต้น) (Wang และคณะ, 2013) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าการใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 100 mM ทำให้ต้นอ่อนบร็อคโคลี่ผิดปกติ โดย (Guo และคณะ, 2013) การให้ความเครียดด้วยสารละลาย NaCl มีผลต่อปริมาณวิตามิน ซี (Figure 1B) ของต้นอ่อนอย่างมีนัยสำคัญ โดยความเครียดจะชักนำให้ต้นอ่อนสร้างวิตามิน ซี เพื่อช่วยปกป้องพืชจากสภาวะเครียดในระหว่างกระบวนการเจริญเติบโต(Smirnoff, 2000) จึงส่งผลให้ปริมาณวิตามิน ซี ของต้นอ่อนอายุ 5 วัน สูงกว่า 8 วัน โดยปริมาณวิตามิน ซี ของต้นอ่อนอายุ 5 วัน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามความเข้มข้นของ NaCl เนื่องจากเมื่อพืชอยู่ในสภาวะเครียดมากอนุมูลอิสระก็สูงตามไปด้วย ซึ่งในสภาวะดังกล่าวต้นพืชสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อทำให้เกิดความสมดุลภายในเซลล์ ทั้งนี้วิตามิน ซี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากในต้นอ่อน ที่ปริมาณลดลงเมื่อพืชมีความเครียดเพิ่มขึ้น (Babu และ Devaraj, 2008) แต่ต้นอ่อนที่เพาะด้วย NaCl 100 mM อายุ 8 วัน มีวิตามิน ซี สูงกว่าทรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อพืชอยู่ในสภาวะเครียดที่มี NaCl ความเข้มข้นสูง (100 mM) และเป็นเวลานานอาจจะกระตุ้นให้ พืชปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมและ/หรือ สร้างกลไกอื่นๆ เพิ่มขึ้นและมีประสิทธิภาพมากกว่า ส่งผลให้ปริมาณวิตามิน ซี ยังคงมีปริมาณสูง ในขณะที่ NaCl ความเข้มข้น 20 และ 60 mM มีวิตามิน ซี ใกล้เคียงกับชุดควบคุม อาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของ NaCl ทั้ง 2 ระดับไม่สามารถชักนำให้พืชสร้างกลไกสำหรับต้านอนุมูลอิสระได้หรือได้ไม่ดีเท่ากับความเข้มข้น 100 mM เช่นเดียวกับ ต้นอ่อนบร็อคโคลี่เมื่อเพาะโดยใช้สารละลาย salicylic acid ความเข้มข้น 50 และ 100 µM ส่งผลให้ปริมาณวิตามิน ซี ของต้นอ่อนอายุ 7 วัน สูงกว่า 5 วัน เมื่อเพาะด้วย salicylic (Balibrea และคณะ, 2010) ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นอ่อน (Figure 1C) พบว่าต้นอ่อน

อายุ 8 วัน มีน้ำหนักแห้งสูงกว่าต้นอ่อนอายุ 5 เนื่องจากต้นอ่อนที่อายุเพิ่มขึ้นจะสร้างเส้นใยอาหาร (fiber) เพิ่มขึ้น (Scialabba และ Melati, 1990) โดยเฉพาะต้นอ่อนอายุ 8 วัน ที่เพาะด้วย NaCl 100 mM มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด

สรุปผล

ต้นอ่อนผักกาดหัวอายุ 8 วัน ที่เพาะในสารละลาย NaCl 100 mM มีปริมาณวิตามิน ซี และน้ำหนักแห้งสูง จึงสามารถนำมาพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเภสัชได้ แต่ควรมีงานวิจัยเพิ่มเติมในด้านอายุการวางจำหน่ายของต้นอ่อนที่ได้จากการทดลองรวมทั้งวิเคราะห์สารพฤกษเคมีชนิดอื่นๆ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการทุนเพชรพระจอมเกล้าดุษฎีบัณฑิต ปีการศึกษา 2558 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Babu, N.R., and Devaraj, V.R., 2008, High temperature and salt stress response in French bean (*Phaseolus vulgaris*), Australian Journal of Crop Science, 2(2):40-48.

Balibrea-Pérez, S., Moreno, D.A., and Viguera-García, C., 2011, Improving the phytochemical composition of broccoli sprouts by elicitation, Food Chemistry, 129:35-44.

International Seed Testing Association, 1993fl, International rules for seed testing. Rules 1993. Seed Science and Technology, 21, pp.1-75..

Guo, R-F., Yuan, G-F., and Wang, Q-M., 2013, Effect of NaCl treatments on glucosinolate metabolism in broccoli sprouts, Journal of Zhejiang Univ-Sci B (Biomed & Biotechnol), 14(2):124-131.

Janovská, D., Štočková, L., and Stehno, Z., 2010, Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens, Acta Agriculturae Slovenica, 95(2):157-162.

Kapur, A., Hasković, A., čopr, A.J., Klepo, L., Topagić, A., Tahirović, I., and Sofić, E., 2012, Spectrophotometric analysis of total ascorbic acid content in various fruits and vegetables, Original Scientific Article, Issue 39-42.

Lim, J.H., Park, K.J., Kim, B.K., Jeong, J.W., and Kim., H.J., 2012, Effect of salinity stress on phenolic compounds and carotenoids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprout, Food Chemistry, 135:1065-1070.

Mukhtar, I., Shahid, M.A., Khan, M.W., Balal, R.M., Iqbal, M., Naz, T., Zubair, M., and Ali, H.H., 2016, Improving salinity tolerance in chili by exogenous application of calcium and sulphur, Soil and Environment, 35(1):56-64.

Scialabba, A., and Melati, M.R, 1990, The effect of NaCl on growth and xylem differentiation of radish seedlings, Botanical Gazette, 151(4):516-521.

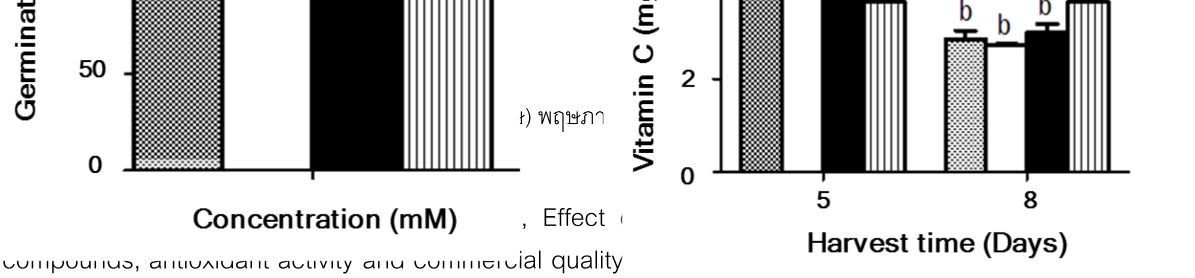
Smirnoff, N., 2000, Ascorbic acid: metabolism and function of a multifaceted molecule, Plant Biology, 3: 229-235.

Song, J., Feng, G., Tian, C.Y., and Zhang, F.S., 2005, Strategies for adaptation of Suaeda physophora Haloxylon ammodendron and Haloxylon ersicum a saline environment rigermination stage, Annals of Botany,96: 399-405.

Świeca, M., 2015, Elicitation with abiotic stresses improves pro-health constituents, antioxidant potential and nutritional quality of lentil sprouts, Saudi Journal of Biological Science, 22: 409-416.

Yuan, G., Wang, X., Guo, R., and Wang, Q., 2010, Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts, Food Chemistry, 121: 1014-1019.

Wang, Q.M., Guo, R.F., and Yuan, G.F., 2013, Effect of NaCl treatments on glucosinolate metabolism in broccoli sprouts, Journal Zhejiang University-Science B (Biomedicine & Biotechnology), 14(2):124-131.



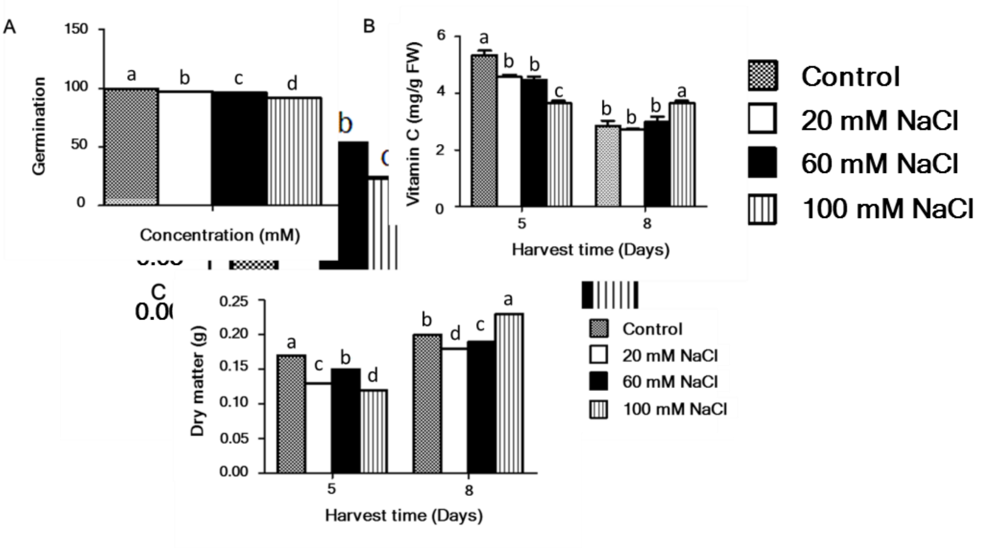


Figure 1 (A) Germination percentage (B)Vitamin C content (mg/gFW) and (C)Dry matter (g) of radish sprouts treated with NaCl at 20, 60 and 100 mM and with distilled water (control)

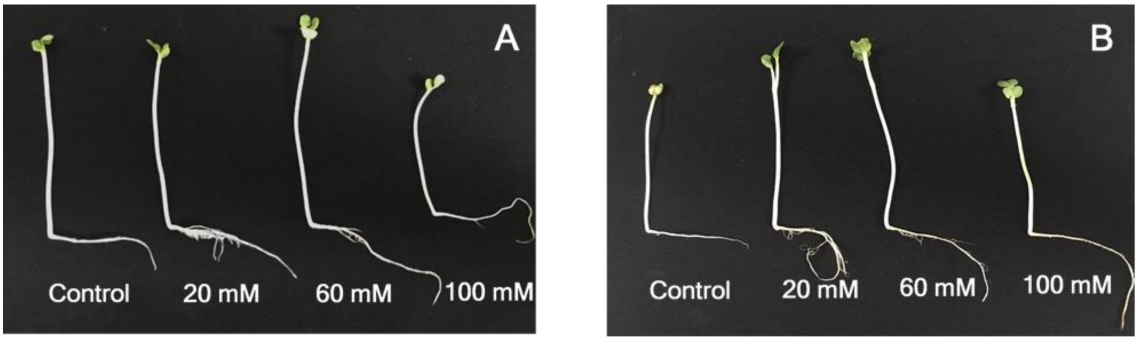


Figure 2 Appearance of Chinese radish sprouts cultivated five-day-old sprouts (A) eight-day-old sprouts (B) on distilled water (control) or NaCl at 20, 60 and 100 mM

ผลของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ในการลดปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* ในต้นอ่อนทานตะวัน

Effect of Hydrogen Peroxide and Sodium Hypochlorite on Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* on Sunflower Sprouts

เกรียงไกร พัทยากร[1] อรัญญา พรหมกูล[1] และ วรรณทิชา เศวตบวร[2]

Phattayakorn, K.[1], Prommakool, A. and Savedboworn, W.[2]

Abstract

The objective of this research was to examine the efficiency of hydrogen peroxide and sodium hypochlorite on reduction of *E. coli* and *S. typhimurium* which is artificially inoculated on sunflower sprouts. Results showed that the sprouts treated with hydrogen peroxide at 1 and 5% (v/v) resulted in a reduction of 0.77 and 0.98 log CFU/g for *E. coli*, while 0.02 and 0.86 log CFU/g for *S. typhimurium*, respectively. For the hypochlorite, concentration at 0.2, 0.4 and 0.6% (v/v) were reduced 0.37, 0.42 and 0.50 log CFU/g for *E. coli* and 0.22, 0.96 and 1.0 log CFU/g for *S. typhimurium*, respectively. According to this research, the efficiency of hydrogen peroxide and sodium hypochlorite have the potential to decontaminate the pathogen on sunflower sprouts.

Keywords: Sunflower sprouts, hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, Pathogen

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เพื่อลดปริมาณเชื้อ *E. coli* และ S. *typhimurium* ในต้นอ่อนทานตะวัน ผลการทดลองพบว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 และ 5% (v/v) สามารถลดปริมาณเชื้อที่ปลูกใส่ *E. coli* ได้เท่ากับ 0.77 และ 0.98 log CFU/g ส่วนเชื้อ *S. typhimurium* ลดได้เท่ากับ 0.02 และ 0.86 log CFU/g ตามลำดับ สำหรับไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.2, 0.4 และ 0.6% (v/v) สามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้เท่ากับ 0.37, 0.42 และ 0.50 log CFU/g และเชื้อ *S. typhimurium* ลดเท่ากับ 0.22, 0.96 และ 1.0 log CFU/g ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคในต้นอ่อนทานตะวันได้

คำสำคัญ: ต้นอ่อนทานตะวัน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เชื้อก่อโรค

คำนำ

ในปัจจุบันประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยหันมาบริโภคต้นอ่อนทานตะวันกันอย่างแพร่หลาย จึงพบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีการวางขายทั้งในตลาดสดและซุปเปอร์มาเก็ตขนาดใหญ่ (มานิตา, 2558) เหตุที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาสนใจต้นอ่อนทานตะวันนั้น เนื่องจากต้นอ่อนทานตะวันมีไฟเบอร์สูง มีวิตามินและแร่ธาตุ เช่น วิตามินบี 12 วิตามินเอ วิตามินซี ธาตุเหล็ก เป็นต้น (ปิยะณัฏฐ์ และธนิกพงศ์, 2556) การบริโภคต้นอ่อนทานตะวันนั้นสามารถบริโภคได้ทั้งแบบดิบและแบบสุก ในการบริโภคผักสดโดยไม่ผ่านความร้อนอาจก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารที่มีสาเหตุมาจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผักสดนั้นๆ ได้ โดยพบว่ามีรายงานการระบาดของโรคที่เกิดจากการบริโภคผักดิบในหลายประเทศ ที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อโรคที่มักพบได้ในถั่วงอกและต้นอ่อน เช่น *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* และ

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร สกลนคร 47000

[1] Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resuorces and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat SakonNakhon Province Campus, Sakon Nakhon 47000

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ปราจีนบุรี 25230

[2] Department of Agro-Industry Technology and Management, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok (Prachinburi Campus), Prachinburi 25230

Escherichia coli (สุพรรณี, 2555; Salle และคณะ, 2003; Sant'Ana และคณะ, 2014; Losio และคณะ, 2015) องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้แนะนำให้ใช้สารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดเพื่อช่วยในการล้างผักให้ปลอดเชื้อมากขึ้น ได้แก่ สารประกอบคลอรีน เช่น โซเดียมคลอไรท์ และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ หรือสารเคมีที่ไม่ใช่กลุ่มคลอรีน เช่น กรดเพอร์ออกซีอะซิติกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อย่างไรก็ตาม การใช้สารประกอบคลอรีนได้เพิ่มความกังวลใจเกี่ยวกับสุขภาพ เนื่องจากสารไตรฮาโลมีเทนที่อาจเกิดขึ้นได้ (FDA, 1999; Taormina และ Beuchat, 1999) ซึ่งประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ของสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของสาร ความเข้มข้นที่ใช้ ระยะเวลาที่แช่ผัก อุณหภูมิน้ำล้าง ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนชนิดของผัก (Gelinas และคณะ, 1984; Takeuchi และ Frank, 2000) ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ในการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* และ *S. typhimurium* ในต้นอ่อนทานตะวัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อ *E. coli* และ *S. typhimurium* ได้จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ นำมาเพิ่มจำนวนในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) ที่เติม yeast extract 0.6% บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เซลล์ที่ได้นำไปนับจำนวนในอาหาร Tryptic Soy Agar (TSA) ที่เติม yeast extract 0.6% ปริมาณเชื้อเริ่มต้นอยู่ที่ 7-8 log CFU/ml

การสร้างสภาพการปนเปื้อนของ *E. coli* และ *S. typhimurium* บนต้นอ่อนทานตะวัน

การสร้างสภาพการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ดัดแปลงจาก Neo และคณะ (2013) โดยนำต้นอ่อนทานตะวันจากร้านค้าในจังหวัดสกลนคร เก็บไว้ที่ 4°ซ ในตู้เย็น นำมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 45 นาที ก่อนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ชั่งต้นอ่อนทานตะวัน 400 กรัม แช่ลงสารละลายแขวนลอยเชื้อ *E. coli* หรือ *S. typhimurium* (ปริมาณเชื้ออยู่ที่ประมาณ 6 log CFU/ml) ปริมาตร 2 ลิตร กวนต้นอ่อนทานตะวันเบาๆ ด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 45 นาที ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำโดยวางไว้ในจานอาหารที่ฆ่าเชื้อแล้ว เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในตู้ปลอดเชื้อ หลังจากนั้นชั่งตัวอย่าง 10 กรัม มาวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่อยู่ในต้นอ่อนทานตะวัน คำนวณเป็น log CFU/g

ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* และ *S. typhimurium* บนต้นอ่อนทานตะวัน

นำต้นอ่อนทานตะวันที่สร้างสภาพการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* และ *S. typhimurium* แล้ว มาล้างด้วยการแช่ในสารทดสอบ 2 ชนิด ที่มีระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ สารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.2, 0.4 และ 0.6% (Stopforth และคณะ, 2004) เตรียมโดยใช้ Chlorox (NaOCl 6.2%) โดยเจือจางด้วย 50 mM potassium phosphate (KH_2PO_4) solution (pH 7.20) และปรับ pH ให้ได้ 6.8 ด้วย 5N กรดไฮโดคลอริก ซึ่ง pH ในช่วง 6.5 – 7.5 เป็น pH ที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมของไฮโปคลอไรท์ และสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 1 และ 5% (Back และคณะ, 2014) เป็นเวลา 2 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณเชื้อที่รอดชีวิต โดยแบ่งตัวอย่างมา 10 กรัม ใส่ถุง stomacher เติม 0.1% peptone water ปริมาตร 90 มล ลงไป แล้วนำไปเข้าเครื่องตีป่นอาหาร เป็นเวลา 1 นาที นับจำนวนโดยวิธีการ pour plate ในอาหาร TSA ที่เติม 0.6% yeast extract บ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และรายงานผลเป็น log CFU/g

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การลดปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* ในต้นอ่อนทานตะวัน

จากการศึกษาผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในต้นอ่อนทานตะวัน (Table 1) ที่มีเชื้อเริ่มต้น 5.85 log CFU/g พบว่าสารฆ่าเชื้อทั้ง 2 ชนิด มีความสามารถในการฆ่าเชื้อ *E. coli* โดยที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันมีความสามารถในการฆ่าเชื้อได้แตกต่างกัน สำหรับโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ ความเข้มข้น 0.6% ลดปริมาณเชื้อได้มากที่สุด เหลือเชื้อรอดชีวิต เท่ากับ 0.50 log CFU/g และ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 5% ลดปริมาณเชื้อได้มากที่สุด เหลือเชื้อรอดชีวิต เท่ากับ 0.98 log CFU/g สอดคล้องกับรายงานของ

Allende และคณะ (2009) พบว่าการล้างผักชีด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ช่วยลดปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และเชื้อ *E. coli* O157:H7 ลงได้ 1 log CFU/g โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยปฏิกิริยาเพอร์ออกซิเดชั่น (peroxidation) ของลิพิดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในชั้นเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ส่งผลทำให้ความสามารถในการซึมผ่านเข้าและออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ของสารต่างๆ เสียไป (Black และคณะ, 2014) ส่วนโซเดียมไฮโปคลอไรด์เมื่อละลายน้ำแล้วให้กรดไฮโปคลอรัส (Hypochlorus acid) เข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ จึงเกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ และโครงสร้างโมเลกุลโปรตีนภายในเซลล์ (Allende และคณะ, 2009) สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์สามารถฆ่าเชื้อได้ดีขึ้นกับความเข้มข้น ถ้าความเข้มข้นสูงมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อได้ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ

การลดปริมาณเชื้อ *Salmonella typhimurium* ในต้นอ่อนทานตะวัน

จากการศึกษาผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อ *S. typhimurium* ในต้นอ่อนทานตะวัน (Table 2) โดยต้นอ่อนทานตะวันที่ถูกสร้างสภาพการปนเปื้อนมีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 5.55 log CFU/g พบว่าสารฆ่าเชื้อทั้ง 2 ชนิด พบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 0.4% สามารถลดปริมาณเชื้อได้ 0.96 log CFU/g ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้น 0.6% ($p>0.05$) ส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% มีความสามารถในการลดปริมาณเชื้อได้ใกล้เคียงกัน คือ 0.86 log CFU/g เมื่อเปรียบเทียบเชื้อทั้ง 2 ชนิดที่ใช้ในการทดลอง พบว่าความสามารถในการฆ่าเชื้อของสารฆ่าเชื้อนั้น นอกจากชนิดและความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อแล้ว ยังขึ้นกับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์อีกด้วย (Kim และคณะ, 2009)

สรุปผล

สารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีความสามารถในการกำจัดเชื้อ *E. coli* และ *S. typhimurium* ได้ โดยพบว่าความเข้มข้นสูงจะมีความสามารถในการกำจัดเชื้อได้ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ อย่างไรก็ตามควรควบคุมปริมาณที่ใช้ไม่ให้เกินเกณฑ์มาตรฐาน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้สามารถใช้เป็นสารสำหรับล้างผักและผลไม้สดได้ ซึ่งจะช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายและเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคได้

เอกสารอ้างอิง

ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ และธนิกพงศ์ ครองข้าวนาสาร, 2556, ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์ และเส้นใยอาหาร ของเมล็ดทานตะวันงอกอายุต่างๆ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(3) พิเศษ: 142-145.

มานิตา, ทานตะวัน พืชเศรษฐกิจตัวใหม่ [สืบค้น], http://www.jr-rsu.net/article/1628 [4/November/16].

สุพรรณี เทพอรุณรัตน์, 2555, ถั่วงอกปลอดเชื้อโรค, วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 60(189): 47-49.

Allende, A., McEvoy, J., Tao, Y., and Luo, Y., 2009, Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro, Food Control, 20: 230-234.

Back, K.H., Ha, J.W., and Kang, D.H., 2014, Effect of hydrogen peroxide vapor treatment for inactivating *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce, Food Control, 44: 78-85.

Food and Drug Administration, 1999, Guidance for industry: Reducing microbial food safety hazards for sprouted seeds and guidance for industry: Sampling and microbial testing of spent irrigation water during sprout production, http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/sprougd1.html [4/November/16].

Gelinas, P., Goulet, J., Tastayre, G.M., and Picard, G.A., 1984, Effect of temperature and contact time on the activity of eight disinfectants – a classification, Journal of Food Protection, 47(11): 841 – 847.

Kim, Y.J., Kim, M.H., and Song, K.B., 2009, Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts, Food Control, 20: 1002-1005.

Losio, M.N., Pavoni, E., Bilei, S., Bertasi, B., Bove, D., Capuano, F., Farneti, S., Blasi, G., Comin, D.,

Cardamone, C., Decastelli, L., Delibato, E., Santis, P.D., Pasquale, S.D., Gattuso, A., Goffredo, E., Fadda, A., Pisanu, M., and Medici, D.D., 2015, Microbiological survey of raw and ready-to-eat leafy green vegetables marketed in Italy, International Journal of Food Microbiology, 210: 88-91.

Neo, S.Y., Lim, P.Y., Phua, L.K., Khoo, G.H., Kim, S.J., Lee, S.C., and Yuk, H.G., 2013, Efficacy of chlorine and peroxyacetic acid on reduction of natural microflora, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *salmonella* spp. on mung bean sprouts, Food Microbiology, 36: 475-480.

Salleh, N.A., Rusul, G., Hassan, Z., Reezal, A., Isa, S.H., Nishibuchi, M., and Radu, S., 2003, Incidence of *Samonella* spp. In raw vegetables in Selangor, Malaysia, Food Control, 14: 475-479.

Sant'Ana, A.S., Franco, B.D.G.M., and Schaffner, D.W., 2014, Risk of infection with *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* due to consumption of ready-to-eat leafy vegetables in Brazil, Food Control, 42: 1-8.

Stopforth, J.D., Ikeda, J.S., Kendall, P.A., and Sofos, J.N., 2004, Survival of acid-adapted or nonadapted *Escherichia coli* O157:H7 in apple wounds and surrounding tissue following chemical treatments and storage, International Journal of Food Microbiology, 90: 51-61.

Takeuchi, K., and Frank, J. F., 2000, Penetration of *Escherichia coli* O157:H7 into lettuce tissues as affected by inoculum size and temperature and the effect of chlorine treatment on cell viability, Journal of Food Protection, 63: 434-440.

Taormina, P.J., and Beuchat L.R., 1999, Behavior of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa sprouting process as influenced by treatments with various chemicals, Journal of Food Protection, 62(8): 850 – 85.

Table 1 Viable count of *E. coli* on sunflower sprout treated with sodium hypochlorite and sodium peroxide

Treatment (%v/v)	Log CFU/g	
	Viable cells	Reduction
0	5.85 ± 0.05^{c}	-
Sodium hypochlorite 0.2%	5.48 ± 0.25^{b}	0.37 ± 0.30^{c}
Sodium hypochlorite 0.4%	5.43 ± 0.04^{b}	0.42 ± 0.01^{c}
Sodium hypochlorite 0.6%	5.35 ± 0.07^{b}	0.50 ± 0.12^{b}
H_2O_2 1%	5.08 ± 0.33^{b}	0.77 ± 0.28^{b}
H_2O_2 5%	4.87 ± 0.08^{a}	0.98 ± 0.04^{a}

Mean values with different letter in a column are significantly different ($P \leq 0.05$).

Table 2 Viable count of *S. typhimurium* on sunflower sprout treated with sodium hypochlorite and sodium peroxide

Treatment (%v/v)	Log CFU/g	
	Viable cells	Reduction
0	5.55 ± 0.01^{b}	-
Sodium hypochlorite 0.2%	5.33 ± 0.21^{b}	0.22 ± 0.20^{b}
Sodium hypochlorite 0.4%	4.59 ± 0.30^{a}	0.96 ± 0.31^{a}
Sodium hypochlorite 0.6%	4.55 ± 0.06^{a}	1.00 ± 0.04^{a}
H_2O_2 1%	5.53 ± 0.10^{b}	0.02 ± 0.08^{b}
H_2O_2 5%	4.69 ± 0.23^{a}	0.86 ± 0.21^{a}

Mean values with different letter in a column are significantly different ($P \leq 0.05$).

ผลของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีต่อการเจริญของเส้นใย การสร้างสปอร์ และการผลิตสารสีของ *Monascus purpureus*

Effect of Culture Media on the Growth of Mycelium, Spore and Color Production of *Monascus purpureus*

ธัญมาศ หลำเนียม[1] เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] ลาวัลย์ ชตานนท์[2] และ สุภาภรณ์ เลขวัต[2]

Lomeniem, T[1]., Thumthanaruk, B[1]., Chatanon, L[2] and Lekhavat, S.[2]

Abstract

The purpose of this research was to study the modified medium for *Monacus purpureus* and the efficiency of fungal growth and its colorant production. The three strains of tested *M. purpureus* which were *M. purpureus* TISTR 3090, TISTR 3615 and TISTR 3629, were cultured in four different media that are Potato Dextrose Agar (PDA), Soybean Meal Agar, Glutinous Rice 'Kor-Kor6' Agar, Soybean mixed with Glutinous Rice 'Kor-Kor6' Agar. The observation of mycelium growth, spore formation and color production was performed every day for 20 days. Results showed that *M. purpureus* TISTR 3615 cultured with Soybean Meal Agar for 10 days could produce the highest pigment.

Keywords: *Monascus purpureus*, soy bean, glutinous rice RD 6, potato

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เป็นการปรับปรุงอาหารเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส เพอพิวเรียส (*Monascus purpureus*) และศึกษาอัตราการเจริญและการผลิตสารสีที่ผลิตได้จากเชื้อรา โดยศึกษาเชื้อรา 3 สายพันธุ์ คือ *M. purpureus* TISTR 3090, *M. purpureus* TISTR 3615 และ *M. purpureus* TISTR 3629 ในอาหารเลี้ยงเชื้อแตกต่างกัน 4 ชนิด คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA), อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้กากถั่วเหลือง, อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมระหว่างถั่วเหลืองและข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เพื่อศึกษาการเจริญของเส้นใย การสร้างสปอร์ และการผลิตสารสีของเชื้อราทุกวัน เป็นเวลา 20 วัน ผลการศึกษา พบว่า *M. purpureus* TISTR 3615 สามารถผลิตสารสีได้ปริมาณสูงที่สุด ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้กากถั่วเหลือง เมื่อเวลาผ่านไป 10 วัน

คำสำคัญ: โมแนสคัส เพอพิวเรียส ถั่วเหลือง ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 มันฝรั่ง

คำนำ

เชื้อราโมแนสคัส เพอพิวเรียส (*Monacus purpureus*) เป็นเชื้อราที่สามารถผลิตสารสีได้หลายสีตั้งแต่สีเหลืองถึงสีแดงขึ้นอยู่กับสภาวะการบ่มและสายพันธุ์ของเชื้อรา โดยสามารถสร้างรงควัตถุที่ประกอบด้วยสีส้ม 2 ชนิด คือ โมนาสโครูบริน (monascorubrin) และรูโบรพังตาติน (rubropunctatin) สีเหลือง 2 ชนิด คือ โมนาสซิน (monascin) และอังคาฟลาวิน (ankaflavin) และสีแดงอีก 2 ชนิด คือโมนาสโครูบรามีน (monascorubramine) และรูโบรพังตามีน (rubropunctamine) (Jee-Yeon Lim และคณะ, 2010) สารสีเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ(Lee และคณะ, 2008), ใช้แต่งสีอาหาร ผลิตเป็นเครื่องดื่มที่มีสารฟีนอลิคปริมาณสูง (Kim และคณะ, 2008) โดยทั่วไปอาหารที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัสคืออาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato dextrose agar) ซึ่งประกอบด้วย มันฝรั่ง น้ำตาล Dextrose และผงวุ้น อย่างไรก็ตามเนื่องจาก ชนิดของอาหาร สภาวะการบ่มและสายพันธุ์มีผลต่อการเจริญของเชื้อราและการสร้างรงควัตถุ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาสูตรอาหารแข็ง จำนวน 4 สูตร สูตรที่มีข้าวเหนียว กข 6 100% , สูตรอาหารที่มีกากถั่วเหลือง 100%, สูตรที่มีถั่วเหลืองและข้าวกข 6 อัตราส่วน 50:50 และใช้อาหาร PDA เป็นตัวเปรียบเทียบ ร่วมกับการศึกษาสายพันธุ์เชื้อราโนแนสคัส 3 สายพันธุ์ โดยทำการเพาะเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok,1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

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

[2] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Reseach, 35 Moo 3. Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

เพอพิวเรียสเป็นเวลา 20 วัน เพื่อคัดเลือกสูตรอาหารและสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณรงควัตถุในปริมาณสูงสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้หวังว่ากากถั่วเหลืองที่เหลือใช้จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในการใช้เพาะเลี้ยงกล้าเชื้อราโมแนสคัส เพอพิวเรียสได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อใช้กากถั่วเหลืองและข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ทดแทนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบมาตรฐาน (Potato dextrose agar) (สุภาวดี บัวทอง, 2015) ในส่วนของข้าวเหนียวและกากถั่วเหลืองทำการแช่กรดซิตริก 1% เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด ชั่งตัวอย่าง นำไปต้มกับน้ำสะอาด แล้วกรองเอาน้ำ นำไปปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.5 - 6 แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร แล้วทำการเติมผงวุ้น และน้ำตาลเดกซ์โทรส นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที เทใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ การเตรียมเชื้อราโมแนสคัสแต่ละสายพันธุ์เริ่มจากการนำเชื้อราในหลอดแอมพูล เพาะเลี้ยงใน Slant PDA เป็นเวลานาน 10 วัน แล้วจึงทำการละลายสารแขวนลอยสปอร์ ให้สปอร์มีความเข้มข้น 10^6 ด้วย Solution dioxin Sodium sulfonate แล้วหยดสารละลายเชื้อลงบนอาหารแข็งสูตรต่างๆที่เตรียมไว้ ปริมาณ 1 ไมโครลิตร ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ทำการเก็บตัวอย่างทุกวันตรวจสอบการเจริญโดยวัดค่าปริมาณสารสีที่เชื้อราผลิตได้ด้วยวิธีการของ Eadmusik และคณะ, 2014 โดยการเติมเอทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 90 ในปริมาตร 10 มิลลิลิตรใส่ลงบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ เขี่ยสปอร์ และปิเปตสารละลายสปอร์ นำไปหมุนเหวี่ยงที่ ความเร็ว 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำส่วนใส (supernatant) ไปวัดปริมาณสารสีที่เกิดขึ้น ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง Spectrophotometer รุ่น U-2900 ยี่ห้อ Hitachi ที่ความยาวคลื่น 400, 470 และ 500 นาโนเมตร ที่แสดงถึง ค่าสีเหลือง, สีส้มและสีแดง ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ผลการศึกษาการเพาะเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส 3 สายพันธุ์ในอาหารชนิดต่างๆ เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า ในวันที่ 10 พบว่า อาหารที่เชื้อราสามารถเจริญได้ดี คือ อาหารสูตร SMDA และ PDA โดยเชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3615 ในสูตรอาหาร GRDA มีการสร้างสปอร์และเส้นใยน้อยมาก ให้สีออกเหลืองอมส้ม ส่วนอาหารสูตร SMDA และ PDA มีการสร้างสปอร์และเส้นใยได้ดี ให้สีส้มเข้มออกแดง (Figure 1) เชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3090 (A) มีการสร้างสปอร์สีขาวปกคลุมเส้นใยโดยรอบ ในอาหารสูตร GRDA มีการสร้างเส้นใยที่น้อยมาก เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าเชื้อราในอาหารสูตร GRDA ให้สีเหลืองอ่อน แตกต่างจากสูตรอาหารอื่น ในส่วนของอาหารสูตร SMDA มีการสร้างสปอร์และเส้นใยได้ดี สามารถมองเห็นสีแดงเข้มได้อย่างชัดเจน และเชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3629 (B) มีการเจริญและสร้างสปอร์คล้ายกับเชื้อราสาย *Monascus purpureus TISTR* 3615 (C) และการศึกษาอัตราการเจริญและการผลิตสารสีของเชื้อราทั้ง 3 สายพันธุ์พบว่า อาหารสูตรที่ใช้กากถั่วเหลืองและมันฝรั่งอัตราส่วน 100 % โดยน้ำหนัก ในการเพาะเลี้ยงเชื้อราทั้ง 3 สายพันธุ์ ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95($P>0.05$) และที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ สารสีที่วัดได้ปริมาณมากที่สุดคือ อาหารสูตร มันฝรั่ง > กากถั่วเหลือง > กากถั่วเหลืองผสมข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 > ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ซึ่งในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Monascus purpureus* ทั้ง 3 สายพันธุ์ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 400 nm.(a) 470nm.(b) และ 500 nm.(c) เป็นเวลา 20 วัน (Figure 2) พบว่าที่วันที่ 10 เป็นวันที่เชื้อราทั้ง 3 สายพันธุ์ สามารถเจริญและให้สารสีที่ดีที่สุด นับตั้งแต่วันแรกที่ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อ. โดยเชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3615 สามารถเจริญและให้สารสีปริมาณมากที่สุด เมื่อเทียบกับเชื้อราทั้งหมด 3 สายพันธุ์ และที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 nm. สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้มากที่สุด โดยค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ ที่ 500 nm. ในเชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3615 อาหารสูตร SMDA และPDA มีค่าการดูดกลืนแสงคือ 3.710 และ 3.831 OD. เชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3090 อาหารสูตร SMDA และPDA มีค่าการดูดกลืนแสงคือ 3.260 และ 3.644 OD.และเชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3629 อาหารสูตร SMDA และPDA มีค่าการดูดกลืนแสงคือ 3.319 และ 3.662 OD. ตามลำดับ. หากเมื่อนำมาเทียบกับของแข็งที่ละลายทั้งหมดในอาหารจะเห็นว่าปริมาณสารสีที่ผลิตได้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับของแข็งที่ละลายในอาหารทั้งหมด อาจขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของอาหาร และสภาพการเลี้ยงเชื้อ (วรรณภา, 2529)

สรุปผล

ในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Monascus purpureus* ทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ซึ่งแสดงถึงปริมาณสารสีที่วัดได้ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยปริมาณมากที่สุดเรียงตามลำดับ ได้แก่ อาหารสูตรมันฝรั่ง (PDA) > กากถั่วเหลือง (SMDA) > กากถั่วเหลืองผสมข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 (SGDA > ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 (GRDA) โดยเชื้อราทั้ง 3 สายพันธุ์ ในอาหารทั้ง 4 สูตร เชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3615 สามารถเจริญและให้สารสีปริมาณมากที่สุด ซึ่งอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองและมันฝรั่ง 100 % โดยน้ำหนัก (SMDA และ PDA) มีการเจริญของเชื้อราและมีค่าสารสีที่วัดได้ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังนั้นจากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากากถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้ในการทดแทนมันฝรั่งในส่วนของการทำอาหารแข็งไว้เพาะเลี้ยงกล้าเชื้อของเชื้อรา *M. purpureus* ได้ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนและเป็นการนำของเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

ขวัญภิรมย์ สายใหม, ประสงค์สม ปุณยอุปพัทธ์, สิรินทรา อมรินทร์อิศรางกุล, 2015, เปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมและเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงโดยใช้อาหารถั่วเหลือง, NESTC 2015. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วรรณภา ทาบโลกา, 2529, ปัจจัยที่มีเหมาะสมต่อการผลิตสีของโมแนสคัสที่เจริญบนอาหารแป้งมันสำปะหลังในสภาพหมักเปียก วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

สุภาวดี บัวทอง และ ประสงค์สม ปุณยอุปพัทธ์, 2015, การเพาะเลี้ยง *Aspergillus niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำจากถั่วเหลือง, NESTC 2015, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Eadmusik, S., Sanoppa, W., and Choosuk, N., 2014, Production of Pigment and Monacolin K from Jackfruit Seed Powder Fermented by Different *Monascus* Strains, The Journal of KMUTNB, 364 – 373.

Kim, S.Y., Kim Yoon, S., Kim Young, S., Kim, J. M., and Suha, H.J., 2008, The application of monascal rice in rice beverage preparation, Journal of LWT- Food Science and Technology, 41: 1204-1209.

Lee, Y.L., Yang, J.H., and Mau, J.L., 2008, Antioxidant properties of water extracts from *Monascus* fermented soybeans, Food Chemistry, 106:1128–1137.

Lim, J.Y., Kim, J.J., Lee, D.D., Kim, G.H., Shim, J.Y., Lee, I., and Imm, J.Y., 2010, Physicochemical characteristics and production of whole soymilk from *Monascus* fermented soybeans, Food Chemistry, 120:255–260.

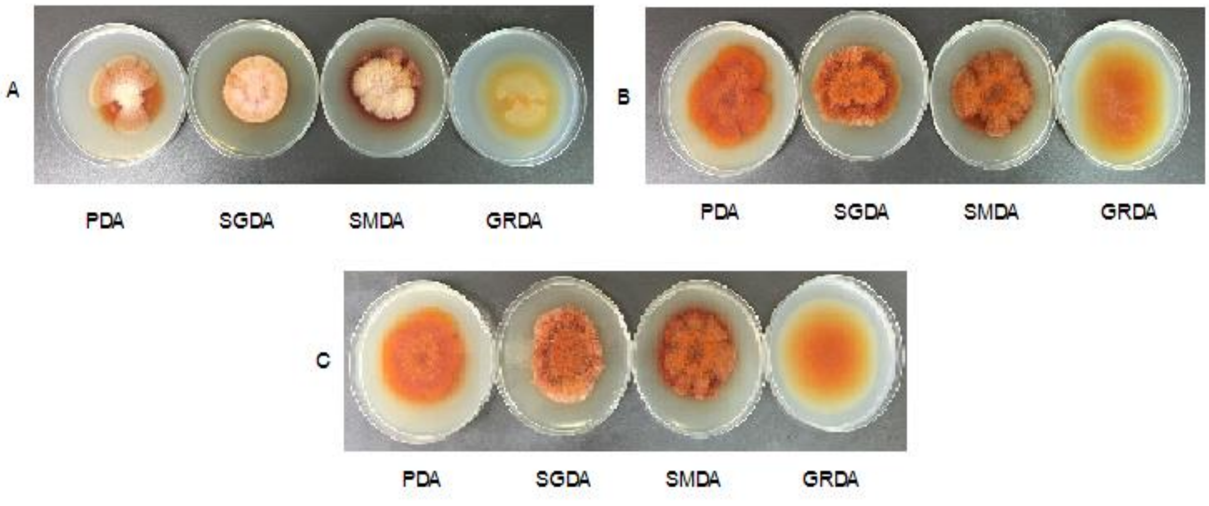


Figure 1 Show mycelial groth of fungi 10 days. A) Monacus purpureus TISTR 3090 B) Monacus purpureus TISTR 3629 C) Monacus purpureus TISTR 3615

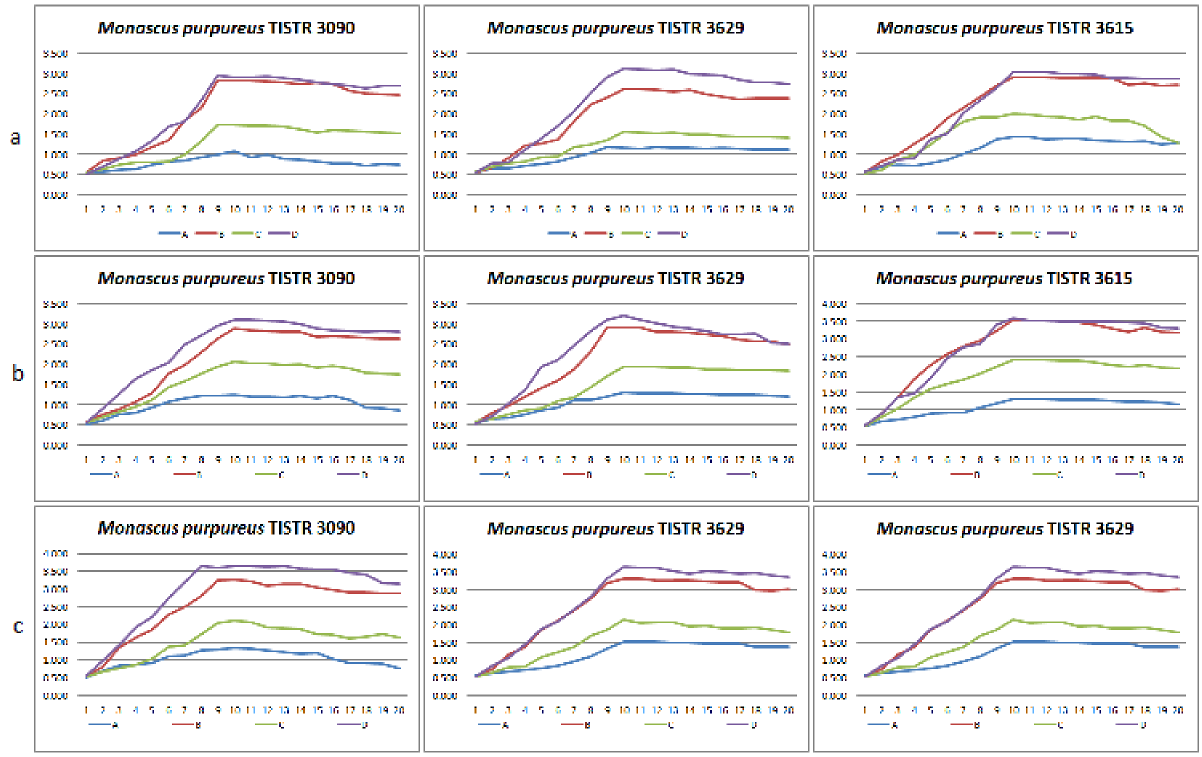


Figure 2 Show the rate of growth of the fungus by measuring the absorbance at a wave length of light. a)The absorbance at 400 nm. b)The absorbance at 470 nm.c)The absorbance at 500 nm.

การประเมินที่ดินบนฐานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผลิตหญ้าเลี้ยงสัตว์พันธุ์เนเปียร์ปากช่อง 1 อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่

GIS Based Land Evaluation for Napier Pak Chong 1 Forage Grass Production in Meaon District, Chiangmai Province

อังคณา สมศักดิ์[1] และวาสนา วิรุญรัตน์[2]
Somsak, A.[1] and Wiroonrat, W.[1]

Abstract

The objective of this land evaluation was to determine the suitability of the area for producing Napier Pakchong 1 forage grass in Meaon district, Chiangmai province; which the criteria for land evaluation was followed FAO in 1983. The physical factors used in GIS were climate conditions, water resource, soil properties of agricultural areas that related to the plant growth. It was found that there were only 35,935 rais of agricultural area in this district, which was 12.59% of the total area. Most areas (70.9%) of 25,490 rais were moderate in their suitability for Napier Pakchong 1 forage grass cultivation. The low and high suitable areas for cultivation of Napier grass were 14.7 and 14.3% or about 5,284 and 5,161 rais, respectively.
Keywords: forage, Napier Pak Chong 1, land evaluation

บทคัดย่อ

การประเมินที่ดินมีวัตถุประสงค์เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในเขตอำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ยึดหลักแนวทางการประเมินที่ดินตามหลักของ FAO ที่ได้เสนอไว้ในปี 1983 โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งนำปัจจัยทางกายภาพ สภาพอากาศ แหล่งน้ำ คุณสมบัติดิน ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เฉพาะพื้นที่ทำการเกษตร จากผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ทำการเกษตรในเขตอำเภอแม่ออนมีเพียง 35,935 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.59 ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อนำมาประเมินความเหมาะสมต่อการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่า ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 70.9 (25,490 ไร่) รองลงมามีความเหมาะสมในระดับน้อย และเหมาะสมมาก คิดเป็นร้อยละ14.7(5,284 ไร่) และร้อยละ 14.3 (5,161 ไร่) ตามลำดับ
คำสำคัญ: หญ้าเลี้ยงสัตว์ เนเปียร์ปากช่อง 1 การประเมินที่ดิน

คำนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงโคนมในอำเภอแม่ออนขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจนกลายเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรในพื้นที่ เนื่องจากราคาน้ำนมดิบมีราคาที่ค่อนข้างสูงถึงกิโลกรัมละ 17.49 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) เมื่อมีจำนวนผู้เลี้ยงโคนมเพิ่มมากขึ้น ความต้องการอาหารหยาบที่มีโปรตีนสูงก็เพิ่มมากขึ้นตาม (สำนักงานเกษตรอำเภอแม่ออน, 2557) ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในอำเภอแม่ออนประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ อีกทั้งวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น ข้าวโพด ปลายข้าว รำอ่อน มีราคาเพิ่มสูงขึ้นและเกิดวิกฤตขาดแคลนอยู่บ่อยครั้งในอดีตที่ผ่านมาโดยเฉพาะในฤดูแล้ง (เฉลิมพล และคณะ, 2548) โดยเกษตรกรแก้ปัญหาโดยการนำเข้าวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น ต้นข้าวโพดหวาน หญ้าเลี้ยงสัตว์จากพื้นที่อื่น เนื่องจากต้นทุนการเลี้ยงโคนมร้อยละ 70 มาจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ (ชุมพล, 2528) ทำให้เกษตรกรต้องเสียค่าขนส่งเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามหากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมสามารถผลิตอาหารหยาบที่มีคุณภาพได้เองในพื้นที่ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกรอย่างมาก

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ถือว่าเป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพของโคนม เนื่องจากมีโปรตีนสูง โดยหญ้าตัดที่อายุ 45 วันมีโปรตีน 15.9% ตัดที่อายุ 60 วัน มีโปรตีน 12.6% (เฉลา และคณะ, 2553) เป็นหญ้าที่เจริญเติบโตเร็ว ตอบสนองต่อ

---

[1] หลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[1] Soil science curricular, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290
[2] หลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[1] Soil science curricular, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290

การให้ปุ๋ยและน้ำดี แตกกอดี แก่ช้า ทนแล้ง ในฤดูหนาวเจริญเติบโตได้ดี สามารถเก็บเกี่ยวได้ 5-6 ครั้งต่อปี ผลผลิตน้ำหนักสดประมาณ 70-80 ตันต่อไร่ต่อปี(ไกรลาศ และคณะ, 2556) อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ที่ดินของอำเภอแม่ออนส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่า พื้นที่ทำการเกษตรของอำเภอแม่ออนมีเพียงร้อยละ 12 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งพืชที่ปลูกในพื้นที่ส่วนใหญ่คือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าว พืชไร่ ไม้ผล พืชสวน มีพื้นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์เพียงร้อยละ 0.82 ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคนมที่เลี้ยงในพื้นที่เขตอำเภอแม่ออน (สำนักงานเกษตรอำเภอแม่ออน, 2557) ดังนั้นในการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกหญ้าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ให้เพียงพอกับการบริโภคของโคนมที่มีอยู่ในพื้นที่ จึงควรมีการประเมินความเหมาะสมที่ดิน โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเหมาะสมของที่ดินโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System ;GIS) และยึดหลักการประเมินที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ FAO (1983) เพื่อใช้ในการวางแผนการประโยชน์ที่ดินได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

อุปกรณ์และวิธีการ

(1) พัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ปัจจัยที่หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต โดยรวบรวมไว้ในรูปของของคุณภาพที่ดิน (Land Quality) ซึ่งแต่ละคุณภาพที่ดิน ประกอบด้วยปัจจัยวินิจฉัย (Diagnostic Factor) ประเภทเดียวหรือหลายประเภท ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะ 6 คุณภาพที่ดิน ได้แก่ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O) การชะล้างพังทลายของดิน (e) ความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้ง (d) และความต้องการของพืชในแง่ของเนื้อดิน (c) ดังTable 1และในการประเมินได้ใช้หน่วยแผนที่ดินที่ได้รับจากสถานีพัฒนาที่ดินโดยเลือกข้อมูลเฉพาะพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อทำการเกษตรและมีฐานข้อมูลของคุณสมบัติทางกายภาพของดินซึ่งไม่รวมพื้นที่แหล่งน้ำ ชุมชน พื้นที่ความลาดชันเชิงซ้อน (slope complex) และพื้นที่ที่เป็นหิน (rock land) (2) สำรวจภาคสนาม โดยการตรวจจับพิกัดแปลงหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) จัดทำแบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกรและสหกรณ์โคนม เพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงโคนมของเกษตรกรในอำเภอแม่ออน ซึ่งจะนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์พื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

(3) ประเมินความเหมาะสมที่ดินสำหรับการผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในอำเภอแม่ออน โดยนำข้อมูลภาคสนามของแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนมในอำเภอแม่ออน พิจารณาร่วมกับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ตามหลักการประเมินที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO(1983) โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์แบบบูรณาการของคุณภาพที่ดินทางกายภาพดัง Table 1 มีการกำหนดช่วงค่าที่เหมาะสมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมในภาพรวม ซึ่งใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์เชิงพื้นที่ด้วยการซ้อนทับ (overlay) แบบคูณ ผลการประเมินจะถูกจัดแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้ (1) ชั้นที่มีความเหมาะสมมาก (Highly suitable; S1) (3) ชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง (Moderately suitable; S2) (3) ชั้นที่มีความเหมาะสมเล็กน้อย (Marginally suitable; S3) และ(4) ชั้นที่ไม่มีความเหมาะสม (Not suitable; N)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการประเมินความเหมาะสมที่ดินต่อการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในพื้นที่ทำการเกษตร 35,935 ไร่ ในอำเภอแม่ออน (Figure 1) พบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง คิดเป็นร้อยละ70.93 (25,490 ไร่) รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย คิดเป็นร้อยละ 14.70 (5,284 ไร่) และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก คิดเป็นร้อยละ 14.36 (5,161 ไร่) ตามลำดับ

เนื่องจากในพื้นที่อำเภอแม่ออนมีจำนวนโคนมมากถึง 6,134 ตัว ซึ่งโคนม แต่ละตัวกินหญ้า 40- 50 กิโลกรัม/วัน ปริมาณหญ้าที่โคนมกินต่อวัน 306,700 กิโลกรัม/วัน (112,055 ตัน/ปี) ดังนั้นหากจะผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ให้เพียงพอกับความต้องการของโคนมในพื้นที่ จะต้องมีพื้นที่อย่างน้อย 1,600 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.5 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพื้นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์มีเพียง 294.7 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.82 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด หากต้องการเพิ่มปริมาณพื้นที่ปลูกให้เพียงพอต่อจำนวนโคนมในพื้นที่ ทดแทนการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์จากแหล่งอื่น สหกรณ์โคนมควรส่งเสริมและให้ความรู้เกี่ยวกับการผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนพื้นที่ทำการเกษตรอื่นบางส่วนมาผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยส่งเสริมในพื้นที่ที่ได้รับการประเมินที่ดินแล้วว่ามีความเหมาะสมมากหรือเหมาะสมปานกลางก่อนอันดับแรก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สูง สำหรับในพื้นที่เหมาะสมน้อยแต่เกษตรกรต้องการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 จะต้องพิจารณารายแปลงและหาวิธีจัดการที่

เหมาะสมเพื่อลดข้อจำกัดของพื้นที่นั้นๆ เช่น เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว เกษตรกรต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพดิน โดยการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ และยกร่องสูง สำหรับพื้นที่อยู่ไกลแหล่งน้ำ ซึ่งในพื้นที่มีแม่น้ำสายหลักที่มีน้ำไหลผ่านตลอดทั้งปี เพียง 3 สาย คือ ลำน้ำแม่ออน ลำน้ำแม่ทา และลำน้ำแม่ลาย และปริมาณน้ำฝนในพื้นที่มีเพียง 700-1,000 มิลลิเมตร/ปี ซึ่งหากแปลงเกษตรกรอยู่ไกลแหล่งน้ำอาจมีความเสี่ยงขาดน้ำในฤดูแล้งได้ เกษตรกรจะต้องมีขุดสระเพื่อเก็บกักน้ำ หรือมีการใช้ระบบน้ำหยดในแปลงหญ้าเพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าว เป็นต้น

สรุปผล

พื้นที่ทำการเกษตรอำเภอแม่ออนส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำ มีความเหมาะสมของที่ดินต่อการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในระดับปานกลาง (S2) ซึ่งถือว่ามีข้อจำกัดน้อยและสามารถใช้การจัดการของเกษตรกรในการแก้ไขข้อจำกัดและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้สูงขึ้นได้ เพื่อให้ได้อาหารหยาบที่มีคุณภาพและปริมาณเพียงพอกับความต้องการของโคนมในพื้นที่อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเกษตรอำเภอแม่ออน, 2557, การประกอบอาชีพและพืชเศรษฐกิจ, [สืบค้น], http://maeon.chiangmai.doae.go.th/, [15 November 2015]

ไกรลาศ เขียงทอง วีรชัย อาจหาญ อิทธิพล เผ่าไพศาล เรืองเดช ปั่นด้วง และสรยุทธ วินิจฉัย, 2556, คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1, นครราชสีมา: หจก.มิตรภาพการพิมพ์ 1995, 32 หน้า.

เฉลา พิทักษ์สินสุข จริยา บุญจรัชชะ และจีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์, 2553, การรวบรวมและจัดทำข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนาการของพืชอาหารสัตว์, รายงานผลการวิจัยประจำปี 2553, กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 77 หน้า.

เฉลิมพล แซมเพชร อำพรรณ พรมศิริ อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ พรสิริ สืบพงษ์สังข์ สุวิทย์ อินทฤทธิ์ วิทยา ปัญญาโกษา จีราวรรณ อกตัน และธนากร คาพูน้อย, 2548, การพัฒนาความร่วมมือเพื่อสนับสนุนการปลูกหญ้าแพงโกล่าเป็นอาชีพทางเลือกของเกษตรกรในจังหวัดลำพูนและจังหวัดเชียงใหม่, รายงานฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 181 หน้า.

ชุมพล คนศิลป์, 2528, การทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์,กรุงเทพฯ, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, ราคาน้ำนมดิบ, [สืบค้น], http://www.oae.go.th/download/document/milk51.pdf [10 November 2558]

FAO(1983). [Online]. Available: http://www.fao.org/home/en/ [December 30, 2015].

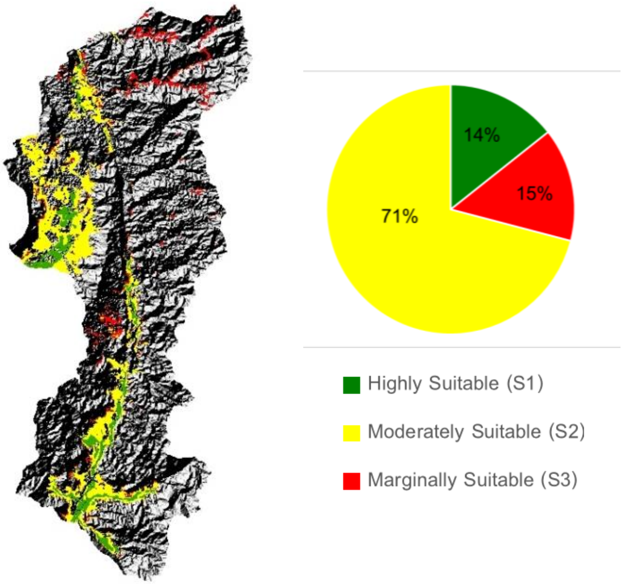


Figure 1 Map evaluation suitability Napier Pak Chong 1 grass of agricultural area in Meaon District, Chiangmai province.

Table 1 Land quality and criterion standardization setting for physical suitability area for Napier Pak Chong 1.

Crop requirements			criterion standardization			
Land quality	Diagnostic factor	unit	S1	S2	S3	N
Moisture Availability (m)	Water requirement	mm.	>1,500	1000-1500	700-1000	<700
Rooting condition (r)	Soil depth	cm	>50	25-50	15-25	<15
Oxygen Availability (o)	Soil Drainage*	Class	4,5	3	2	1,6
Erosion Hazard (e)	Slope**	Class	AB	C	D	> D
Risk of drought (d)	Distance near river	m	<500	500-1000	1000-1500	>1500
Crop requirement (c)	Soil texture***	-	SL, L	LS,CL,SC, SCL, SiCL, SiL	Si, SiC, C, S	G

Remark* **Soil drainage class**: 1=Very poorly drained, 2= Poorly drained, 3= somewhat poorly drained, 4= moderately drained, 5= well drained and 6= somewhat excessively drained

**Slope class: A= flat or almost flat, B= slightly undulating, C= undulating, D= rolling, E= hilly, F=steep, G= very steep and H= very high steep

*** **Soil texture**: SL = Sand loam, L= Loam, LS=Loamy Sand, CL= Clay loam, SC= Sandy clay, SCL= Sandy Clay Loam , SiCL= Silty clay loam, Si= Silt, SiL= Silt loam, SiC= Silty clay , C= clay, S=sand and G= Gravelly

ผลของไดโอดเปล่งแสงต่อการชักนำยอดรวม จากการเพาะเลี้ยงปลายยอดสับปะรดพันธุ์ภูแล

Effect of Light Emitting Diode on Multiple Shoot Induction from Shoot Tip Culture of Pineapple *cv.* Phulae

ยุพาภรณ์ จิโรภาสภาณุวงศ์[1] **และ กรรธิมา เนื่องละออ**[1]

Jiropasphanuwong, Y.[1] and Nuenglaor, K.[1]

Abstract

The objective of this research was to investigate the responses of different light emitting diodes (LEDs) on multiple shoot induction in pineapple cv. Phulae. Shoot tips were excised from *in vitro* multiple shoot and transferred to MS medium with 1 mg/l BA, 3% sucrose and 0.75% agar. This culture was maintained at 26±2 °C and exposed to green, red and white LEDs for 14 hours a day. Results revealed that red LED resulted in the highest percentage of explants survival of 80% and decreased when illuminated with white (72.5%) and green (70%) LEDs, cultured for 8 weeks. The explants maintained under white LEDs gave the highest average number of shoots per explant at 4.95 shoots followed by red LED (4.18 shoots) and green LED (3.48 shoots). However, there were no significant differences in multiple shoot between red and white LEDs. The survival of plantlets was 90% after acclimatization for 4 weeks.

Keywords: pineapple, LEDs, multiple shoot

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาผลของแสงสีต่างๆ (LEDs) ต่อการชักนำยอดรวม ของสับปะรดพันธุ์ภูแล ในสภาพปลอดเชื้อ โดยการตัดแยกปลายยอด มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม 1 mg/l BA, 3% ซูโครส และวุ้น 0.75% ที่อุณหภูมิ 26±2 °C ภายใต้การให้แสงสีแดง ขาว และเขียวจากหลอดไดโอดเปล่งแสง เป็นเวลา 14 ชั่วโมงต่อวัน นาน 8 สัปดาห์ ผลพบว่า ชิ้นส่วนพืชภายใต้แสงสีแดง มีชีวิตรอดสูงสุด 80% ในขณะที่แสงสีขาว และเขียว ชิ้นส่วนพืชรอดชีวิต 72.5% และ 70% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ชิ้นส่วนพืชเพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีขาว สามารถสร้างยอดรวมเฉลี่ยได้สูงสุด 4.95 ยอดต่อชิ้นส่วน ส่วนแสงสีแดงให้จำนวนยอดรวม 4.18 ยอดต่อชิ้นส่วน ในขณะที่แสงสีเขียว ให้จำนวนยอดรวมต่ำที่สุด 3.48 ยอดต่อชิ้นส่วน อย่างไรก็ตามปริมาณยอดรวมจากการเพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีขาวและสีแดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งต้นสับปะรดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงครั้งนี้ มีอัตราการรอดชีวิต 90% หลังการอนุบาลเป็นเวลา 4 สัปดาห์

คำสำคัญ: สับปะรด ไดโอดเปล่งแสง ยอดรวม

คำนำ

ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ แสง ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นพืชมีรายงานการวิจัยหลายงานที่ศึกษาถึงคุณภาพ ชนิดของแสงสี รวมทั้งความยาวคลื่นแสง ต่อการพัฒนาการของพืช และพบว่า แสงสีในช่วงสายตาที่มนุษย์มองเห็น (visible light) ทั้งแสง สีขาว แดง น้ำเงิน หรือเขียว ส่งผลต่อการพัฒนาการของพืชที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (Lin และคณะ, 2013) โดยทั่วไป แสงที่ใช้ในห้องสำหรับเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งเป็นหลอดที่ปลดปล่อยความร้อนออกมาค่อนข้างสูง ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศ ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อทำงานเพิ่มขึ้น และสิ้นเปลืองพลังงานมาก (อภิชาติ และคณะ, 2557) ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันได้มีการพัฒนาหลอดไฟฟ้าแบบประหยัดพลังงานหลายรูปแบบ และที่ได้รับความนิยมคือ หลอดไดโอดเปล่งแสง (LEDs; Light Emitting Diodes) ซึ่งได้มีการนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งของแสงในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมากขึ้น เช่น การใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน แดง และสีขาว ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยูคาลิปตัสลูกผสม (ดารณี และ อภิชาติ, 2558) การเพิ่มจำนวนโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ (PLBs) ของกล้วยไม้สกุลหวาย โซเนียเอียสกุล (วันทนา และคณะ, 2558) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ฟาแลนนอปซิส (Hsu และ Chen, 2010) เป็นต้น หลอด LEDs มีโครงสร้างประกอบด้วยสาร กึ่งตัวนำสองชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type semiconductor) และสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type semiconductor) ประกบเข้าด้วยกัน มีผิว

---

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Agriculture Program, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Pranakhon Si Ayutthaya, 13000

ข้างหนึ่ง เรียบคล้ายกระจก เมื่อส่งไฟฟ้ากระแสตรงผ่าน ไดโอดเปล่งแสง โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด (A) และ จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (K) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่ง ตัวนำชนิดเอ็น มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้าม รอยต่อจากสารชนิดเอ็น ไปรวมกับโฮล (hole) ในสาร กึ่งตัวนำชนิดพีการที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ พี-เอ็น จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหล ส่งผลให้ระดับ พลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและจะคายพลังงาน ออกมาในรูปคลื่นแสง (นภัทร และ ไชยยันต์, 2560) LEDs มีคุณสมบัติสามารถกำหนดความยาวคลื่นที่จำเพาะได้ มีช่วงความถี่แคบ และใช้พลังงานต่ำกว่าแสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (วันทนา และคณะ, 2558) ดังนั้นการทดลองหาแหล่งของแสงสีจาก LEDs ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืชแต่ละชนิด จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ และยังไม่เคยมีรายงานการศึกษาการใช้แสงสีต่างๆ จากหลอด LEDs ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสับปะรดมาก่อน ผลที่ได้ อาจเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างแหล่งของแสงแบบประหยัดพลังงานที่เหมาะสม ลดต้นทุนการผลิตนำไปสู่การขยายพันธุ์สับปะรดโดยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในเชิงการค้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของแสงสีต่อการรอดชีวิต และการพัฒนาเป็นยอดรวมของชิ้นส่วนพืช

1. การเตรียมชิ้นส่วนพืช

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ชิ้นส่วนลำต้นสับประรดพันธุ์ภูแลที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุ 4 สัปดาห์หลังจากการย้ายเลี้ยง บนอาหารปลอดเชื้อสูตร MS (Murashige and Skoog) เติม BA (Benzylamniopurine) เข้มข้น mg/l น้ำตาลซูโครส 3 % และผงวุ้น 0.75 % เพาะเลี้ยงภายใต้การให้แสงนาน 14 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มข้นแสง 2000 ลักซ์ อุณหภูมิ 26±2 °C

2. ผลของแสงสี ต่อการพัฒนาเป็นยอดรวมของลำต้นสับปะรดพันธุ์ภูแล

นำลำต้นสับปะรดที่ได้จากการเตรียมชิ้นส่วนพืช มาตัดใบและรากออกให้ เหลือความสูงของลำต้น 0.5 cmแล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารปลอดเชื้อสูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 1 mg/l น้ำตาลซูโครส 3% และผงวน 0.75 % เพาะเลี้ยงภายใต้การให้แสงสีขาว (400-800 nm) แสงสีแดง (648-760 nm) และสีเขียว (493-535 nm) เป็นเวลา 14 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 26±2 °C หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชิ้นส่วนพืช และจำนวนยอดรวมในแต่ละชุดทดลอง

3. ผลของแสงสี ต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดรากของต้นสับปะรดพันธุ์ภูแล

ตัดแยกยอดสับปะรดที่ได้ข้างต้นมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ลดองค์ประกอบของธาตุอาหารลงครึ่งหนึ่ง (1/2MS) ร่วมกับการเติม น้ำตาลซูโครส 3% และผงวุ้น 0.75% วางเลี้ยงภายใต้แสงสีต่างๆ เช่นเดียวกับการศึกษาที่ 2 หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดรากในแต่ละชุดทดลอง

สถิติในการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) แต่ละการทดลองใช้ชิ้นส่วนพืช 30 ชิ้นส่วน โดยแบ่งออกเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 10 ชิ้นส่วน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดสับปะรดพันธุ์ภูแล ภายใต้แสงสีต่างๆ บนอาหารสูตรชักนำยอดรวมเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีแดง มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุด 80% รองลงมาคือที่ แสงสีขาว และแสงสีเขียว ให้การรอดชีวิต 72.5% และ 70% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงการสร้างยอดรวม พบว่า ชิ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีขาวให้การสร้างยอดรวมสูงสุดเฉลี่ย 4.95±0.29 ยอดต่อชิ้นส่วน (Table 1; Figure 1a) ส่วนแสงสีแดง ให้จำนวนยอดรวมเฉลี่ย 4.18±0.14 ยอดต่อชิ้นส่วน (Table 1; Figure 1b) ในขณะที่แสงสีเขียว ให้จำนวนยอดรวมน้อยที่สุดเฉลี่ย 3.48±0.29 ยอดต่อชิ้นส่วน (Table 1; Figure 1c) อย่างไรก็ตาม จำนวนยอดรวมที่เพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีขาว และสีแดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนใหญ่ จากรายงานการวิจัยอื่นๆ พบว่า ชิ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงภายใต้การให้แสงสีแดงจะให้ผลค่อนข้างดี ดังเช่น จากการรายงานของ วันทนา และคณะ (2558) ที่ศึกษาการเพิ่มจำนวนของโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ (PLBs) ของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนียเอียสกุล ซึ่งพบว่า การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชภายใต้แสงสีแดง ส่งผลให้เกิด PLBs สูงที่สุด เช่นเดียวกับ การเพิ่มจำนวนของ PLBs ของกล้วยไม้สกุลออนซิเดียม เกิดขึ้นได้ดีเมื่อเพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีแดง (Mengxiet และคณะ, 2011) และในการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ฟาแลนนอปซิส ซึ่งพบว่า การเพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีแดง มี

อัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด (Hsu และ Chen, 2010) นอกจากนี้ Gomes da Rocha และคณะ (2013) พบว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออ้อย ภายใต้แสงสีแดง ส่งผลให้ต้นอ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ในขณะที่แสงสีเขียว ให้อัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด เช่นเดียวกันกับการศึกษานี้ การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอดสับปะรดภายใต้แสงสีเขียว พบการตายของชิ้นส่วนพืชสูงกว่าภายใต้แสงสีอื่นๆ และยังส่งผลให้จำนวนยอดรวมที่เกิดขึ้นน้อยลงอีกด้วย (Figure 1c) หลังจากตัดแยกลำต้นสับปะรดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรชักนำราก พบว่า ต้นสับปะรดที่เพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีแดง และสีขาว ให้เปอร์เซ็นต์การสร้างรากได้ 100% ในขณะที่ชิ้นส่วนพืชภายใต้แสงสีเขียว มีการสร้างราก 70% (Table 1; Figure 1d-e) ต้นสับปะรดที่ได้ มีลักษณะปกติ ลำต้นตั้งตรง ใบยืดยาว มีสีเขียวเข้ม (Figure 1f-g) และมีอัตราการรอดชีวิตภายหลังการอนุบาลถึง 90% ปัจจุบัน การใช้หลอด LEDs ได้รับความนิยม นำมาใช้เป็นแหล่งของแสงสำหรับพืชเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมากขึ้น เนื่องจาก มีน้ำหนักเบา มีขนาดเล็ก มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน และประหยัดพลังงานมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่ด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวนี้ อาจนำมาใช้ได้กับพืชบางชนิด ซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ว่าพืชที่เราศึกษาอยู่นั้น เหมาะกับการเพาะเลี้ยงภายใต้หลอด LEDs สีต่างๆ หรือไม่ (Nhut และคณะ, 2005)

จากกระบวนการทั้งหมด หากเพาะเลี้ยงต้นสับปะรดภายใต้การให้แสงสีแดง จากชิ้นส่วนเริ่มต้น 1 ยอด สามารถเพิ่มปริมาณยอดรวมได้ประมาณ 4-5 ยอด โดยใช้ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หากทำการย้ายเลี้ยงต่อ โดยตัดแยกแต่ละยอดไปเพาะเลี้ยง จะทำให้จำนวนยอดเพิ่มขึ้นประมาณ 16-25 ยอด ใน 4 สัปดาห์ถัดมา และหากทำการย้ายเลี้ยงต่อไปเป็นระยะเวลานาน จำนวนต้นเพิ่มเป็นทวีคูณ แต่อย่างไรก็ตาม ต้องมีการศึกษาในระยะยาวว่า หากเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสับปะรด เป็นระยะเวลานาน มีการย้ายเลี้ยงหลายครั้ง ภายใต้การให้แสงสีแดงนี้ ยังให้ผลดีอยู่หรือไม่ จนกระทั่งมีการปลูกทดสอบต้นสับปะรดที่ได้ เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐาน ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ เพื่อให้ได้ผลที่สามารถนำไปใช้ได้จริง ในระยะยาวต่อไป

สรุปผล

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชภายใต้แสงสีแดงบนอาหารสูตรชักนำยอดรวม (MS ร่วมกับ BA เข้มข้น 1 mg/l ซูโครส 3% และ ผงวุ้น 0.75%) ให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุด 80% ในขณะที่แสงสีขาว และเขียว ชิ้นส่วนพืชรอดชีวิต 72.5% และ 70% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงการสร้างยอดรวม พบว่า การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชภายใต้แสงสีขาว ชิ้นส่วนพืชสามารถสร้างยอดรวมเฉลี่ยได้สูงสุด 4.95 ยอดต่อชิ้นส่วน ส่วนแสงสีแดง ให้จำนวนยอดรวม 4.18 ยอดต่อชิ้นส่วน ในขณะที่แสงสีเขียว ให้จำนวนยอดรวมน้อยที่สุด 3.48 ยอดต่อชิ้นส่วน ยอดสับปะรดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรชักนำราก (1/2MS ร่วมกับ น้ำตาลซูโครส 3% และ ผงวุ้น 0.75%) ภายใต้แสงสีขาวและสีแดง ให้การสร้างราก 100% ในขณะที่แสงสีเขียว ให้การสร้างราก 70% ต้นสับปะรดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงครั้งนี้ มีอัตราการรอดชีวิต 90% หลังการอนุบาลเป็นเวลา 4 สัปดาห์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ดารณี วิภาพนม และ อภิชาต ชิดบุรี, 2558, ผลของสัดส่วนแสงสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารหลักที่มีต่อการเจริญและพัฒนาของยูคาลิปตัสลูกผสมในสภาพปลอดเชื้อ, แก่นเกษตร, 43 ฉบับพิเศษ 1: 280-286.

นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี, 2560, ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช? Which Color of Light from the Light Emitting Diodes is Optimal for Plant Cultivation?,วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25: 158-176.

วันทนา สมบูรณ์ทรัพย์ พัชรียา บุญกอแก้ว พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์, 2558, ผลของไดโอดเปล่งแสงต่อการเพิ่มจำนวนโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนียเอียสกุล, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 วันที่ 3-6 กุมภาพันธุ์ 2558 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 675-680.

อภิชาติ ชิดบุรี อนนท์ นำอิน กริช แสนสุภา และ ธีรวัฒน์ กลายเพศ, 2557, ผลของหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกันสีน้ำเงิน/สีแดง/สีขาวที่มีต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อยูคาลิปตัสในสภาพปลอดเชื้อ, แก่นเกษตร, 42 ฉบับพิเศษ 3: 409-414.

Gomes da Rocha, P.S., Pedroso de Oliveira, R., and Scivittaro, W.B, 2013, Sugacane Micropropagation using Light Emitting Diodes and Adjustment in Growth-Medium Sucrose Concentration, Ciencia Rural, Santa Maria, 43(7): 1168-1173.

Hsu, H-C., and Chen, C, 2010, The Effect of Light Spectrum on the Growth Characteristics of *In Vitro* Cultures of *Phalaenopsis*, Propagation of Ornamental Plants, 10(1): 3-8.

Lin, K-H, Huang, M-Y, Huang, W-D, Hsu, M-H, Yang, Z-W., and Yang, C-M, 2013, The Effects of Red, Blue, and White Light-Emitting Diodes on the Growth, Development, and Edible Quality of Hydroponically Grown Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*), Scientia Horticulturae, 150: 86-91.

Mengxi, Z., Xu, Yang, Y., and Feng, Y, 2011, Effects of Different Spectral Lights on *Oncidium* PLBs Induction, Proliferation, and Plant Regeneration, Plant Cell Tissue and Organ Culture, 106:1-10.

Nhut, D. T., Takamura, T., Watanabe, H., and Tanaka, M, 2005, Artificial Light Source using Light-Emitting Diodes (LEDs) in the Efficient Micropropagation of *Spathiphyllum* plantlets, ActaHorticulturae, 692: 137-142.

Table 1 Multiple shoot induction from shoot tip culture of pineapple *cv*. Phulae on multiple shoot induction medium for 4 weeks and root induction medium for 4 weeks under difference of LEDs.

Light Sources	Survival rate of explant (%)	Average no. of shoots/explant	Root induction (%)	Characteristics of plantlets
LED; White	72.5b	4.95±0.29a	100a	Normal plantlet
LED; Red	80.0a	4.18±0.14a	100a	Normal plantlet
LED; Green	70.0b	3.48±0.29b	70b	Normal plantlet
F-test	*	*	*	

Mean ±SE; Mean values followed by the same letter(s) within a column are not significantly different ($P < 0.05$)

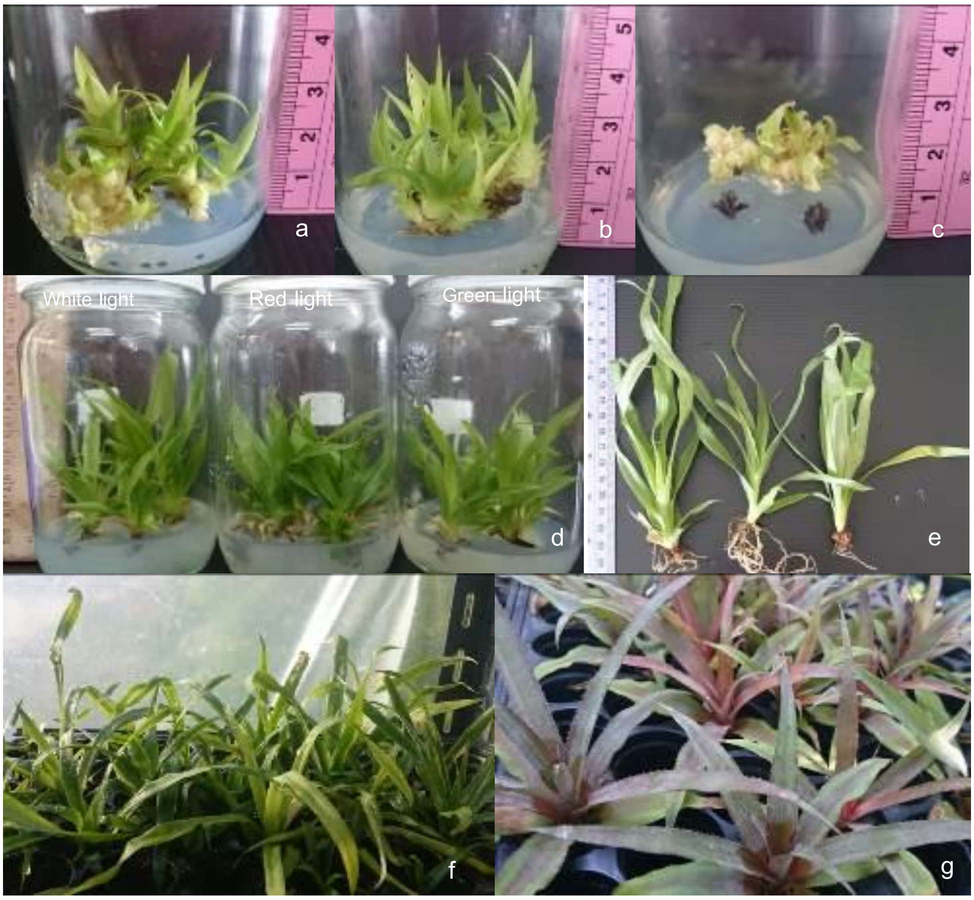


Figure 1 Effect of light emitting diodes on micropropagation of pineapple *cv*. Phulae. Multiple shoot induction on MS medium with 1 mg/l BA, 3% sucrose and 0.75% agar under fluorescent lamp (a), red LED (b) and green LED (c) for 4 weeks; root induction on 1/2MS medium with 3% sucrose and 0.75% agar for 4 weeks (d-e) and pineapples plantlets after acclimatization for 4 weeks (f) and 8 weeks(g). (bar = 5 cm)

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 281-284 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 281-284 (2559)

การใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาบางส่วนเพื่อใช้ในการผลิตพาสต้า

Use of Sorghum Flour Partially Substituted Semolina for Pasta Production

จิรนาถ บุญคง[1] **และ สุกัญญา ส่งแสง**[1]

Boonkong, J.[1] and Songsang, S.[1]

Abstract

This research involved use of sorghum flour partially substituted semolina in pasta production. The sorghum flour was varied at 5, 10, 15, 20, 25 and 30% (by flour weight). The measurement of sorghum pasta color revealed that the increasing of sorghum flour, L* and b* values decreased, related with the reduction of chroma value. The a* value increased and hue angle indicated that all of treatment were mild yellow-cool yellow color. Cooking loss among the samples was not different significantly (p>0.05). Water swelling decreased with increasing sorghum flour. The sensory evaluation of pasta by the 9-point hedonic scale method indicated that 15% sorghum flour pasta had the most acceptances. Tensile strength of 15% sorghum flour pasta was higher compared to the control, but the elongation was lower. Chemical compositions analysis indicated that 15% sorghum flour pasta had higher fat, fiber and ash content compared to the control.

Keywords: pasta, sorghum flour, wheat substitution

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนเซโมลินาบางส่วนในการผลิตพาสต้า โดยแปรปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่ระดับร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 (โดยน้ำหนักแป้ง) เมื่อวิเคราะห์ค่าสีของเส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่าง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวฟ่าง ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า chroma ที่ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นและจากการคำนวณค่า hue พบว่าพาสต้าทุกสูตร มีสีส้มแดง-สีเหลือง ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักจากการต้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) ในทุกตัวอย่าง ค่าการพองตัวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวฟ่าง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวฟ่างร้อยละ 15 มีค่าการยอมรับสูงสุด ค่าความแข็งแรงของเส้นพาสต้าที่ระดับทดแทน ร้อยละ 15 มีค่ามากกว่าสูตรควบคุม ในขณะที่ค่าระยะยืดน้อยกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าพาสต้าที่ระดับทดแทน ร้อยละ 15 มีปริมาณ ไขมัน เส้นใย และเถ้าสูงกว่าสูตรควบคุม

คำสำคัญ: พาสต้า แป้งข้าวฟ่าง การทดแทนแป้งสาลีบางส่วน

คำนำ

ผลิตภัณฑ์พาสต้า เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานเป็นอาหารหลักมาแต่โบราณของชาวยุโรป ทำมาจากแป้งเซโมลินา (semolina) ซึ่งโม่ด้วยวิธีพิเศษจากแป้งสาลีชนิดดูรัม (durum wheat) (อรอนงค์, 2540) นำมาผสมกับน้ำนวดให้เข้ากันจนเป็นโด (dough) อาจจะม้วน (rolling) หรืออีด (knead) ให้เป็นแผ่น (sheet) และตัดเป็นเส้น (strips) หรือขึ้นรูป (molding) ใช้เครื่องเอ็กทรูเดอร์ (extruder) ให้มีรูปต่างๆกัน (Brockway, 2001) เช่น มะกะโรนีเป็นเส้นใหญ่ มีรูตรงกลางมีขนาดสั้นบ้างยาวบ้าง เป็นรูปโค้งหรืออรูปท่อน สปาเก็ตตี้ เป็นเส้นกลมทึบ ยาวเล็ก ลิงกวินี คล้ายสปาเก็ตตี้ แต่เส้นแบนเหมือนเส้นบะหมี่ เป็นต้น โดยทั่วไปจะมีขายในลักษณะแห้ง เก็บรักษาง่าย เมื่อต้องการบริโภคก็นำมาต้มในน้ำร้อนเดือด แล้วทำให้สะเด็ดน้ำ ก่อนปรุงกับเนื้อสัตว์ ผัก เนยสด เนยแข็งและซอสต่างๆ สารอาหารหลักที่ได้จากผลิตภัณฑ์พาสต้า คือ คาร์โบไฮเดรต เชิงซ้อนที่เป็นกลุ่มย่อยสลายได้ช้า (slow digestion) โดยมีไขมันและแร่ธาตุเล็กน้อย (Brockway, 2001)

ข้าวฟ่าง (sorghum; *Sorghum bicolor*) เป็นพืชวงศ์หญ้า (Gramineae) มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารมนุษย์ และอาหารสัตว์ ประเทศในทวีปแอฟริกา อินเดียและจีน มีการบริโภคข้าวฟ่างเป็นอาหารหลัก โดยหุงต้มคล้ายข้าว หรือบริโภคในรูปของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวฟ่าง ในข้าวฟ่าง 100 กรัม ประกอบด้วย ความชื้น 12.2 คาร์โบไฮเดรต 70.7 กรัม โปรตีน 10.4 กรัม ไขมัน 3.1 กรัม เส้นใย 2 กรัม เถ้า 1.6 กรัม (Hulse, 1980) ซึ่งในส่วนแร่ธาตุและวิตามิน ประกอบด้วย แคลเซียม 25 มิลลิกรัม เหล็ก 5.4 มิลลิกรัม ไทอะมีน 0.38 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.15 มิลลิกรัม และไนอะซิน 4.3 มิลลิกรัม อีกทั้งประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ phenolic acid, polyphenols, flavonoid pigments, anthocyanin, proanthrocyanin (tannin) และยังรวมถึง phytosterols และ policosanols เป็นต้น (Dendy, 2001) ปัจจุบันมีการนำข้าวฟ่างไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เนื่องจากราคาถูกกว่าข้าวโพด รวมถึงอุตสาหกรรมอาหารมนุษย์ เนื่องจากเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่เป็นโรคแพ้กลูเตน (Celiac) โดยแป้งข้าวฟ่างนำมาต้มเป็นข้าวเปียก ขนมปังแผ่น ขนมปังก้อน เส้นก๋วยเตี๋ยว และเส้นหมี่ รวมถึงเมล็ดข้าวฟ่างนำมาเพาะให้งอกแล้วนำไปหมักด้วยยีสต์จนได้เป็นเบียร์ และนำ

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ถ.เพชรเกษม บางหว้า ภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160

[1] Department of Food technology, Faculty of Science, Siam University, Petchkasem Rd., Bangwa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

เมล็ดข้าวฟ่างมาหมักเป็นโยเกิร์ตที่มีรสเปรี้ยวและกลิ่นหอม (Stenhouse and Tippayaruk, 1996) อีกทั้งมีรายงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวฟ่าง ได้แก่ ขนมอบ อาหารเช้า อาหารว่าง เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์เส้น เช่น ขนมจีน เส้นหมี่ มักกะโรนี บะหมี่ เป็นต้น (ศิวาพร, 2533) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างเพื่อพัฒนาเป็นอาหารมนุษย์ ลดการใช้แป้งสาลี เพื่อให้เหมาะสมกับผู้บริโภคที่แพ้โปรตีนในแป้งสาลี ส่งเสริมการเพาะปลูกของเกษตรกร และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลทางการเกษตร งานวิจัยนี้จึงตั้งวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่ใช้ทดแทนแป้งเซโมลินาบางส่วน ต่อคุณภาพทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และองค์ประกอบทางโภชนาการที่สำคัญของผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ผลิตขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมแป้งถั่วแดงหลวงและผลิตพาสต้าสูตรควบคุมและพาสต้าจากแป้งข้าวฟ่าง

นำเมล็ดข้าวฟ่าง (ยี่ห้อ เนเจอร์ ผลิตโดยบริษัทเนเจอร์โซน จำกัด) มาอบด้วยเครื่องอบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อให้วัตถุดิบมีความชื้นร้อยละ 11-12 จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องโม่หิน (stone mill) ร่อนผ่านเครื่อง Retch Test Sieves ที่ผ่านชั้นตะแกรง 60, 80 mesh และ น้อยกว่า 80 mesh และนำแป้งข้าวฟ่างที่ผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh (มีขนาดเล็กกว่า 80 เมช) มาบรรจุถุงพลาสติก และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นผลิตพาสต้าสูตรควบคุม ซึ่งดัดแปลงจาก Martini (1977) โดยมีส่วนผสมคือ เซโมลินา ไข่ไก่ เกลือและน้ำสะอาด ปริมาณ 165, 80, 1 และ 15 กรัม ตามลำดับ ผสมเข้าด้วยกัน นวดจนขึ้นโด แล้วนำมารีดด้วยเครื่องรีด จนแผ่นแป้งมีความหนา 0.05 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้นกว้าง 0.48 มิลลิเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และผสมแป้งสำหรับใช้ผลิตพาสต้าสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวฟ่าง ที่ระดับร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง

2. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ใช้แป้งถั่วแดงหลวงทดแทนแป้งเซโมลินา

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีโดยเครื่องวัดสี (Colorimeter) Hunter lab รุ่น Color Flex 4510 วิเคราะห์น้ำหนักที่สูญเสียจากการต้ม (Cooking loss) และวัดค่าการพองตัว ตามวิธีของ (มอก. 475-2526) ทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าสูตรต่างๆ โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยวิธี 9 - point hedonic scale จากนั้นนำสูตรที่ใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนเซโมลินาที่ได้คะแนนการยอมรับสูงสุด มาทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ ความแข็งแรง และระยะการยืดของเส้น ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA-XT 2 และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1990) และคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต การวิเคราะห์สถิติของสมบัติทางเคมี-กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD หาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนโดยวิธี Two-way analysis of variance และตรวจสอบความแตกต่างของทรีทเมนต์ด้วย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เส้นพาสต้าที่ผลิตจากเซโมลินาผสมแป้งข้าวฟ่าง ที่ระดับร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 (โดยน้ำหนักเซโมลินา) มีลักษณะปรากฏของ คือ เส้นสีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาลอ่อน เรียบเนียน มีความเหนียวนุ่ม และเมื่อนำไป วิเคราะห์ค่าสี (L* a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Table 1) พบว่าปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง ซึ่งค่าความสว่างสอดคล้องกับค่า chroma ที่ลดลง ในขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวฟ่างที่มากขึ้น และจากการคำนวณค่า hue พบว่าพาสต้าทุกสูตร มีค่าอยู่ระหว่าง 67.48-77.27 ซึ่งแสดงค่าสีส้มแดง-สีเหลือง ทั้งนี้ในแป้งข้าวฟ่างจะมีสารแทนนิน และรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (anthocyanins) (Choung และคณะ, 2003; Hulse และคณะ, 1980) ดังนั้นการใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนเซโมลินามากขึ้น ทำให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะบดบังค่าความสว่างทำให้มีค่าลดลงได้

เส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างร้อยละ 10 แทนเซโมลินา มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (cooking loss) ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 4.20 แต่อย่างไรก็ตาม cooking loss ในพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างร้อยละ 5, 15-30 และสูตรควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าการพองตัวของเส้นพาสต้าจะลดลงตามปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่เพิ่มขึ้น (Table 2) ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรง และลักษณะร่างแหของการเกิดเจลแป้งภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้ง ปริมาณน้ำในสารละลาย เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความแข็งแรงและลักษณะร่างแหภายในเม็ดแป้ง ซึ่งเกิดจากหลายปัจจัยในระดับโมเลกุล ได้แก่ ส่วนประกอบและการกระจายตัวของร่างแห จำนวนกิ่งก้านสาขา และความยาวของสาขาในอะไมโลเพกติน และอัตราส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกติน (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ทั้งนี้จากการทดลอง ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวมากที่สุด คือ ชนิดของแป้ง ซึ่งปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวฟ่าง เท่ากับร้อยละ 28.69 ในขณะที่แป้งสาลีดูรัม (durum wheat) มีปริมาณมีอะไมโลส เท่ากับร้อยละ 26.2 (Vansteelandt และ Delcour, 1999) ดังนั้นเมื่อแป้งข้าวฟ่างมีปริมาณอะไมโลส สูงกว่าแป้งสาลี จึงทำให้มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยโซ่ตรงของอะไมโลสที่อยู่ชิดกัน เกิดร่างแหในเม็ดแป้งที่แข็งแรง ส่งผลให้กำลังการพองตัวและการละลายต่ำ อีกทั้งไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้ง ในรูปแบบ amylose-lipid complex เกิดเป็นโครงสร้างผลึกอย่างอ่อน ซึ่งจะเสริมความแข็งแรงให้แก่เม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้ช้า (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

การประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความเหนียวนุ่ม และความชอบโดยรวม ของเส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาบางส่วน โดยวิธี 9- point hedonic scale (Table 3) พบว่าคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส และ เนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ในด้านลักษณะปรากฏ พบว่าเส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาร้อยละ 15 และ 30 มีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เช่นเดียวกับคะแนนความชอบโดยรวมของเส้นพาสต้าที่

ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาร้อยละ 15 และ ร้อยละ 25 -30 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนเซโมลินาร้อยละ 15 มีคะแนนสูงสุดในทุกด้าน จึงคัดเลือกมาวิเคราะห์ความแข็งแรง ระยะยืดของเส้นและองค์ประกอบทางเคมีเทียบกับสูตรควบคุม

จากการวัดความแข็งแรงและวัดระยะยืดของเส้นพาสต้าสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (Table 4) พบว่าพาสต้าสูตรที่ใช้แป้งข้าวฟ่าง ร้อยละ 15 มีค่าความแข็งแรงมากกว่าสูตรควบคุม แต่มีระยะการยืดของเส้นน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากสูตรควบคุมผลิตจากเซโมลินาที่มีโปรตีนชนิดกลูเตน ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของไกลอะดินและกลูเตนินในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยไกลอะดินมีคุณสมบัติในการไหลยืดได้ดีกว่ากลูเตนินซึ่งมีลักษณะเหนียวคล้ายยาง แต่เมื่อรวมกันเป็นกลูเตนได้โดที่มีลักษณะเหมาะสม มีโครงร่างแข็งแรง ยืดหยุ่นพอดี (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากข้าวฟ่างมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลี (ปริมาณโปรตีนของข้าวฟ่าง และข้าวสาลี เท่ากับ ร้อยละ 10.4 และ 11.6 ตามลำดับ) (Hulse และคณะ, 1980) ปริมาณความชื้นของพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 และสูตรควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณ ไขมัน เส้นใย และเถ้าของพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 มากกว่าสูตรควบคุม (Table 4) เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวฟ่างมีปริมาณไขมัน เส้นใย และเถ้าสูงกว่าแป้งสาลี (กองโภชนาการ, 2544; Hulse, และคณะ, 1980) เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนและความชื้นของพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 เทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มะกะโรนี (มอก. 475-2526) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 14 และความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526) แต่พบว่าพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย และปริมาณความชื้นสูงกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากพาสต้าที่ผลิตขึ้นไม่ผ่านขั้นตอนการอบแห้ง หากนำไปทำการอบแห้งจะสามารถลดความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ อีกทั้งสามารถเสริมโปรตีนจากไข่ไก่ในส่วนผสมให้มากขึ้น จะทำให้พาสต้าสูตรที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณโปรตีนอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน

สรุปผล

การใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาบางส่วนเพื่อใช้ในการผลิตพาสต้า ทำให้ได้พาสต้าที่มีความสว่างลดลง มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นและการพองตัวของพาสต้าลดลงตามปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่ใช้มากขึ้น พาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 ได้คะแนนการยอมรับสูงสุดในทุกด้าน เมื่อนำมาทดสอบความแข็งแรงและระยะยืดของเส้น พบว่าพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ระดับร้อยละ 15 มีความแข็งแรงมากกว่าสูตรควบคุม แต่มีระยะยืดของเส้นน้อยกว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า พาสต้าที่พัฒนาขึ้น มีปริมาณ ไขมัน เส้นใยและเถ้าสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรุงเทพฯ: 132 หน้า.

ศิวาพร ศิวเวชช, 2533, ผลิตภัณฑ์จากข้าวฟ่าง เล่ม 2, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 37 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. 2526. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มะกะโรนี.เอกสาร มอก. ที่ 475-2526, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540, ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี พิมพ์ครั้งที่ 2 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 139-142, 201-206.

AOAC, 1990, Official Method of Association of official chemist. 16th ed., Association official Analytical chemist. Virginia,: 32 (1)-32 (29c).

Brockway, B.E., 2001, Pasta. *In* David A.V. Dendy, Bogdan J. Dobraszczyk. (Eds.). Cereals and cereal products: Chemistry and Technology, Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, 254-262.

Choung, M.G., Choi, B.R., An, Y.N., Chu, Y.H., and Cho, Y.S., 2003, Anthocyanin Profile of Korean Cultivated Kidney Bean, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(24): 7040-7043.

Dendy, D.A.V., 2001, Sorghum and the millets. *In* David A.V. Dendy, Bogdan J. Dobraszczyk. (Eds.). Cereals and cereal products: Chemistry and Technology. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, 341-366.

Hulse, J.H.; Laing, E.M.; Pearson, O.E.1980. Sorghum and the Millets: their Composition and Nutritive Value; New York, Academic Press: 997 p.

Martini, A., 1977, Pasta and Pizza, Elisabeth Even. St. Martins Press. New York. 195 p.

Stenhouse, J. W. and Tippayaruk J.L.., 1996. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. pp. 130-136. *In* Grubben, G. J. H. and S. Partohardjono, eds. Plant Resources of South–East Asia No. 10: Cereals. PROSEA Foundation, Indonesia.

Vansteelandt, J., and Delcour, J.A., 1999, Characterization of starch from durum wheat (*Triticum durum*), Starch-Stärke, 51 (2-3): 73-80.

Table 1 Color of partial substituted sorghum flour pasta for semolina

Level of substitution (%)	Color			H°	Chroma
	L*	a*	b*		
5	68.41±0.21^{a}	6.96±0.21^{c}	30.82±0.21^{a}	77.27	31.60
10	68.01±0.13^{a}	8.01±0.10^{b}	28.83±0.41^{b}	74.47	29.92
15	61.24±0.21^{b}	8.17±0.12^{b}	27.20±0.23^{c}	73.28	28.40
20	59.52±0.21^{c}	8.11±0.21^{b}	23.03±0.22^{d}	70.60	24.42
25	58.26±0.16^{c}	9.23±0.20^{a}	22.67±0.20^{d}	67.85	28.81
30	55.76±0.16^{d}	9.43±0.18^{a}	22.74±0.33^{d}	67.48	24.61

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Cooking loss and swelling of partial substituted sorghum flour pasta for semolina

Level of substitution (%)	Cooking loss (%)	Swelling (%)
0	4.70±0.29^{ab}	75.25±0.16^{a}
5	4.71±0.50^{ab}	74.60±0.56^{b}
10	4.20±0.30^{b}	74.35±0.49^{bc}
15	4.44±0.31^{ab}	74.20±0.42^{c}
20	4.80±0.32^{ab}	74.10±0.14^{c}
25	4.94±0.33^{a}	73.70±0.26^{d}
30	5.01±0.22^{a}	72.18±0.14^{e}

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory evaluation score of partial substituted sorghum flour pasta for semolina

Level of substitution (%)	Score				
	Appearance	Color	Flavor	Texture	Overall liking
5	4.37±1.28^{ab}	4.77±1.16^{ab}	4.87±1.60^{a}	4.60±1.04^{ab}	5.63±1.07^{ab}
10	4.30±1.61^{ab}	5.23±1.16^{ab}	5.13±1.38^{a}	4.83±0.92^{ab}	5.67±1.35^{ab}
15	6.07± 1.01^{a}	8.23±0.63^{a}	6.93±1.21^{a}	8.40±0.49^{a}	7.23±1.22^{a}
20	4.49±1.15^{ab}	4.90±1.16^{ab}	4.60±1.04^{a}	4.30±1.82^{ab}	5.77±1.39^{ab}
25	4.47±1.07^{ab}	4.73±1.05^{ab}	4.73±1.29^{a}	4.13±1.36^{ab}	5.97±1.40^{b}
30	4.83±0.98^{b}	4.83±0.99^{ab}	3.67±1.24^{a}	3.97±1.35^{ab}	5.33±1.15^{b}

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 4 Chemical composition, tensile strength and elongation of control pasta and 15% substituted pasta

Formulae	Chemical composition (%)						Tensile Strength (g)	Elongation (mm)
	Protein	Fat	Fiber	Moisture	Ash	Carbohydrate		
Control	13.57±0.00	3.15±0.17	7.50±0.42	13.71±0.32	0.82±0.05	61.25	49.91±2.37	35.96±4.23
15% substitution	12.48±0.00	4.89±0.89	12.56±0.64	14.73±0.61	0.95±0.14	54.39	52.57±2.71	33.60±3.43

15% sorghum flour 20% sorghum flour 25% sorghum flour 30% sorghum flour

Figure 1 Appearance of substituted sorghum flour pasta for semolina at 0-30% (by weight)

การประเมินโรคแอนแทรคโนสของพริกโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม

Chili Anthracnose Disease Classification Using Artificial Neural Network

วาสนา วิรุญรัตน์[1] พัชรีภรณ์ บัวหนอง[1] และ สมนึก สินธุปวน[2]

Wiroonrat, W.[1], Bownong, P.[1] and Sinthupuan, S.[2]

Abstract

This research was aimed to forecast the occurrence of Chili anthracnose in Chiangmai province by artificial neural network. To construct the model for artificial neural network, the data were divided into 3 fractions. Sixty percent of the total data were used for model construction and the rest (40%) were used for model testing and checking its precision. The input variables for disease forecasting were average daily temperature condition and three day-consecutive relative-humidity. There were four cases which disease was forecasted as follows, 1) not suitable for disease growth, 2) suitable for disease growth in one day of every three days 3) suitable for disease occurring within the first two days, and 4) suitable for disease occurring with in all three days. Constructed model was tested which the model was very effective with the square-root of root mean square error (RMSE) of 0.179-0.0, with the agreement of index (IA) of 0.988-1.0

Keywords: Chili in Chiangmai, anthracnose disease, artificial neural network

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินโรคแอนแทรคโนส ของพริกโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในจังหวัดเชียงใหม่ โดยแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน ร้อยละ 60 สำหรับการสอนโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง ที่เหลืออีกร้อยละ 40 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำหรับการทดสอบและการตรวจสอบความถูกต้อง โดยมีตัวแปรนำเข้า ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิรายวัน และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์รายวันต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน เพื่อทำนายการเกิดโรค โดยแบ่งผลการทำนายออกเป็น 4 กรณี ซึ่งประกอบด้วย 1)ไม่มีความเหมาะสมสำหรับการเกิดโรค 2)มีความเหมาะสมจะเกิดโรควันใดวันหนึ่งใน 3 วัน 3)มีความเหมาะสมจะเกิดโรคใน 2 วันแรก และ4)มีความเหมาะสมจะเกิดโรคทั้ง 3 วัน จากการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพมาก โดยทำการวัดผลออกมาเป็นค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error, RMSE) เท่ากับ 0.179-0.0 และและค่าการยอมรับได้ (agreement of index, IA) เท่ากับ 0.988-1.0 ซึ่งจากผลที่ได้จะสามารถนำไปต่อยอดการพยากรณ์การเกิดโรคแอนแทรกโนสพริกจากสภาพอากาศแบบเรลไทม์ โดยผ่านสถานีอากาศและทำการแจ้งเตือนด้วยข้อความผ่านโทรศัพท์มือถือของเกษตร

คำสำคัญ: พริกในจังหวัดเชียงใหม่ แอนแทรกโนส โครงข่ายประสาทเทียม

คำนำ

พริกอยู่ในวงศ์ solanaceae ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและเป็นที่นิยมของคนไทยในการประกอบอาหาร เนื่องจากมีรสชาติจัดจ้านถูกปาก ผลผลิตพริกของประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้บริโภคสดภายในประเทศร้อยละ 87 ของผลิตทั้งหมดทั่วประเทศ (ประมาณ 530,000 ตัน) (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1, 2556) โดยพริกสามารถปลูกพริกได้ทั่วประเทศ แต่จะมีช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสมแตกต่างกัน ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพริกขึ้นอยู่กับทรัพยากรเกษตรเฉพาะแต่ละพื้นที่ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติดิน น้ำ รวมถึงสภาพอากาศเฉพาะที่ในช่วงเวลาที่มีการผลิตนั้นๆมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใดต่อการผลิตพริก สำหรับปัญหาสำคัญในการผลิตพริกคือ โรค แมลง สร้างความเสียหายให้กับเกษตรกรผู้ปลูกพริกเป็นอย่างมาก (วีระ และคณะ, 2555) ซึ่งโรคที่สำคัญของพริกคือ โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย โรคยอดเน่า โรคโคนเน่า และโรคแอนแทรกโนส หรือโรคกุ้งแห้ง หนึ่งในโรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตพริก ผลพริกที่ถูกเชื้อสาเหตุเข้า

[1] **หลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290**

[1] Soil science curricular, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290

[2] **หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290**

[2] Computer science curricular, Faculty of science, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290

ทำลาย จะเกิดจุดฉ่ำน้ำเล็กๆ ต่อมาแผลขยายขนาดออกไปในลักษณะเป็นวงรี หรือ กลม เกิดเป็นวงซ้อนๆ กันเป็นชั้นๆ บริเวณกลางแผลมีส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อสีดำหรือ สีส้มอ่อน ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ (Saxena *et al.*,2016) ถ้าปล่อยไว้ผลพริกจะแห้งไปทั้งผล ถ้าเชื้อสาเหตุเข้าทำลายตั้งแต่ในระยะผลเขียว ผลพริกมักจะแห้งคาต้นไม่ค่อยร่วงหล่นไป แต่ถ้าเชื้อเข้าทำลายในระยะผลแดง ผลพริกมักจะร่วงหล่นไป กลายเป็นการระบาดของโรคอย่างต่อเนื่อง (โดยระบาดรุนแรงในแปลงปลูกพริกช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน) สำหรับการแก้ไขปัญหาของเกษตรกรเมื่อเกิดการระบาดของโรคดังกล่าว เกษตรกรจะใช้วิธีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นหลัก ซึ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของเกษตรกรและยังมีความเสี่ยงที่ผลผลิตพริกจะมีสารเคมีตกค้างในปริมาณที่สูง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตของปัจจัยการผลิต ซึ่งค่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นต้นทุนสูงถึงร้อยละ 47 ของต้นทุนในการผลิตพริกทั้งหมด (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1, 2556) อย่างไรก็ตามหากเกษตรกรสามารถประเมินสถานการณ์การเกิดโรคก่อนการแสดงอาการและระบาดในแปลงและมีวิธีการจัดการโรคแมลงที่เหมาะสม จะช่วยลดความเสียหายต่อผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกรอีกด้วย

ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินสถานการณ์การเกิดโรคแอนแทรคโนสจากสภาพอากาศโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความสามารถในการจำลองพฤติกรรมของระบบที่มีความซับซ้อนของข้อมูลได้ดี ซึ่งเป็นคุณลักษณะพื้นฐานของงานด้านการเกษตรที่มีความไม่แน่นอนและมีความซับซ้อนของข้อมูลสูง เช่น การทำนายหรือพยากรณ์สภาพอากาศเพื่อใช้ในการป้องกันการเสียหายของพืชจากสภาพอากาศที่แปรปรวน (ศุภโชค, 2559) ซึ่งน่าจะประเมินสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริกที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำในการทำนาย เพื่อนำไปใช้เกษตรกรทราบสถานการณ์และสามารถป้องกันแก้ไขได้ทันท่วงทีก่อนที่จะเกิดการระบาดของโรคนี้ในแปลงพริก

อุปกรณ์และวิธีการ

PyBrain - Machine Learning Library

การสร้างแบบจำลองการทำนายโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ณ ตำแหน่งสถานีวัดศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือย้อนหลัง 4 ปี ตั้งแต่ปี 2554-2557 ข้อมูลที่นำมาใช้ในแบบจำลองประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (Mean of Temperature) และค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ (Mean of Humidity) โดยข้อมูลที่ได้จะถูกนำเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry pi) เพื่อทำการสร้างโครงข่ายปราสาทเทียม (Neural Network) โดยใช้ภาษา Python และทำการติดตั้งไลบรารีสำหรับโครงข่ายปราสาทเทียม (PyBrain - Machine Learning Library http://pybrain.org/) เพื่อใช้สำหรับการสร้างต้นแบบ (Model) โดยการเรียนรู้จากข้อมูลนำเข้าที่ได้ทำการจัดรูปแบบที่เหมาะสม (Data preparation) จากนั้นทำการทำนาย (Predict value) และตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Value) โดยใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error, RMSE) คือ การวัดค่าความแตกต่างระหว่าง *ค่าที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 4 กรณี* และ *ค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์* หากผลต่างมีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าจริง ดังนั้นหากมีค่าเท่ากับศูนย์หมายความว่าไม่เกิดความคลาดเคลื่อนในแบบจำลอง (ศุภัทรษร, 2556) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$= \sqrt{\frac{\sum (s-o)^2}{N}} \qquad (1)$$

เมื่อ s = ค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และ o = ค่าที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 4 กรณีจากแปลงทดลอง และค่าการยอมรับได้ (agreement of index, IA) คือ การวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริง และค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลองหากมีค่าเข้าใกล้ 1 แบบจำลองมีค่าการยอมรับได้สูง สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$1 = \frac{\sum (s_i - o)^2}{\sum (\hat{o}_i - \hat{s})^2} \qquad (2)$$

เมื่อ $\bar{S}$ = ค่าเฉลี่ยจากแบบจำลอง และ $\hat{s} = \left| s - \bar{s} \right|$ และ $\hat{o} = \left| o - \bar{s} \right|$

Data Preparation (**การจัดเตรียมข้อมูล**)

การจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม จากข้อมูลจำนวน 2,335 แถว จะถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน ร้อยละ 60 สำหรับการสอนโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง (Learning Model) ที่เหลืออีกร้อยละ 40 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำหรับการทดสอบ (Testing Model) และการตรวจสอบความถูกต้อง (Valid Model) โดยมีตัวแปรนำเข้าจำนวน 2 ค่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ โดยทำการเก็บต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน เท่ากับ 6 ค่า เพื่อ

การเรียนรู้และทำนายการเกิดโรค โดยแบ่งผลการทำนายออกเป็น 4 กรณี ซึ่งประกอบด้วย 1)ไม่มีความเหมาะสมสำหรับการเกิดโรค 2) มีความเหมาะสมจะเกิดโรควันใดวันหนึ่งใน 3 วัน 3) มีความเหมาะสมจะเกิดโรคใน 2 วันแรก และ 4)มีความเหมาะสมจะเกิดโรคทั้ง 3 วัน

Input data = Day 1 (Data) + Day 2 (Data) + Day 3 (Data) by Data = MofTem, MofHum (3)

Output data = (None, 1 in 3, 2 in 3, ALL) (4)

Model = Input data + Output data (5)

Data Normalization (การจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม)

โรคแอนแทรคโนสถือว่าเป็นโรคสำคัญของพริก มีเชื้อสาเหตุ 3 ชนิดได้แก่ *Collectotrichum gloeosporioides* มักเข้าทำลายพริกผลใหญ่ *Collectotrichum capsici* เข้าทำลายพริกผลเล็กหรือกลุ่มพริกขี้หนู และ *Collectotrichum piperatum* เข้าทำลายพริกหวาน โดยเข้าทำลายทุกระยะการเจริญเติบโตโดยเฉพาะบนผลพริก โรคจะระบาดอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 95% (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1, 2556) อย่างไรก็ตาม ในรายงานของ Roberts และคณะ (2001) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาของเชื้อสาเหตุประมาณ 27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80 % ติดต่อกันอย่างน้อย 48 ชั่วโมง เริ่มต้นตั้งแต่สปอร์ตกลงบนผิวของพืช จนกระทั่ง Infection peg เจริญเป็น primary hyphae เข้าสู่ผนังเซลล์พืชแล้ว

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินสภาพอากาศที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุการเกิดโรค ดังนี้ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27-30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80% หลังจากนั้นนำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับระบบการเรียนรู้โดยใช้โครงข่ายปราสาทเทียม โดยมีการจัดรูปแบบสำหรับข้อมูลดังสมการที่ (6) และ (7)

If (Mean of Temperature > 27) and (Mean of Temperature < 30): (6)

Mean of Temperature = Mean of Temperature / Mean of Temperature = 1

Else: Mean of Temperature = Mean of Temperature

If (Mean of Humidity > 80): (7)

Mean of Humidity = Mean of Humidity / Mean of Humidity = 1

Else: Mean of Humidity = Mean of Humidity

Create Model (การสร้างแบบจำลองโครงข่ายปราสาทเทียม)

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network) เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทเป็นโครงข่ายประสาทเทียมเรียนแบบการทำงานสมองมนุษย์ ประกอบด้วยชั้นอินพุต (input layer) ชั้นเอาท์พุต (output layer)และชั้นซ่อน (hidden layer)โดยการทำงานขอโครงข่ายจะนำ input x weight ของแต่ละขาและผลรวมของทุกขาของโครงข่าย จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่า threshold เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ (output) และทำการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (network weight)โดยกระบวนการทำซ้ำ (iteration)

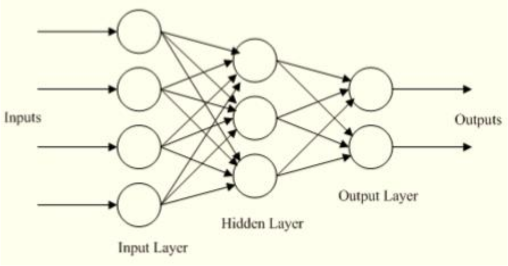


Figure 1 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่ายปราสาทเทียม

การสร้างแบบจำลองโครงข่ายปราสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (back propagation) กำหนดให้มีขนาด Hidden Layer ขนาด 50 layer และ 100 layer ทำการเรียนรู้จำนวน 50 , 70, 100 รอบ (Iteration) โดยกำหนดให้มี Input data เท่ากับ 6 และ Output data เท่ากับ 4

hidden size = 50 epochs = 50, net = buildNetwork (6,hidden_size,4, outclass=SoftmaxLayer),

trainer = BackpropTrainer(net,dataset=trndata,momentum=0.1,verbose=True,weightdecay=0.01)

ผลการทดลอง

จากผลการประเมินโรคแอนแทรกโนสโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model) จากการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน และข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์รายวันย้อนหลัง 4 ปี (2554-2557) พบว่า แบบจำลองสามารถทำนายผลลัพท์ได้ทั้ง 4 กรณี ได้แก่ 1)ไม่มีความเหมาะสมสำหรับการเกิดโรค 2)มีความเหมาะสมจะเกิดโรควันใดวันหนึ่งใน 3วัน 3)มีความเหมาะสมจะเกิดโรคใน 2 วันแรก และ4)มีความเหมาะสมจะเกิดโรคทั้ง 3 วัน โดยแบบจำลองมีความแม่นยำในการทำนายค่อนข้างสูง โดยในการทดสอบข้อมูล(Testing) ด้วยข้อมูลร้อยละ 20 ของข้อมูลทั้งหมด โดยมีจำนวน Hidden Layer ที่ดีที่สุดเท่ากับ 100 และ 50 Iteration มีค่า RMSE อยู่ระหว่าง 0.24-0.0, และค่า IA : 0.988-1.0 และในการตรวจสอบ (validation) ด้วยข้อมูลร้อยละ 20 ของข้อมูลทั้งหมด โดยมีจำนวน Hidden Layer ที่ดีที่สุดเท่ากับ 100 และ 70 Iterationมีค่า RMSE อยู่ระหว่าง 0.179-0.0 และค่า IA : 0.988-1.0 (Table1)

สรุปและวิจารณ์

การประเมินโรคแอนแทรกโนสโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีความแม่นยำในการทำนายค่อนข้างสูง โดยประสิทธิภาพในการทำนายมีค่าอยู่ในช่วง 0.179-0.0 และค่า IA : 0.988-1.0 และหากต้องการเพิ่มความแม่นยำมากยิ่งขึ้นสามารถเพิ่มจำนวนชุดข้อมูลการเรียนรู้ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมก่อนนำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์และเตือนภัยการเกิดโรคแอนแทรกโนสของพริกแก่เกษตรกรได้ ในการพยากรณ์สามารถแจ้งให้เกษตรกรทราบล่วงหน้าได้เป็นระยะได้ ตั้งแต่วันแรกที่อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27-30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80% และวันที่ 2 หากยังคงมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์เดิม และมีเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรกโนสอยู่ในพื้นที่ปลูกพริก เชื้อสาเหตุจะแทง peg และเจริญเป็น primary hyphae เข้าสู่ผนังเซลล์พืชของพริก อย่างไรก็ตามหากเกษตรกรทำการฉีดพ่นสารเคมีหรือสารชีวภาพเพื่อป้องกันและกำจัดโรคในระยะเริ่มต้น 1-2 วันแรก ก็จะสามารถลดการระบาดของโรคแอนแทรกโนสในแปลงได้อย่างทันท่วงที และในอนาคตการแจ้งเตือนจะทำแบบเรลไทม์โดยผ่านสถานีอากาศ ซึ่งทำการติดตั้งในแปลงพลิกและทำการส่งข้อมูลการทำนายเพื่อแจ้งเตือนเกษตรกรโดยผ่านโทรศัพท์มือถือ

Table 1 Observations of Anthracnose evaluation Disease

Hidden Layer	Iteration	Testing		Validation	
		RMSE	IA	RMSE	IA
50	50	0.080	0.998	0.065	0.999
50	70	0.080	0.998	0.080	0.998
50	100	0.153	0.995	0.153	0.995
100	50	0.0	1.0	0.046	0.999
100	70	0.173	0.993	0.0	1.0
100	100	0.240	0.988	0.179	0.99

เอกสารอ้างอิง

วีระ ภาคอุทัย สิริกุล วะสี กรุง สีตะธนี และเยาวรัตน์ ศรีวรานันท์, 2555, คู่มือการจัดการห่วงโซ่อุปทานพริกสดปลอดภัย (ฉบับ พ.ศ. 2555), พิมพ์ครั้งที่ 6, ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, 87 หน้า.

ศุภโชค แสงสว่าง, 2559, การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับงานด้านการเกษตร, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 26(2): 319-331.

ศุภัทรชร คำบ่อ. 2556. แบบจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม.
วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1, 2556, เทคโนโลยีการผลิตพริกคุณภาพในเขตภาคเหนือตอนบน, พิมพ์ครั้งที่ 1, เชียงใหม่, ดาราวรรณการพิมพ์, 76 หน้า.

Roberts, P.D., Pernezny, K., and Kucharek, T.A., 2001, Anthracnose caused by *Colletotrichum* sp. on pepper [Online]. Journal of University of Florida/Institute of Food and Agricultural Sciences. Available from http://edis.ifas.ufl.edu/PP104 (Accessed 25/12/2007)

Saxena, A., Raghuwanshi, R., Gupta, V. K., and Singh, H. B., 2016, Chilli anthracnose: The epidemiology and management, *Frontiers in Microbiology*,*7*.

ผลของการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย

Effect of Substitute Chinese Water Chestnut Flour for Wheat Flour in Butter Cookies

ผาณิต รุจิรพิสิฐ[1] **และทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์**[2]

Rujirapisit, P.[1] and Watanachaiyong, T.[2]

Abstract

This study was aimed to investigate effects of substituted Chinese water chestnut flour for wheat flour in butter cookies. Chinese water chestnut flour was added to wheat flour at 0, 10, 20, 30 and 40 % (flour basis). Physical properties and sensory attributes were evaluated. Results showed that lightness (L*) color decreased when amount of Chinese water chestnut flour increased, while redness (a*) yellowness (b*) and chroma increased ($p\leq0.05$). Results also found that higher amount of Chinese water chestnut flour in butter cookies gave smaller size and more firmness texture. When the amount of Chinese water chestnut flour increased, the cutting force and bulk density were increased ($p>0.05$), but spread ratio and specific volume decrease ($p\leq0.05$). Sensory evaluation using 9-point hedonic scale showed that Chinese water chestnut flour could be used for substituted wheat flour at 20% (flour basis), which it had the Chinese water chestnut odor.

Keywords : Chinese water chestnut, Chinese water chestnut flour, Butter Cookies

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย โดยแปรปริมาณการทดแทนเป็น 0, 10, 20, 30, และ 40 % (โดยน้ำหนักแป้ง) ประเมินคุณภาพของคุกกี้เนย โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความเข้มของสี (Chroma) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) และพบว่าขนาดของคุกกี้เนยลดลง โดยมีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น ซึ่งมีผลให้ค่าแรงตัดขาดและค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการแผ่ขยายตัวและปริมาตรจำเพาะลดลง ($p\leq0.05$) จากการทดสอบลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าสามารถใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยได้ 20 % โดยผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมเฉพาะของแห้วจีน

คำสำคัญ: แห้วจีน แป้งแห้วจีน คุกกี้เนย

คำนำ

แห้วจีน (*Eleocharis dulcis* Trin.) เป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่สำคัญของจังหวัดสุพรรณบุรี ปลูกมากในบางตำบลของอำเภอศรีประจันต์ และอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี (สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี, 2554) สามารถนำมาผลิตเป็นอาหารได้หลายชนิดและมีสรรคุณทางยา โดยงานวิจัยของ ผาณิต (2551) พบว่า แป้งฟลาวร์จากแห้วจีน (ขนาด 100 เมช) มีปริมาณโปรตีน 8.57% และมีปริมาณอะมิโลสอยู่ในเกณฑ์ที่สูง (32.75% โดยน้ำหนักแห้ง, วิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric method) และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้แป้งที่มีอะมิโลสสูง เช่น แป้งข้าวเจ้ามาใช้ในการผลิตคุกกี้และให้ผลการทดลองเป็นที่ยอมรับ เช่น Gonzalez-Galan และ คณะ (2006) ทดลองใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งถั่วเหลืองในการผลิตคุกกี้ และ อริสา และอรอุมา (2550) ได้ศึกษาการผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วนและยังมีการใช้แป้งบางชนิดในการผลิตคุกกี้ เช่น Maghaydah และคณะ (2013) ได้ทดลองใช้แป้งจากถั่วลูพินในการผลิตคุกกี้ และ เนื่องจากแป้งสาลีในประเทศไทย ยังต้องมีการนำเข้าวัตถุดิบข้าวสาลีจากต่างประเทศ และเพื่อเป็นการส่งเสริมการใช้วัตถุดิบแห้วจีนซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นของประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงต้องการศึกษาผลของการใช้แป้ง

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

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

[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[2] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindang Bangkok 10400

ฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนที่เหมาะสมในการนำมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย โดยเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เนย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย โดยใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีอเนกประสงค์ ในปริมาณ 0, 10, 20, 30, และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมโดยการวัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab Digital Color Difference Meter รุ่น DP-9000 วัดค่าแรงตัดขาดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น texture LRX ของ LLOYE instrument วัดค่าความหนาแน่น (Bulk density) ปริมาตรจำเพาะ(specific volume) และค่าการแผ่ขยายตัว (spread ratio) โดยวิธี AACC(2000) วางแผนการทดลองโดยวิธี Completely randomized design และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9- point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองโดยวิธี Randomize complete block design วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างโดยใช้ Duncan’s New Multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการนำแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย เมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยไปวัดค่าสี(Table 1) พบว่า เมื่อปริมาณแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความเข้มของสี (Chroma) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบแป้งฟลาวร์จากแห้วจีน มีสีเข้มกว่าแป้งสาลี และมีสีค่อนข้างเหลือง และเมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยที่ได้ไปวัดค่าแรงตัดขาด และค่าการแผ่ขยายตัว พบว่าเมื่อปริมาณแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการแผ่ขยายตัวลดลง ($p \leq 0.05$) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองใน Table 3 ที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น จะทำให้คุกกี้เนยมี ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและปริมาตรจำเพาะลดลง ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตน ในขณะที่แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนไม่มีกลูเตน (Alvarenga และคณะ, 2011) ดังนั้นโครงสร้างของคุกกี้ที่มีปริมาณแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาก จึงมีกลูเตนน้อย ทำให้การแผ่ขยายตัวน้อย ขนาดของคุกกี้จึงเล็กลงและมีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น

เมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยไปทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ทางด้านความชอบ พบว่า คะแนนความชอบทางด้านสี และกลิ่น ของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยที่ใช้แป้งฟลาวร์จากแห้งจีนในปริมาณ 10 และ 20% มีคะแนนความชอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งฟลาวร์จากแห้งจีน 0, 30 และ 40% (Table 4) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะแห้งจีนมีสีและกลิ่นหอมเฉพาะตัว เมื่อเติมลงไปในคุกกี้ในปริมาณ 10 และ 20 % จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมมีความชื่นชอบมากกว่าสูตรควบคุม แต่ถ้าเติมมากเกินไปสีและกลิ่นอาจจะเข้มเกินไปคะแนนความชอบจึงลดลง ส่วนลักษณะปรากฏ รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยที่ใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนในปริมาณ 0, 10 และ 20 % มีคะแนนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังนั้น ปริมาณที่เหมาะสมที่สามารถนำแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยคือ 10 และ 20% โดยปริมาณที่เหมาะสมจากงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย ในปริมาณ 20% เนื่องจากใช้แป้งฟลาวร์จากแห้งจีนได้ในปริมาณที่มากกว่า เพื่อเป็นแนวทางในการนำแห้วจีนที่ผลิตได้ในประเทศไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น และลดการใช้แป้งสาลีที่ต้องนำเข้าวัตถุดิบข้าวสาลีจากต่างประเทศ

Table 1 Hunter lab color on substitute Chinese water chestnut flour for wheat flour in butter cookies.

Chinese water chestnut flour (%)	Hunter Lab Color			
	L*	a*	b*	Chroma
0	64.32[a]	8.55[c]	32.44[c]	33.55[c]
10	60.65[b]	9.19[c]	33.14[b]	34.39[c]
20	60.27[b]	13.01[b]	33.76[b]	36.18[b]
30	58.78[c]	13.15[b]	35.73[a]	38.07[a]
40	58.76[c]	14.09[a]	35.66[a]	38.34[a]

Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

Table 2 Cutting force and spread ratio on substitute Chinese water chestnut flour for wheat flourin butter cookies.

Chinese water chestnut flour (%)	Cutting force (N)	Spread ratio
0	8.90[c]	5.85[a]
10	10.56[b]	5.36[b]
20	10.60[b]	5.41[b]
30	12.29[a]	4.52[c]
40	12.71[a]	4.48[c]

Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

Table 3 Bulk density and specific volume on substitute Chinese water chestnut flour for wheat flour in butter cookies

Chinese water chestnut flour (%)	Bulk density (g/cm^3)	Specific volume (cm^3/g)
0	0.35[c]	2.86[a]
10	0.37[c]	2.70[a]
20	0.42[b]	2.38[b]
30	0.43[b]	2.33[b]
40	0.47[a]	2.13[c]

Means for each characteristic in the same column 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 substitute Chinese water chestnut flour for wheat flour in butter cookies

Chinese water chestnut flour (%)	Hedonic score					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall linking
0	8.13[a]	7.82[b]	7.50[b]	8.24[a]	8.29[a]	8.22[a]
10	8.12[a]	8.29[a]	7.74[a]	7.91[a]	8.18[a]	8.05[a]
20	8.13[a]	8.47[a]	7.84[a]	8.20[a]	8.22[a]	8.21[a]
30	7.21[b]	7.69[b]	7.81[a]	7.18[b]	7.12[b]	7.03[b]
40	7.18[b]	7.46[c]	7.58[b]	7.25[b]	7.10[b]	7.20[b]

Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT Test

สรุปผล

การใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วนที่มากขึ้นเพื่อผลิตคุกกี้เนย มีผลทำให้คุกกี้เนยมีสีเข้มขึ้น เนื้อสัมผัสแน่นขึ้น การแผ่ขยายตัวลดลง โดยสามารถใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีได้ 20% (โดยน้ำหนักแป้ง) และผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยที่ได้มีกลิ่นหอมเฉพาะของแห้วจีน

เอกสารอ้างอิง

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2551, องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งฟลาวร์จากแห้วจีน, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 28(1) : 168-178.

สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี, 2554, รายงานข้อมูลวิสาหกิจชุมชนจังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2554, สุพรรณบุรี :กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกร สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี.

อริสรา รอดมุ้ย และ อรอุมา จิตรวโรภาส, 2550, การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 3(1) : 37-43.

Alvarenga, N.B., Lidon, F.C., Belga, E., Motrena, P., Guerreiro, S., Carvalho, M.J. and Canada, J., 2011, Characterization of Gluten-free Bread Prepared from Maize, Rice and Tapioca Flours using the Hydrocolloid Seaweed Agar-Agar, Journal of Recent Research in Science and Technology, 3(8): 64-68.

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

Gonzalez-Galan,A. Wang,S.H., Sgarbieri,V.C. and Moraes,M.A.C., 2006, Sensory and Nutrition Properties of Cookies Based on Wheat-Rice-Soybean Flours Baked in a Microwave Oven, Journal of Food Science, 56(6):1699-1701.

Maghaydah,S., Abdul-hussain,S., Ajo,R., Tawalbeh, Y.and Elsahoryi,N., 2013, Effect of Lupine Flour on Baking Characteristics of Gluten Free Cookies, Journal of Food Science and Technology, 5(5):600-605.

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวต่อคุณภาพของคุกกี้เนย

Effect of Wheat Flour Substitution with Mungbean Meal Protein on Qualities of Butter Cookie

นวพร ลาภส่งผล[1] นันทิดา บุญเสงี่ยม[1] และ ดวงหทัย ใจเสาร์[1]

Lapsongphon, N.[1], Bunsangime, N.[1] and Jaisaow, D.[1]

Abstract

A study on the effect of wheat flour substitution with mungbean meal at 0, 10, 20, 30, and 40% on qualities of butter cookie was conducted. The mungbean meal consisted of protein, crude fiber, moisture, ash, and fat of 78.44, 2.54, 3.56, 1.70, and 1.45%, respectively. Results showed that spread ratio of control (without mungbean meal protein) compared with cookie with 10% mungbean meal was not different (P≥0.05). The increased mungbean meal content in cookies resulted in low color values (L* and b*) but great hardness (P<0.05). There was not significantly different in sensory test scores between the cookies with 10% mungbean meal and the control (P≥0.05). Rating score for color, odor, taste, texture and general acceptability of cookies with 10% mungbean meal were 6.93, 6.94, 6.53, 6.37 and 6.77, respectively. The addition of 10% mungbean meal in cookie increased protein content (10.90%) compared to the control (7.87%) (P<0.05).

Keywords: protein, mungbean meal, cookie

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ต่อคุณภาพของคุกกี้เนยกากถั่วเขียวประกอบด้วย โปรตีน กากหยาบ ความชื้น เถ้า และไขมัน คิดเป็นร้อยละ 78.44 2.54 3.56 1.70 และ 1.45 ตามลำดับ พบว่าการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ที่ไม่มีการทดแทนและทดแทนด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวร้อยละ 10 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≥0.05) การเพิ่มปริมาณโปรตีนกากถั่วเขียวมีผลทำให้ค่าสี L* และ b* ลดลง และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น (P<0.05) ผลทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าคุกกี้สูตรที่มีการทดแทนร้อยละ 10 และไม่ทดแทน มีความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P≥0.05) โดยค่าความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของคุกกี้ที่มีการทดแทนร้อยละ 10 เท่ากับ 6.93, 6.94, 6.53, 6.37 และ 6.77 ตามลำดับ ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าคุกกี้ที่มีการทดแทนร้อยละ 10 มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 10.90) เมื่อเทียบกับคุกกี้ที่ไม่มีการทดแทนด้วยโปรตีนกากถั่วเขียว (ร้อยละ 7.87) (P<0.05)

คำสำคัญ: โปรตีน กากถั่วเขียว คุกกี้

คำนำ

ปัจจุบันคุกกี้ได้รับความนิยมในหมู่ผู้บริโภคเป็นอย่างมาก และได้มีการพัฒนาคุกกี้ในรูปแบบต่างๆมากมาย (พร้อมลักษณ์ และคณะ, 2555) โดยวัตถุดิบหลักที่ใช้คือแป้งสาลี คุกกี้ส่วนมากที่ผลิตเป็นการค้ามีมากมายหลายชนิด กระบวนการผลิตและส่วนประกอบขึ้นอยู่กับผู้ผลิตออกมาขาย ปัจจุบันผู้ผลิตพยายามคิดค้นสูตรใหม่ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์คุกกี้ (น้ำทิพย์ และคณะ, 2555) ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์คุกกี้ เช่น การใช้กากเมล็ดทานตะวันมาเสริมเส้นใยในผลิตภัณฑ์คุกกี้ (จิรนาถ และนาตยา, 2553) การใช้กากถั่วลิสงหลังบีบน้ำมันเป็นสารเสริมโปรตีนในคุกกี้ (น้ำทิพย์ และคณะ, 2555) เป็นต้น

ถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) เป็นพืชวงศ์ถั่ว มีโปรตีนประมาณร้อยละ 20-27 (Mubarak, 2005) นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการเพาะถั่วงอก และในการผลิตแป้งวุ้นเส้น ซึ่งหลังจากการสกัดแป้ง จะได้กากถั่วเขียวเป็นผลพลอยได้ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 72-80 นิยมนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ (Sonklin และคณะ, 2011) โปรตีนจากถั่วเขียวหลักที่พบคือโปรตีนโกลบูลิน (globulin) ซึ่งพบว่า มีความคล้ายคลึงกับโปรตีนหน่วยย่อย α และ β ของโปรตีนเบต้า-คอนไกลซินิน (7S

---

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

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

globulin) ที่พบในถั่วเหลือง (Bernardo และคณะ, 2004) การศึกษาการใช้ประโยชน์จากโปรตีนกากถั่วเขียวยังมีการศึกษาค่อนข้างจำกัด โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่วเขียว (Sonklin และคณะ, 2011; 2014) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในเพิ่มมูลค่าให้กับกากถั่วเขียวซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งวุ้นเส้น และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวต่อคุณภาพกายภาพ-เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกากถั่วเขียวที่ผ่านการสกัดแป้งออกแล้วจากบริษัท สิทธินันท์ จำกัด จังหวัดปทุมธานี มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน เยื่อใย เถ้า และ ไขมัน (AOAC, 2000)

ศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวปริมาณร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยการผลิตคุกกี้ ดัดแปลงจาก นันท์ชนกและคณะ (2558) มีวิธีการดังนี้ ตีน้ำตาลทราย เกลือ ผงฟู มาการีน เนยสด จนส่วนผสมขึ้นฟู จากนั้นเติมไข่ไก่และกลิ่นวานิลา ตีต่อด้วยความเร็วต่ำประมาณ 1 นาที จากนั้นร่อนแป้งสาลีและโปรตีนกากถั่วเขียวเติมลงในส่วนผสม ผสมให้เข้ากัน แช่ตู้เย็นประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมารีดให้เป็นแผ่นหนา 0.5 เซนติเมตร ใช้พิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร กดเป็นแผ่นวางบนถาดที่ทาด้วยเนยสดละลายและอบที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส 15 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นและเก็บในภาชนะปิดสนิทก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพและทดสอบทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Color Reader CR.10) การแผ่ขยายตัว (spread ratio) (AACC, 1983) ความแข็ง (hardness) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการใช้แบบทดสอบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scaling) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบในช่วงอายุ 19-22 ปี จำนวน 30 คน จากนั้นเลือกตัวอย่างคุกกี้ที่มีการทดแทนและไม่มีการทดแทน จากผลทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ยกเว้นการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบลอคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design; RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test; DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกากถั่วเขียว (Table 1) พบว่ากากถั่วเขียวมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบหลักคิดเป็นร้อยละ 78.44 รองลงมาคือ ความชื้น กากหยาบ เถ้า และไขมัน คิดเป็นร้อยละ 3.56 2.54 1.70 และ 1.45 ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาของ Mendoza และคณะ (2001) พบว่าโปรตีนถั่วเขียวหลักที่พบในถั่วเขียวเป็น โปรตีนโกลบูลิน (globulin) มีโปรตีนในกลุ่ม 8S-โกลบูลิน ประมาณร้อยละ 89 ของโปรตีนทั้งหมด และมีโปรตีนโกลบูลินขนาด 11S และ 7S เท่ากับร้อยละ 7.6 และ 3.4 ตามลำดับ

ค่าสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวที่เพิ่มขึ้น พบว่ามีผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) และสีเหลือง (b^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าสีแดงของคุกกี้ที่ไม่มีการทดแทนและทดแทนด้วยโปรตีนกากถั่วเขียว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) (Table 2) จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของคุกกี้น่าจะเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เกิดขึ้นระหว่างโปรตีนหรือกรดอะมิโนกับน้ำตาลในสภาวะอุณหภูมิสูง (พิมเพ็ญ และนิธิยา, 2557) นอกจากนี้โปรตีนกากถั่วเขียวมีสีเขียวเข้ม(Sonklin และคณะ, 2014 ดังนั้นการเพิ่มปริมาณโปรตีนกากถั่วเขียวจึงส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้

ค่าการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ที่ไม่มีการทดแทนและทดแทนด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวร้อยละ 10 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) และเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนกากถั่วเขียวมากกว่าร้อยละ 10 พบว่าค่าการแผ่ขยายตัวของคุกกี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Table 2) เมื่อพิจารณาค่าความแข็งพบว่า คุกกี้ที่ไม่มีการทดแทนด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวมีค่าความแข็งมากที่สุด เท่ากับ 40.54 N รองลงมาคือ คุกกี้ที่มีการทดแทนร้อยละ 10, 20, 30, และ 40 N ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณแป้งสาลีที่ลดลง มีผลทำให้ปริมาณกลูเตนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำหน้าที่ให้โครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ลดลง (น้ำทิพย์ และคณะ, 2555) ส่งผลให้คุกกี้เกิดการแผ่ขยายมากขึ้น มีลักษณะโปร่งมากขึ้น ความหนาแน่นลดลง ความแข็งลดลงความเปราะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยของ ศศิวิมล และคณะ

(2550) ซึ่งรายงานว่า เมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งสาคูเพิ่มขึ้น คุกกี้จะมีการแผ่ขยายตัวมากขึ้น

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนของโปรตีนกากถั่วเขียวมากขึ้น มีผลทำให้ค่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง เนื่องจากโปรตีนกากถั่วเขียวมีผลทำให้คุกกี้มีสีเขียวเข้มและรสชาติขมฝาดขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าคุกกี้สูตรที่มีการทดแทนร้อยละ 10 และไม่ทดแทนมีความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยค่าความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของคุกกี้ที่มีการทดแทนร้อยละ 10 มีค่าเท่ากับ 6.93, 6.94, 6.53, 6.37 และ 6.77 ตามลำดับ (Table 3) ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างคุกกี้ที่มีการทดแทนร้อยละ 10 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับคุกกี้ที่ไม่มีการทดแทน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 4) พบว่าคุกกี้ที่มีการทดแทนร้อยละ 10 มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 10.90) ค่าความชื้น (ร้อยละ 2.50) และปริมาณไขมัน (ร้อยละ 26.71) ลดลง เมื่อเทียบกับคุกกี้ที่ไม่มีการทดแทนด้วยโปรตีนกากถั่วเขียว (โปรตีนร้อยละ 7.87, ความชื้นร้อยละ 3.10 และไขมันร้อยละ 27.14) ($P<0.05$) ส่วนปริมาณกากหยาบและเถ้า พบว่าคุกกี้สูตรที่มีการทดแทนร้อยละ 10 และไม่ทดแทน มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เนื่องจากโปรตีนกากถั่วเขียวมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 78.44 การทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 10 จึงส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผล

การทดแทนแป้งสาลีด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวในผลิตภัณฑ์คุกกี้ มีผลทำให้คุกกี้มีค่าการแผ่ขยายมากขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยผลทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าคุกกี้สูตรที่มีการทดแทนร้อยละ 10 และไม่ทดแทน มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) นอกจากนี้การทดแทนแป้งสาลีด้วยโปรตีนกากถั่วเขียวร้อยละ 10 ยังส่งผลทำให้คุกกี้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ถือว่าเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์คุกกี้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ชื่อทุน “นักวิจัยรุ่นใหม่” ประจำปี พ.ศ. 2558 อีกทั้งคณะผู้ศึกษาขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนในการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้

Table 1 Proximate composition of mungbean meal protein powder (% wet basis)

Composition	Moisture	Protein	Fat	Crude fiber	Ash
Content (%)	3.56 ± 0.31	78.44 ± 0.34	1.45 ± 0.11	2.54 ± 0.96	1.70 ± 0.87

Table 2 Color, spread ration (%) and hardness (N) of butter cookie with different levels of wheat flour substitution by mungbean meal protein

Mungbean meal protein (%)	Color			Spread ratio (%)	Hardness (N)
	L*	a*^{ns}	b*		
0	79.60^{a}	1.01	34.59^{a}	7.56^{a}	40.54^{a}
10	56.47^{c}	2.37	23.47^{c}	7.68^{a}	35.43^{b}
20	61.29^{b}	2.70	24.30^{bc}	8.02^{b}	31.09^{c}
30	57.06^{c}	1.28	25.35^{b}	8.23^{c}	24.45^{d}
40	54.11^{c}	1.89	24.34^{bc}	8.45^{d}	20.97^{e}

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference ($P<0.05$). ns = not significantly differences ($P \geq 0.05$)

Table 3 Effect of wheat flour substitution with mungbean meal protein on sensory evaluation of butter cookies

Mungbean meal protein (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptance
0	7.40^{a}± 1.16	7.03^{a}± 1.22	6.47^{a}± 1.33	6.43^{a}± 1.43	7.13^{a}± 1.33
10	6.93^{a}± 1.26	6.93^{ab}± 1.26	6.53^{a}± 1.43	6.37^{ab}± 1.33	6.77^{a}± 1.59
20	5.87^{b}± 1.83	6.47^{b}± 1.36	5.77^{b}± 1.36	5.83^{bc}± 1.39	6.13^{b}± 1.41
30	5.53^{b}± 1.57	5.90^{c}± 1.37	5.20^{c}± 1.73	5.27^{c}± 1.60	5.37^{c}± 1.40
40	5.40^{b}± 1.73	5.67^{c}± 1.67	5.40^{bc}± 1.43	5.40^{c}± 1.50	5.40^{c}± 1.40

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference (P<0.05).

Table 4 Proximate composition of mungbean meal protein powder (% wet basis).

Mungbean meal	Composition (%)				
(%)	Moisture	Protein	Fat	Crude fiber ^{ns}	Ash ^{ns}
0	3.10^{a} ± 0.05	7.87^{b} ± 0.11	27.14^{a}± 0.09	25.34 ± 1.13	1.22 ± 0.06
10	2.50^{b} ± 0.11	10.90^{a} ± 0.07	26.71^{b}± 0.02	25.19 ± 1.18	1.21 ± 0.07

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference (P<0.05). ns = not significantly differences (P≥0.05)

เอกสารอ้างอิง

จิรนาถ ทิพย์รักษา และนาตยา สินทวี, 2553, การใช้กากเมล็ดทานตะวันเสริมเส้นใยในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย, มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพมหานคร.

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป สุขสมาน สังโยคะ และปวีนา น้อยทัพ, 2555, การใช้กากถั่วลิสงหลังบีบน้ำมันเป็นสารเสริมโปรตีนในคุกกี้, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

นันท์ชนก นันทะไชย ปทุมวัน เมธา อนุสรา พาที และนลิตา บู่ทอง, 2558, ผลของการเสริมใบหม่อนต่อคุณภาพของคุกกี้เนย, ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 293-296

พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล ฉัตราภา หัตถโกศล อมรรัตน์ มีเครือรอด วรารัตน์ ลาสุขังและ ดรัญพร เชื้อดวงผุย, 2555, การพัฒนาข้าวกล้องสินเหล็ก, ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2559, คุกกี้/Cookies [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com /wiki/word/3745. [10/January/17]

ศศิวิมล บุญยิ่ง สุนทรี สุวรรณสิชณน์ และวรางคณา สมพงษ์, 2550, สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาคูและผลของการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของคุกกี้, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

AACC, 1983, Approved methods (10th Ed), American Association of Cereal Chemists, St Paul. Minesota, USA.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis. 16 th ed. Washington Dc, The Association of Official Analytical Chemists.

Bernardo, A.E.N., Garcia, R.N., Adachi, M., Angeles, J.G.C., Kaga, A., Ishimoto, M., Utsumi, S. and Mendoza, E. M. T. 2004, 8S Globulin of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]: Cloning and characterization of its cDNA isoforms, expression in *Escherichia coli*, purification and crystallization of the major recombinant 8S isoform, Journal of Agricultural Food Chemistry, 52: 2552-2560.

Mendoza, E.M.T., Adachi, M., Bernardo, A.E.N. and Utsumi, S. 2001, Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] globulins: purification and characterization, Journal of Agricultural Food Chemistry, 49: 1552-1558.

Mubarak, A.E. 2005, Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes, Food Chemistry, 89: 489-495.

Sonklin, C., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O. 2011, Physicochemical and flavor characteristics of flavoring agent from mungbean protein hydrolyzed by bromelain, Journal of Agricultural Food Chemistry, 59: 8475-8483.

Sonklin, C., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O. 2014, Antioxidant activity of processed mungbean meal protein hydrolysate with different sugar, Agricultural Science Journal 45(2)(Suppl.): 69-72

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาปรุงสำเร็จรูปพลังงานต่ำผสมสารสกัดหญ้าหวาน

Product Development of Instant Tea Beverage Low Calories Added Stevia Extract

รัชนี ไสยประจง[11] สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] และวิจิตรา บำรุงนอก[1]

Saiprajong, R.[1] , Pinitglang, S.[1], and Bomrungnok, W[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the sweetened stevia as an alternative to sugar in instant tea. The stevia extract at300, 400 and 450 ppm and sugar (control) were tested. Fiber was also tested at30, 35% and 40%. The best 2 formulas (No.5 and 6) were selected by sensory evaluation using 9-Point Hedonic scale. Subsequently, the No.5 and 6 and control formulas were analyzed for total phenolic compounds, antioxidant activities (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Free Radical; DPPH and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid; ABTS) and color (L*, a* and b*). Results showed that the No.5 had 29.36% total phenolics content and the highest DPPH (64.77%) and ABTS (54.69%) activities. Increasing of stevia extract concentration in the formula had significantly increased L* value (brightness). The results of sensory evaluation showed that instant tea with the sweetened stevia extract at 450 ppm and fiber at 6 gram gave the highest score.

Keywords: instant tea, stevioside, dietary fiber, low calorie

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลในสูตรชาปรุงสำเร็จรูป โดยแปรปริมาณสารสกัดหญ้าหวาน (300 400 450 ppm) เปรียบเทียบกับน้ำตาล (สูตรควบคุม) และแปรปริมาณใยอาหาร (ร้อยละ30 35 และ 40) คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด 2 สูตร (สูตร 5 และ 6) จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (9-Point Hedonic Scale) แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ(DPPH และ ABTS) ค่าสี L*, a* และ b*วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ค่าพลังงาน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งพบว่าสารประกอบฟีนอลิกในชาปรุงสำเร็จสูตร 5 มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 29.36 มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (64.77%)และ ABTS (54.69%) สูงที่สุด เมื่อใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรชาที่ใช้สารสกัดหญ้าหวานปริมาณ 450 ppm และใช้ใยอาหารในปริมาณ 6 กรัม เป็นสูตรที่ได้คะแนนความชอบมากสูงที่สุด

คำสำคัญ: ชาปรุงสำเร็จ สตีวีโอไซด์ ใยอาหาร พลังงานงานต่ำ

คำนำ

ชาที่วางขายกันตามท้องตลาดทั่วไปผลิตมาจากใบของต้นชา *Camellia sinensis* L. เมื่อแบ่งตามกระบวนการผลิตจะแบ่งได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชาเขียว (Green tea) เป็นชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก (Non-fermented tea) กรรมวิธีการผลิตเริ่มจากการหยุดการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase ที่อยู่ในใบชาสดโดยการอบด้วยไอน้ำ (Steaming) หรือการคั่วบนกระทะร้อน (Pan firing) เพื่อทำให้เอนไซม์ polyphenol oxidase ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยา oxidation และ polymerization ของ polyphenols ที่อยู่ในใบชาได้ เสร็จแล้วนำไปนวด (Rolling) เพื่อทำให้เซลล์แตกและนวดเพื่อให้ใบชาม้วนตัว จากนั้นนำไปอบแห้ง สีของน้ำชาประเภทนี้จะมีสีเขียวถึงเขียวอมเหลือง ชาอู่หลง (Oolong tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักเพียงบางส่วน (Semi-fermented tea) ก่อนหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยความร้อน กรรมวิธีการผลิตจะมีการผึ่งแดด (Withering) ประมาณ 20-40 นาที ภายหลังผึ่งแดดใบชาจะถูกผึ่งในร่มอีกครั้งพร้อมเขย่ากระตุ้นให้ชาตื่นตัว การผึ่งนี้เป็นกระบวนการหมักซึ่งทำให้เอนไซม์ polyphenol oxidase เร่งปฏิกิริยา oxidation และ

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

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

polymerization ของ polyphenols ทำให้เกิด dimers และสารประกอบเชิงซ้อนของ polyphenols สารประกอบที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ชาอู่หลงมีกลิ่นและสีที่แตกต่างไปจากชาเขียว น้ำชาอู่หลงจะมีสีเหลืองอมเขียว และสีน้ำตาลอมเขียว ชาดำ (Black tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักอย่างสมบรูณ์ (Completely-fermented tea) ใบชาจะถูกผึ่งให้เอนไซม์ polyphenol oxidase เร่งปฏิกิริยาอย่างเต็มที่ ซึ่ง polyphenols จะถูก oxidized อย่างสมบรูณ์เกิดเป็นสารประกอบกลุ่ม Theaflavins และ Thearubigins ทำให้ชาดำมีสีน้ำตาลแดง

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาชาปรุงสำเร็จรูปที่มีการเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ โดยใช้สารสกัดหญ้าหวาน ซึ่งเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าสตีวิโอไซด์ (Stevioside) เป็นรสชาติหวานที่มาจากใบของหญ้าหวาน (สตีเวีย) โดยมีชื่อทางพฤษศาสตร์คือ *Stevia rebaudiana* Bertoni ซึ่งสตีวีโอไซด์นี้ จะมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย (Sucrose) ถึง 40-300 เท่า มีความทนทานต่อความร้อน ทนต่อค่า pH และไม่เกิดปฏิกิริยาการหมัก (Fermentation) ได้ง่าย นอกจากนี้ เมื่อบริโภคเข้าร่างกายแล้ว จะไม่ทำให้ระดับของน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น จึงเป็นสารให้ความหวานที่สำคัญในการใช้แทนน้ำตาลทราย ในอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ควบคุมน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีการเติมใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารและการควบคุมน้ำหนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ ทางประสาทสัมผัสของชาปรุงสำเร็จรูป ที่ใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลในปริมาณต่างๆ เพื่อคัดเลือกปริมาณการใช้สารสกัดหญ้าหวานในชาปรุงสำเร็จรูปที่เหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ชาดำ (Black Tea Extract, CWS) NutritionSc Co., Ltd., Inulin (Orafti HIS) BeneoOrafti / Chile, สารสกัดหญ้าหวาน (PureCircle), ครีมเทียม (NON-Dairy creamer MJ-19 pv) พัฒนาสูตรที่ชาปรุงสำเร็จที่เหมาะสมจากนั้นนำมาวิเคราะห์ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter color difference meter รุ่น Miniscan EZ โดยวัดค่า L* a* และ b* ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ โดยใช้เครื่อง Refractometer หน่วยเป็นองศาบริกซ์ (^{o}Brix) ยี่ห้อ ATAGO N-2E ช่วง 0-32 ^{o}Brix

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent และกรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร (Singleton และคณะ,1999)

การต้านทานสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH Radical Scavenging Capacity Assay (Floegela และคณะ., 2011)โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร และวิธี ABTS Radical Scavenging Capacity Assay โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร (Floegela และคณะ., 2011)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชาปรุงสำเร็จ วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ไขมัน ความชื้น โปรตีน ปริมาณโซเดียม ตามวิธี (AOAC, 2012) คาร์โบไฮเดรต ปริมาณแคลอรี่ และปริมาณแคลอรี่จากไขมัน (In-house method TE-CH-169)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale Test ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวนผู้ทดสอบ 100 คนแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมของผู้บริโภค และการยอมรับผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 10.0 (SPSS Inc., Chicago. III., USA) เปรียบเทียบความแตกต่างโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ

ผลการทดลอง

จากการพัฒนาชาปรุงสำเร็จรูปเติมใยอาหารพลังงานต่ำโดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล ทำการแปรปริมาณสารสกัดจากหญ้าหวาน และใยอาหาร และผงชาในปริมาณต่างๆ จนกระทั่งได้สูตรเบื้องต้นที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจำนวน 2 สูตร คือ สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 (Table 1)

Table 1 Composition of Instant Tea Beverage Low Calories Added Stevia Extract.

Formula	Ingredient (g)				
	Tea	Stevia extract	Cream	Inulin	Sucrose
Control	1.4	0	7	6	8
Formula 5	1.4	0.054	7	6	0
Formula 6	1.4	0.054	7	8	0

เมื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจึงได้นำชาปรุงสำเร็จรูปที่ได้มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบในด้านต่างๆ ได้แก่ทางกายภาพโดยทำการวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter color difference meter รุ่น Miniscan EZ จากการวิเคราะห์พบว่า ชาปรุงสำเร็จรูปที่ใช้สารสกัดจากหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลจะมีค่าความสว่าง L* เพิ่มขึ้นแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน (Table 2) ความเป็นสีเหลืองลดลง และแดงมากขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม โดยเป็นผลเนื่องมาจากสูตรชาปรุงสำเร็จที่ใช้สารสกัดหญ้าหวานมีปริมาณใยอาหารมากว่าสูตรควบคุมส่งผลให้มีค่าความสว่างมากขึ้น โดยผลค่าความสว่างสอดคล้องกับค่า chroma (C°) ที่แสดงถึงค่าความเข้มของสี พบว่าสูตรควบคุมมีค่า C° (32.47) น้อยกว่า ชาปรุงสำเร็จสูตร 5 (40.33) และ 6 (44.62) นอกจากนี้พบว่าชาปรุงสำเร็จสูตร 5 และ 6 มีค่าความแตกต่างของสี (h°) ที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 18.77 และ 19.43 และมีค่า h° น้อยกว่าสูตรควบคุม (23.18)

Table 2 Color Analysis of Instant Tea Beverage Activity Low Calories Added Stevia Extract.

Formula	Color parameter				
	L*	a*	b*	C°	h°
Control	19.90^{b}	12.06^{a}	19.80^{a}	32.47	23.18
Formula 5	28.67^{a}	12.15^{a}	14.31^{b}	40.33	18.77
Formula 6	29.63^{a}	12.91^{a}	14.53^{b}	44.62	19.43

Table 3 Total Phenolic Content, DPPH and ABTS .

Formula	Total phenolic content	DPPH (% Inhibition)	ABTS (% Inhibition)
Control	$24.79^{c}\pm0.51$	$63.76^{a}\pm1.97$	$49.02^{b}\pm2.01$
Formula 5	$29.36^{a}\pm1.21$	$64.77^{a}\pm2.01$	$54.69^{a}\pm3.24$
Formula 6	$27.46^{b}\pm1.66$	$43.81^{b}\pm3.77$	$52.71^{a}\pm2.79$

a,b,.. A different letter indicates that the values for the same column are significantly different ($p < 0.05$).

จากนั้นนำชาปรุงสำเร็จสูตร 5 และ 6 มาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในชาปรุงสำเร็จสูตร 5 มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 29.36 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรควบคุม และสูตร 6 ส่วนค่าสารต้านอนุมูลอิสระพบว่าสูตร 5 มีค่าต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPHและ ABTSสูงที่สุด เท่ากับ 64.77 และ 54.69% ตามลำดับ (Table 3) จากการนำชาปรุงสำเร็จมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (Table 4) พบว่า ชาปรุงสำเร็จสูตรควบคุมและสูตร 5 มีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นรส รสชาติและความชอบโดยรวม สูงกว่าสูตรที่ 6 ดังนั้นจึงนำสูตร ที่ 5 มาทำการองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณแคลลอรี่ต่อไป โดยจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชาปรุงสำเร็จรูปพลังงานต่ำผสมสารสกัดหญ้าหวาน (Table 5) พบว่า ชาปรุงสำเร็จสูตร 5 มีปริมาณแคลลอรี่เท่ากับ 52.86 kcal/100 มิลลิลิตร และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมัน เท่ากับ 9.14 และ 1.74 กรัม/100 ตามลำดับ

Table 4 Sensory Analysis of Instant Tea Beverage Low Calories Added Stevia Extract

Attributes	Control	Formula 5	Formula 6
$Color^{ns}$	5.70	5.56	5.53
$Flavor^{ns}$	5.70	5.27	5.23
Taste	6.77^{a}	4.83^{b}	4.83^{b}
Overall Acceptance	6.67^{a}	5.43^{b}	5.13^{b}

a,b,.. A different letter indicates that the values for the same column are significantly different ($p < 0.05$).

ns indicates that the values for the same horizontal line are not significantly different ($p>0.05$).

Table 5 Chemical composition of Instant Tea Beverage Low Calories Added Stevia Extract.

Components	Content	Unit
Calories	52.86	Kcal/100mL
Calories from fat	15.66	Kcal/100mL
Carbohydrate	9.14	g/100mL
Fat	1.74	g/100mL
Moisture	91.67	g/100mL
Ash	0.29	g/100mL
Protein (%N x 6.25)	0.16	g/100mL

สรุปผล

การพัฒนาสูตรชาปรุงสำเร็จรูปที่ใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล พบว่าปริมาณสารสกัดหญ้าหวานที่เหมาะสมคือเท่ากับ 450 ppm ส่วนสูตรชาปรุงสำเร็จรูปที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือ สูตรที่ 5 ที่ประกอบด้วยสารสกัดหญ้าหวาน 450 ppm ใยอาหาร 6 กรัม และ สูตรที่ 6 ที่ประกอบด้วยสารสกัดหญ้าหวาน 450 ppm ใยอาหาร 8 กรัม เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพพบว่า เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าสารประกอบฟีนอลิกในชาปรุงสำเร็จสูตร 5 มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 29.36 มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (64.77%) และ ABTS (54.69%) สูงที่สุด เมื่อใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสได้รับการยอมรับมากกว่าสูตร 6 และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณแคลลอรี่พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าชาปรุงสำเร็จที่ขายตามท้องตลาดโดยมีปริมาณแคลลอรี่เท่ากับ 52.86 kcal/100 มิลลิลิตร ดังนั้นจึงนำชาปรุงสำเร็จสูตร 5 มาพัฒนาต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ นางสาวภณิชชา ไตรพยุงและนางสาวศศิธร คำควรที่จัดเตรียมการทดลองที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ ร่วมทั้ง ขอขอบคุณสาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2012, Official Methods of Analysis, Arlington, VA; Association of Official Analytical Chemists.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., and Corke, H., 2004, Antioxidant activity and phenolic compounds in 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer, Life Sciences, 75: 2157–2184.

Floegela, A., Kimb, D.O., Chungc, S.J., Kooa, S.I., and Chun, O.K., 2011, Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods, Journal of Food Composition and Analysis, 24:1043-1048.

Macfarlane, A., and Macfarlane, I., 2004, The Empire of Tea, The Overlook Press, ISBN 1-58567-493-1. p. 32.

Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R. M., 1999, Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent, Methods in Enzymology. 299: 152-178.

Slinkard, K., and Singleton, V.L., 1977, Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods, American Journal of Enology and Viticulture, 28: 49–55.

ลักษณะเฉพาะของเครื่องดื่มคอลลาเจน เพปไทด์ ชนิดกลิ่นส้มมะนาว ส้มแอปเปิ้ลและส้มเมลอนผสมสารต้านอนุมูลอิสระแอสตาแซนธิน

Characterization of Orange Lemon, Orange Apple and Orange Melon-flavored Collagen Peptide Beverages with Added Astaxanthin

สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] พรชัย เหลืองบริสุทธิ์[1] รัชนี ไสยประจง[1] และ วิจิตรา บำรุงนอก[1]

Pinitglang, S.[1], Luangborisut, P[1] Saiprajong, R.[1] and Bomrungnok, W[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the 3 formula of collagen mixed astaxanthin beverages as orange-lemon, orange-apple and orange-melon on sensory evaluation. The result of this study showed that pH value, total sugar and total acid as citric acid of 3 beverages were no significant difference ($p>0.05$) as 4.21, 8^{o}Brix and 1.6-1.7 g/L, respectively. The result of sensory evaluation of 5-Point hedonic scale showed that orange-melon gave a high score of taste, flavor, color, appearance and overall liking ($p<0.05$). The energy of collagen mixed astaxanthin orange-melon flavor was 28.92 Kcal. In addition, the antioxidant activity of orange-melon was higher than orange-lemon and orange-apple test by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging capacity and Azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt radical scavenging (ABTS) as 56.68% and 25.64%, respectively.

Keywords: Collagen peptide, Astaxanthin, Antioxidants, Sensory evaluation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ผสมแอสตาแซนธิน 3 สูตร คือ สูตรส้ม-มะนาว สูตรส้ม-แอปเปิ้ล และ สูตรส้ม-เมล่อน ต่อการประเมินผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของเครื่องดื่มทั้ง 3 สูตร มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เท่ากับ 4.21, 8^{o}Brix และ 1.6-1.7 g/L ตามลำดับ ผลทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 5-Point hedonic scale พบว่าสูตรส้ม-เมล่อน ได้คะแนนทางด้านรสชาติ กลิ่น สี ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p<0.05$) โดยค่าพลังงานทั้งหมดของเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ที่ผสมแอสตาแซนธินสูตรส้ม-เมล่อน มีค่าเท่ากับ 28.92 Kcal/100 mL นอกจากนี้สูตรส้มเมล่อนพบว่ามีคุณสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรส้ม-มะนาว สูตรส้ม-แอปเปิ้ล โดยทดสอบด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging capacity และ Azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt radical scavenging (ABTS) เท่ากับร้อยละ 56.68 และ ร้อยละ 25.64 ตามลำดับ

คำสำคัญ: คอลลาเจนเพปไทด์ แอสตาแซนธิน สารต้านอนุมูลอิสระ การทดสอบทางประสาทสัมผัส

คำนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในตลาดผู้บริโภคสตรีที่ใส่ใจความสำคัญในการดูแลรักษาผิวพรรณและความงาม โดยทั่วไปเมื่ออายุมากขึ้นความเต่งตึงเปล่งปลั่งของผิวพรรณจะค่อยๆ เสื่อมสภาพลง ทั้งนี้เนื่องจากผิวสูญเสียคอลลาเจน วิธีที่จะนำคอลลาเจนกลับเข้าสู่ร่างกายสามารถทำได้สองวิธีคือ การฉีด และการรับประทาน คอลลาเจนส่วนใหญ่พบในปลาทะเลและเป็นโปรตีนหลักของชั้นผิวหนัง ประโยชน์ของคอลลาเจน นอกจากจะช่วยในเรื่องของผิวพรรณแล้ว ยังช่วยในการสร้างเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง เล็บมือ ลดริ้ว รอยเหี่ยวย่น ทำให้ผิวมีความชุ่มชื่น นุ่มเนียน และประโยชน์ต่อกระดูกและข้อต่อต่างๆ ในร่างกาย นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระก็เป็นอีกหนึ่งสารสำคัญที่ได้รับความนิยมในการดูแลเรื่องสุขภาพเนื่องจากเป็นสารที่ช่วยป้องกันและชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในร่างกาย

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

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

ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดริ้วรอย ความชรา โรคมะเร็ง และโรคอื่นๆ (Simone และคณะ, 2010) แอสตาแซนธิน (Astaxanthin) เป็นสารที่จัดอยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลกับสารอาหารชนิดอื่นๆ (Kidd, 2011) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากประโยชน์ของคอลลาเจนและแอสตาแซนธินต่อตลาดผู้บริโภคแล้ว งานวิจัยนี้จึงจัดทำเพื่อพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ผสมแอสตาแซนธิน3 สูตร คือสูตรส้ม-มะนาว สูตรส้ม-แอปเปิ้ล และ สูตรส้ม-เมล่อน ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สูตรเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ผสมแอสตาแซนธิน

องค์ประกอบหลักของเครื่องดื่มประกอบด้วยคอลลาเจนเพปไทด์ 5 กรัม กรดซิตริก 0.5 กรัม ไตรโซเดียมซิเตรต 0.2 กรัม สารสกัด Pure fruit 0.0725 กรัม ฟรุกทาโรส 4.5 กรัม วิตามินซี 0.06 กรัม สารสกัด Mogrosides 0.04 กรัม ไฟเบอร์กัม 2.5 กรัม ผงมะนาว 1 กรัม แอสตาแซนธิน 0.04 กรัม โดยแปรกลิ่นของเครื่องดื่ม 3 สูตร คือ กลิ่นส้ม-มนาว (กลิ่นส้ม 5 กรัม กลิ่นมะนาว 5 กรัม) กลิ่นส้ม-แอปเปิ้ล (กลิ่นส้ม 5 กรัม กลิ่นแอปเปิ้ล 5 กรัม) กลิ่นส้ม-เมล่อน (กลิ่นส้ม 5 กรัม กลิ่นเมล่อน 5 กรัม)

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ

วัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ละลายอยู่ในตัวอย่างด้วย Refractometer รายงานผลเป็น Degree Brix, การหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และค่าความเป็นกรดด่างตามวิธี AOAC (1999) และการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธี AOAC (2012) ส่วนการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีน เกลือโซเดียมและความ ความชื้น ตามวิธี AOAC (2012) การวิเคราะห์ปริมาณพลังงาน และคาร์โบไฮเดรทตามวิธี In-house method TE-CH-169 based on Compendium of Methods for Food Analysis. Thailand, 1st Edition, 2003

3. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 5-Point hedonic scale (5 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยมีคะแนนความชอบเป็น 5 คะแนน (5 =ชอบมากที่สุด 3 = ปานกลาง 1 = ไม่ชอบที่สุด) โดยวิเคราะห์การเปรียบเทียบทางสถิติแบบ Duncan's new multiple-rang test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS version 11.5

4. การทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH) ผสมเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ผสมแอสตาแซนธินสูตรต่างๆ ปริมาณ 0.05 mL กับสารละลาย DPPH ปริมาณ 2.95 mL หลังจากบ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ดัดแปลงโดย Floegela และคณะ (2011) ส่วนวิธี Azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt radical scavenging (ABTS) ผสมเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ผสมแอสตาแซนธินสูตรต่างๆ ปริมาณ 0.02 mL สารละลาย ABTS ที่เจือจางปริมาณ 0.98 ml หลังจากบ่มในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ดัดแปลงโดย Floegela และคณะ (2011)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ผสมแอสตาแซนธินพบว่าค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมากรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของทั้ง 3 สูตร มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เท่ากับ 4.21, 8%Brix และ ร้อยละ 1.6-1.7 ตามลำดับ เนื่องจากเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ผสมแอสตาแซนธินทั้ง 3 สูตร มีองค์ประกอบที่เหมือนกันจะต่างกันเพียงสารแต่งกลิ่นเท่านั้น

จากผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ที่ผสมแอสตาแซนธินทั้ง 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝนให้คะแนนความชอบสูตรส้ม-เมล่อนสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งทางด้านรสชาติ กลิ่น สี ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรส้ม-มะนาว และสูตรส้ม-แอปเปิ้ล

จากผลการศึกษาการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ผสมแอสตาแซนธินทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรส้ม-เมล่อนมีค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อ

เปรียบเทียบกับสูตรส้ม-มะนาว และสูตรส้ม-แอปเปิ้ล โดยสูตรส้ม-เมล่อน มีร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 56.68 รองลงมาคือสูตรส้ม-แอปเปิ้ล และสูตรส้ม-มะนาว เท่ากับ ร้อยละ 50.53 และ ร้อยละ 49.46 ตามลำดับ ขณะที่การต้านอนุมูลอิสระ ABTS พบว่าสูตรส้ม-เมล่อน มีร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ ABTS เท่ากับ 25.64 โดยสูงกว่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสูตรสูตรส้ม-แอปเปิ้ล และสูตรส้ม-มะนาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เท่ากับ 19.88 และ 15.49 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Sensory analysis and antioxidant of collagen peptide beverages with added astaxanthin

Attributes	Flavored		
	Orange Lemon	Orange Apple	Orange Melon
Sweet taste	3.03^{a} ±0.89	3.37^{ab} ±0.81	3.63^{b} ±1.22
Flavor	3.2^{a} ±0.81	3.7^{b} ±0.70	3.9^{b} ±1.22
Color^{ns}	3.8 ±0.71	3.8 ±0.73	3.8 ±1.05
Appearance	3.43^{a} ±0.73	3.73^{ab} ±0.74	3.77^{b} ±1.01
Overall	3.03^{c} ±0.76	3.40^{b} ±0.93	3.73^{a} ±1.17
DPPH scavenging activity (%) ^{ns}	49.46±7.01	50.53±1.68	56.68±8.76
ABTS scavenging activity (%)	15.49^{b}±1.08	19.88^{b}±0.91	25.64^{a}±2.59

a,b,.. A different letter indicates that the values for the same horizontal line are significantly different ($p < 0.05$).
ns indicates that the values for the same horizontal line are not significantly different ($p>0.05$).

เครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์ทั้ง 3 สูตร มีส่วนผสมของแอสตาแซนธินจึงทำให้มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูง (Table 1) ปัจจุบันสาหร่ายแดง อาทิเช่น *Haematococcus Pluvialis* ถูกใช้เป็นแหล่งสกัดของแอสตาแซนธินจากการรายงานของ Fujimoto (1990) พบว่า สาหร่ายทะเลหลายชนิดมีกระบวนการปกป้องตัวเองโดนการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งประกอบด้วยสารหลายกลุ่ม อาทิเช่น โพลีฟีนอล, ฟลอโรแทนนิน, แคโรทีนอยด์, ฟูคอยแดนส เป็นต้น โดยเฉพาะสารในกลุ่มฟีนอล ซึ่งเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Pavia และคณะ, 1997) นอกจากนี้ยังพบว่าสารแอสตาแซนธินในสาหร่ายทะเลมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS (Zhang และคณะ, 2007; Zubia และคณะ, 2007; Kumar และคณะ, 2008) จากผลงานวิจัยจะพบว่าการเพิ่มสารสกัดแอสตาแซนธินในเครื่องดื่มช่วยเพิ่มค่าการต้านอนุมูลอิสระ

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้คัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนสูงสุด คือเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์สูตรส้ม-เมล่อน ไปทดสอบค่าพลังงาน จากผลการทดลองพบว่าเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์สูตรส้ม-เมล่อนมีค่าพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 28.9 Kcal/100 mL โดยคิดเป็นพลังงานจากไขมันเท่ากับ 0.36 Kcal/100 mL จากผลการทดลองพบว่าเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์สูตรส้ม-เมล่อน จัดเป็นเครื่องดื่มพลังงานต่ำ นอกจากนี้พบว่ามีปริมาณเกลือโซเดียมในระดับต่ำ เท่ากับ 42.9 mg/100 mL (Table 2)

Table 2 Proximate composition of orange melon-flavored collagen peptide beverages with added astaxanthin.

Components	Content	Unit
Ash	0.16	g/100 mL
Calories	28.92	Kcal/100 mL
Calories from fat	0.36	Kcal/100 mL
Carbohydrate	4.10	g/100 mL
Fat	0.04	g/100 mL
Moisture	94.66	g/100 mL
Protein	3.04	g/100 mL
Sodium (Na)	42.91	mg/100 g

สรุปผล

เครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์สูตรส้ม-เมล่อนได้รับคะแนนสูงสุดทางด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งทางด้านรสชาติ กลิ่น สี ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรส้ม-มะนาว และสูตรส้ม-แอปเปิ้ล รวมทั้งเป็นเครื่องดื่มที่มีพลังงานต่ำเพียง 28.9 Kcal/100 mL และมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS เท่ากับร้อยละ 56.7 และ ร้อยยะ 25.6 ตามลำดับ จึงถือได้ว่าเครื่องดื่มคอลลาเจนเพปไทด์สูตรส้ม-เมล่อน เป็นเครื่องดื่มที่มีคุณประโยชน์และน่าสนใจในทางธุรกิจ

คำขอบคุณ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ นางสาวอัญชิสา บุญเจียม และ นายวิชิต แสงอรุณ ที่จัดเตรียมการทดลองที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ ร่วมทั้ง ขอขอบคุณสาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Floegela, A., Kimb, D.O., Chungc, S.J., Kooa, S.I., and Chun, O.K., 2011, Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods, Journal of Food Composition and Analysis, 24(7):1043-1048.

Fujimoto, K., 1990, Antioxidant activity of algal extracts, pp 199–208. In Akatsuka, I. (ed) Introduction to applied phycology. SPB Academic Publishing, The Hague.

Kidd, P., 2011, Astaxanthin, cell membrane nutrient with diverse clinical benefits and anti-aging potential, Alternative Medicine Review, 16(4):355-364.

Kumar, C.S., Ganesan, P., and Bhaskar, N., 2008, In vitro antioxidant activities of three selected brown seaweeds of India, Food Chemistry, 107:707-713.

Simone, R., Subash, C.G., Madan, M.C., and Bharat, B. A., 2010, Oxidative stress, inflammation, and cancer: How are they linked?, Free Radical Biology and Medicine, 49(11):1603-1616.

Zhang, W.W, Duan, X.J., Huang, H. L., Zhang, Y., and Wang, B. G., 2007, Evaluation of 28 marine algae from the Qingdao coast for antioxidantive capacity and determination of antioxidant efficiency and total phenolic content of fractions and subfractions derived from *Symphyocladia latiuscula* (Rhodomelaceae), Journal of Applied Phycology, 19:97-108.

Zubia, M., Robledo, D., and Freile-Pelegrin, Y., 2007, Antioxidant activities in tropical marine macro algae from the Yucatan Peninsula, Mexico, Journal of Applied Phycology, 19:449-458.

ความสามารถในการผสมข้ามของฟักข้าวที่เก็บรวบรวมจากประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Cross Ability of Gac Fruit Collected from Thailand and Lao People's Democratic Republic

ศิริกาญจน์ กอบเกียรติถวิล[1] สมโชค รักษารัก[1] และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์[1]
Kobkeattawin, S.[1], Ragsarag, S.[1] and Wongchaochant, S.[1]

Abstract

This study aimed to examine pollen viability and pollen germination, and ability for cross-pollination of collected seeds from Thailand and Lao People's Democratic Republic. The results showed that the highest percentage of pollen viability was found in Thai populations (91.91±0.42%) and Laos populations (88.67±2.87%). In addition, the high pollen germination was found in 5% sucrose of Thai populations (66.23%) and Laos populations (56.55%). Moreover, the percentage of fruit set of four pairs (Thai×Thai, Laos×Laos, Thai×Laos and Laos×Thai) were 57.14, 83.33, 77.78 and 62.50 respectively. Days from fruit set to ripening stage were 44-86. It was found that fruit exhibit different shapes such as round, oval and apple-shaped. Fruit weights were ranged from 115.07-460.00 grams depending on their sizes. Fruit dimensions were 10.0-16.5 cm in length, 18-31 cm in circumference and 5-9 cm in diameter. In addition, they consisted of 10-39 seeds per fruit

Keywords: gac fruit, cross pollination, dioecious plant, pollen viability

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร รวมถึงศึกษาความสามารถในการผสมเกสรของฟักข้าวที่รวบรวมเมล็ดจากประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จากการศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรในกลุ่มประชากรไทย 91.91±0.42 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มประชากรลาว 88.67±2.87 เปอร์เซ็นต์ และละอองเกสรสามารถงอกได้ดีที่ความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 5 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่มประชากรไทยมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 66.23 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มประชากรลาวมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 56.55 เปอร์เซ็นต์ จากการผสมเกสรของฟักข้าวพบว่าทั้ง 4 คู่ผสม คือ ไทย × ไทย, ลาว × ลาว, ไทย × ลาว และลาว × ไทย มีเปอร์เซ็นต์การติดผลคือ 57.14, 83.33, 77.78 และ 62.50 ตามลำดับ จำนวนวันที่ติดผลจนกระทั่งผลสุก คือ 44-86 วัน รูปร่างผลมีหลายลักษณะ ทั้งผลกลม ผลรีรูปไข่ รูปชมพู่ น้ำหนักผล 115.07-460.00 กรัม ขึ้นอยู่กับขนาดของผล ความยาวผล 10.0-16.5 เซนติเมตร เส้นรอบวงผล 18-31 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางผล 5-9 เซนติเมตร จำนวนเมล็ด 10-39 เมล็ดต่อผล

คำสำคัญ: ฟักข้าว พืชผสมข้าม ดอกแยกเพศอยู่ต่างต้น ความมีชีวิตของละอองเกสร

คำนำ

ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng.) เป็นพืชวงศ์แตง (Cucurbitaceae) ที่มีส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดให้สารสำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) สูง ได้แก่ สารไลโคพีน (lycopene) และสารเบต้าแคโรทีน (beta-carotene) (ปวันรัตน์ และคณะ, 2557; Aoki และคณะ, 2002; Vuong และคณะ, 2006) ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ที่กลุ่มผู้บริโภคหันมาสนใจในการบริโภคเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น นอกจากนี้มีการนำฟักข้าวไปพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพในรูปแบบต่างๆ เช่น แคปซูลอาหารสุขภาพ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม เป็นต้น (สมพร และคณะ, 2551; พัชริน, 2555) การเลือกพันธุ์ฟักข้าวมาปลูกเพื่อให้ผลผลิตที่ดี มีความสม่ำเสมอ และให้สารที่มีประโยชน์สูงจึงมีความสำคัญ การศึกษาครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมเมล็ดฟักข้าวจากประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ฟักข้าวแหล่งพันธุ์พื้นเมืองของไทย มีการเจริญเติบโตที่ดี มีการพัฒนาการของผลตั้งแต่ติดผลจนผลสุกที่เร็วอยู่ที่ 44.5 วัน รวมถึงให้ผลผลิตตลอดปี (ยุทธนา และคณะ, 2553) ส่วนในแหล่งพันธุ์จากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวมีความทนทานต่อโรค ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ปลูกได้ง่าย และให้ผลผลิตตลอดปีเช่นกัน ซึ่งฟักข้าวจากทั้ง 2 แหล่งสามารถปลูกได้ง่ายปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศในประเทศไทยได้ดี การศึกษาในครั้งนี้มี

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Jatujak, Bangkok, 10900

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร รวมถึงประเมินความสามารถในการผสมข้ามจากพ่อแม่พันธุ์ในกลุ่มประชากรไทยและลาว เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมินพันธุ์ปลูกฟักข้าว และเพิ่มความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ที่ดีและเหมาะสมในการนำไปพัฒนาสายพันธุ์ฟักข้าวเพื่อส่งเสริมพันธุ์ปลูกในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรฟักข้าว

1.1 ศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสร โดยเคาะละอองเกสรดอกฟักข้าวจากกลุ่มประชากรที่รวบรวมจากไทยและลาวลงบนสไลด์ หยดสีอะซีโตคาร์มีน (actocarmine) 2 เปอร์เซ็นต์ 1-2 หยด หลังจากนั้นใช้เข็มเขี่ยเบาๆให้ละอองเกสรกระจายไปบนสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ทิ้งไว้ 5 นาที สุ่มนับการติดสีของละอองเกสร 3 บริเวณต่อสไลด์ จำนวน 3 สไลด์ในแต่ละสายพันธุ์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า โดยใช้เกณฑ์ละอองเกสรที่ย้อมติดสีเข้ม ขนาดโต ผิวเรียบ ไม่บิดเบี้ยว จัดเป็นละอองเกสรที่มีชีวิต นำค่าที่ได้มาคำนวณความมีชีวิต

1.2 ศึกษาการงอกของละอองเกสร โดยเคาะละอองเกสรจากกลุ่มประชากรที่รวบรวมจากไทยและลาวลงในจานเพาะเชื้อขนาดเล็ก แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ตามความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส (0, 5, 10, 15 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้วุ้นความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ กรณ์ และคณะ (2558) สุ่มนับจำนวนละอองเกสรที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า ละอองเกสรที่นับว่างอกต้องมีลักษณะของหลอดละอองเกสรสมบูรณ์ โดยมีความยาวของหลอดมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางละอองเกสร สุ่มนับ 2 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จำนวน 2 สไลด์ต่อสายพันธุ์ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความงอก

การทดลองที่ 2 ความสามารถในการผสมข้ามของฟักข้าวที่เก็บรวบรวมจากประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

นำเมล็ดพันธุ์ที่รวบรวมจากประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวปลูกในถุงปลูกขนาด 12 นิ้ว ด้วยวัสดุปลูกดิน, ปุ๋ยคอก, ขุยมะพร้าว และกาบมะพร้าวสับ ในอัตราส่วน 1:1:1:1 โดยทำค้างให้ต้นฟักข้าวเกาะแยกกันระหว่างแต่ละถุงปลูกและแต่ละตัวอย่าง ใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช และแมลงศัตรูพืชตามความเหมาะสม เมื่อฟักข้าวเจริญเติบโตเต็มที่จนระยะที่มีดอก ก่อนทำการผสมเกสร 1 วัน ครอบดอกไว้ด้วยถุงตาข่ายตาถี่และทำการผสมเกสรในวันรุ่งขึ้นในช่วงเวลาตั้งแต่ 7.30-10.30 น. โดยทำการผสมเกสรระหว่างกลุ่มประชากรไทย × ไทย 14 ดอก, ลาว × ลาว 18 ดอก, ไทย × ลาว 9 ดอก และลาว × ไทย 8 ดอก สังเกตการเจริญเติบโต และบันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์การติดผล, การติดผลในช่วงเวลาต่างๆ ของการผสมเกสร, จำนวนวันที่ติดผลหลังการผสมเกสร, รูปร่างผล, น้ำหนักผล, เส้นรอบวงผล, เส้นผ่านศูนย์กลางผล และความยาวผล

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรจากดอกที่รวบรวมจากไทยและลาว พบว่าละอองเกสรจากกลุ่มที่รวบรวมจากไทยมีความมีชีวิต 91.91 ± 0.42 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่รวบรวมจากลาวมีความมีชีวิต 88.67 ± 2.87 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการงอกของละอองเกสรที่ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสแตกต่างกัน ละอองเกสรสามารถงอกได้ดีที่สุดที่ 5 เปอร์เซ็นต์ซูโครส ทั้งในกลุ่มที่รวบรวมจากไทยและลาว โดยมีค่า 66.23 เปอร์เซ็นต์ และ 56.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ 10 เปอร์เซ็นต์ซูโครส ในกลุ่มที่รวบรวมจากไทย 32.90 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่รวบรวมจากลาว 38.02 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์ซูโครส ในกลุ่มที่รวบรวมจากไทย 28.61 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่รวบรวมจากลาว 31.82 เปอร์เซ็นต์ ที่ 0% ซูโครส ไม่พบการงอกของละอองเกสรทั้งจากกลุ่มที่รวบรวมจากไทยและลาว ซึ่งพบว่าค่าความมีชีวิตของละอองเกสรทุกกลุ่มประชากรมีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ความงอก สอดคล้องกับการศึกษาของ สุพรพรรณ และคณะ (2557) ที่ศึกษาความมีชีวิตและความงอกของมะละกอ และพบว่าเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตมีมากกว่า อาจเนื่องมาจากละอองเกสรที่นำมาทดสอบนั้นไม่สมบูรณ์หรือเป็นหมัน แต่ละอองเกสรเหล่านั้นยังคงมีระดับขององค์ประกอบทางเคมีสูงพอที่สามารถให้ผลทางบวกในการย้อมสีได้ นอกจากนี้การที่เปอร์เซ็นต์การงอกต่ำเพราะมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการงอก (กรณ์ และคณะ, 2558) เช่น ความแก่อ่อนของละอองเกสร องค์ประกอบความเข้มข้นของอาหารเลี้ยง และสภาวะอุณหภูมิขณะเลี้ยง ถ้าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้ละอองเกสรที่นำมาเลี้ยงมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำได้

จากการเก็บรวบรวมเมล็ดฟักข้าวจากไทยและลาว เมื่อนำเมล็ดมาเพาะ พบว่าในกลุ่มที่รวบรวมจากไทย จำนวน 63 เมล็ด สามารถงอกเป็นต้นกล้าได้ 55.56 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่รวบรวมจากลาว จำนวน 57 เมล็ด สามารถงอกเป็นต้นกล้าได้ 94.74% ทั้งสองกลุ่มประชากรสามารถเติบโต และปรับตัวเข้ากับอุณหภูมิและสภาพสิ่งแวดล้อมที่ปลูกได้ดี ตั้งแต่ระยะเวลาเริ่มปลูกจนถึงแสดงเพศดอกในต้นเพศผู้ใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือน ต้นเพศเมียใช้เวลาประมาณ 4-5 เดือน ทำการผสมเกสรฟักข้าวทั้งหมด 4 คู่ผสม คือ ไทย × ไทย, ลาว × ลาว, ไทย × ลาว และลาว × ไทย พบว่า คู่ผสม ไทย × ไทย ติดผล 57.14

เปอร์เซ็นต์, ลาว × ลาว ติดผล 83.33 เปอร์เซ็นต์, ไทย × ลาว ติดผล 77.78 เปอร์เซ็นต์ และลาว × ไทย ติดผล 62.50 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) อัตราการติดผลต่ำกว่าการศึกษาของยุทธนา และคณะ (2553) ที่ศึกษาการปลูกฟักข้าวพันธุ์ไทยและพันธุ์การค้าเวียดนาม ซึ่งปลูกทดลองในแปลงปลูก มีอัตราการติดผลเท่ากับร้อยละ 90.26 และ 96.45 ตามลำดับ ซึ่งมณีฉัตร (2542) รายงานว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมเกสรแตงกวาอยู่ในช่วง 08.00-10.00 น. สอดคล้องกับ อัญชลีและปิยะภรณ์ (2555) ที่พบว่าผึ้งพันธุ์ลงมาผสมดอกแตงกวามากที่สุดช่วง 06.00-10.00 น. จะเห็นได้ว่าจากการผสมเกสรฟักข้าว (Table 1) ในช่วงเวลาต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์การติดผลที่ดีซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสร จำนวนวันที่ติดผลจนกระทั่งผลสุกคือ 44-86 วัน ระยะวันที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของผลและความสมบูรณ์ของต้นแม่ ผลจะมีการเปลี่ยนขนาดและเปลี่ยนสีจากสีเขียวจนกลายเป็นสีเหลืองปนเขียว สีเหลือง สีส้มอ่อน และสีส้มเข้มในที่สุด รูปร่างผลมีหลายลักษณะ ทั้งผลกลม ผลรีรูปไข่ รูปชมพู่ หนามแหลมมีขนาดเล็ก บางผลหนามห่างกัน ผิวของผลด้าน มีเฉพาะในคู่ผสม ลาว × ลาว ที่ให้ผิวของผลเป็นผิวมัน น้ำหนักผล 115.07-460.00 กรัม ขึ้นอยู่กับขนาดของผล ความยาวผล 10.0-16.5 เซนติเมตร เส้นรอบวงผล 18-31 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางผล 5-9 เซนติเมตร จำนวนเมล็ด 10-39 เมล็ดต่อผล (Table 2) ส่วนเนื้อผลแข็งมีลักษณะสีเหลืองอ่อนอมส้ม เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีแดงเข้ม เนื้อบางและลื่น ผลสุกจัดส่วนเนื้อผลจะนิ่มเละ เมล็ดจากต้นแม่ไทยและลาวมีขนาดใกล้เคียงกันประมาณ 1.3-1.7 เซนติเมตร มีรอยหยักที่เมล็ด จากผลการทดลองที่ได้พบว่ามีความหลากหลายในรุ่นลูก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากความหลากหลายในจีโนไทป์ของประชากรรุ่นพ่อแม่ และเก็บรวบรวมมาจากแหล่งต่างๆ กัน จึงทำให้เกิดการรวมของจีโนไทป์ที่หลากหลายส่งผลต่อการแสดงออกของฟีโนไทป์ที่แตกต่างกัน รวมถึงความสมบูรณ์ของต้นแม่ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อขนาดและน้ำหนักผล

สรุปผล

การผสมข้ามฟักข้าวในสายพันธุ์เดียวกันและระหว่างสายพันธุ์จากเมล็ดที่เก็บรวบรวมจากไทยและลาว พบว่า รุ่นลูกที่ได้มีความหลากหลาย มีขนาดของผล รูปร่างผล น้ำหนักผล เยื่อหุ้มเมล็ด แตกต่างกัน สามารถใช้ในการพิจารณาเพื่อคัดเลือกต้นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่ต้องการได้ รวมถึงอาจจะใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์ต่อไปได้

ละอองเกสรจากสายพันธุ์ไทยและลาวมีความมีชีวิตสูง 91.91±0.42% และ 88.67±2.87 % สามารถงอกได้ดีที่ความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 5% โดยพันธุ์ไทยมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 66.23% และพันธุ์ลาวมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 56.55% จากผลการศึกษาเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมเกสร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนนักวิจัยหลังปริญญาโท ภายใต้ศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหารปี พ.ศ. 2559 สำหรับทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณจำนอง โสมกุล จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักแห่งเอเชีย (AVRDC) ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ฟักข้าวในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรณ์ กรภัทรชัยกุล ไซหนับ ยู่โซะ ทิพวรรณ คงอินทร์ และรูซีลา สะลูโว๊ะ, 2558, สัณฐานวิทยา ความมีชีวิต และการงอกของเรณูพืชดอก 15 ชนิด, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 4(23): 622-632.

ปวันรัตน์ วิหงส์ พัชริน ส่งศรี พลัง สุริหาร คมศร ลมไธสง และกมล เลิศรัตน์, 2557, ปริมาณสารไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนในตัวอย่างฟักข้าวจากสายต้นต่างๆ, แก่นเกษตร, 42(พิเศษ): 166-171.

พัชริน ส่งศรี, 2555, ฟักข้าวพืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ, แก่นเกษตร, 40: 1-6.

มณีฉัตร นิกรพันธ์, 2542, การผลิตเมล็ดพันธุ์ผักลูกผสม, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 124 หน้า.

ยุทธนา บรรจง มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์ เกษม หฤทัยธนาสันติ์ และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์, 2553, สมรรถภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟักข้าวแหล่งพันธุ์ไทยและเวียดนามในการเก็บเกี่ยวปีแรก, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 1-4.

สมพร ภูติยานันต์ ศิริพร โอโกโนกิ เกษร นันทจิต บงกชวรรณ สุตะพาหะ และบรรยง คันธวะ, 2551, รายงานแผนการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2551 เรื่องการศึกษามาตรฐานทางเภสัชเวท ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและเชื้อรา และการพัฒนาเภสัชภัณฑ์จากสารสกัดใบฟักข้าวรักษาโรคผิวหนัง, 219 หน้า.

สุพรพรรณ ศรีมาศ กฤษณี เอี่ยมจัด สิริกุล วะสี และเกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, 2557, ผลของฤดูกาลต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะละกอ, แก่นเกษตร, 42(พิเศษ): 174-179.

308 สวาสดิ์ธรรม และปิยะภรณ์ จิตรเอก, 2555, ประสิทธิภาพของชันโรง *Trigona terminate* ต่อการช่วยผสมเกสรแตงกวาพันธุ์ลูกผสม, รายงานวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 30 หน้า.

Aoki, H., Kieu, N.Y.M., Kuze, N., Tomisaka, K. and Chuyen, N.V., 2002, Carotenoid Pigments in GAC fruit (*Momordica cochinchinensis* SPRENG), Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 66(11): 2479-2482.

Vuong, L.T., Franke, A.A., Custer, L.J. and Murphy, S.P., 2006, *Momordica cochinchinensis* Spreng. (Gac) Fruit Carotenoids Reevaluated, Journal of Food Composition and Analysis, 19: 664-668.

Table 1 Percentage of fruit set at different time of cross-pollination

Crossing combinations	Percentage of fruit set (%)	Percentage of fruit set at different time (%)			No. of days to ripening stage
		07.30-08.30 am.	08.31-09.30 am.	09.31-10.30 am.	
Thai × Thai	57.14	100.00	50.00	0.00	44-63
Laos × Laos	83.33	75.00	100.00	80.00	49-67
Thai × Laos	77.78	100.00	100.00	50.00	54-86
Laos × Thai	62.50	50.00	66.67	0.00	48-62

Table 2 Morphological characteristics of gac fruit progenies

Progenies of crossing combinations	Fruit shape	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit circumference (cm)	Fruit diameter (cm)	No. Seed per fruit
Thai × Thai	Round, apple-shaped, oval, matte, small spine	167.59-252.32	10.00-14.00	22.50-25.50	7.00-8.00	10-39
Laos × Laos	Round, apple-shaped, oval, matte, oily skin, small spine	115.07-352.20	11.00-15.00	18.00-27.50	5.00-8.00	10-30
Thai × Laos	oval, matte, small spine	168.23-355.21	10.50-15.00	22.00-27.50	7.00-8.50	13-39
Laos × Thai	Round, matte, small spine	208.73-460.00	12.50-16.50	24.00-31.00	7.50-9.00	19-34

ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสมบัติของสารต้านออกซิเดชันและจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่

Effects of Ultraviolet Radiation on Antioxidant and Microbiological Property of Lychee Juice

สุเมธ วิสุทธิวรรณ[1] **และ กิตติพงศ์ อัศตรกุล**[1]

Visuthiwan, S.[1] and Assatarakul, K.[1]

Abstract

The objective of this research was to study ultraviolet radiation doses (0, 2.34, 4.68, 9.36, 18.72, 37.44 and 74.88 J/cm^2) affecting antioxidant activity and microbiological property of lychee juice. Results showed that ultraviolet radiation did not significantly affect total flavonoid content and antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl assay (DPPH assay) ($p>0.05$), but the maximum ultraviolet dose (74.88 J/cm^2) significantly affected total phenolic content and antioxidant activity by ferric reducing antioxidant power assay (FRAP assay) of lychee juice compared to control ($p\leq0.05$). The effects of ultraviolet radiation on microbiological property of lychee juice showed that greater amount of exposed UV radiation resulted in higher reduction of total plate count and yeast and mold count. The maximum ultraviolet dose (74.88 J/cm^2) decreased total plate count and yeast and mold count with 3.33 and 3.69 log reductions, respectively.

Keywords: ultraviolet, antioxidant activity, microbiological property, lychee juice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต (0, 2.34, 4.68, 9.36, 18.72, 37.44 และ 74.88 J/cm^2) ต่อสมบัติของสารต้านออกซิเดชันและจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่ ผลการทดลองพบว่ารังสีอัลตราไวโอเลตไม่ส่งผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ของน้ำลิ้นจี่อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตสูงสุด (74.88 J/cm^2) ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำลิ้นจี่ที่เป็นตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) จากผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสมบัติทางจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่ พบว่าเมื่อใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในปริมาณสูงขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรามีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตสูงสุด (74.88 J/cm^2) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราลงเท่ากับ 3.33 และ 3.69 log ตามลำดับ

คำสำคัญ: รังสีอัลตราไวโอเลต สมบัติของสารต้านออกซิเดชัน สมบัติทางจุลชีววิทยา น้ำลิ้นจี่

คำนำ

รังสีอัลตราไวโอเลตเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการแปรรูปโดยไม่ใช้ความร้อนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตผลทางการเกษตรและอาหารชนิดต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำดื่ม ผักผลไม้ และเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Bintsis และคณะ, 2000) สามารถลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และรักษาสมบัติทางประสาทสัมผัสของอาหารได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับเหตุผลที่ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความต้องการอาหารที่มีคุณภาพดี คือ อาหารที่มีความสด สะอาด มีความปลอดภัยสูง และผ่านกระบวนการแปรรูปน้อยที่สุด (Koutchma, 2009) ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมดื่มน้ำผลไม้เพิ่มมากขึ้น เป็นผลมาจากน้ำผลไม้สามารถดับกระหายและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ น้ำลิ้นจี่เป็นเครื่องดื่มประเภทหนึ่งที่อุดมไปด้วยสารต้านออกซิเดชัน เช่น ฟลาโวนอยด์ เควอซิทิน และโพลีฟีนอล (Kingwatee และคณะ, 2015) แต่อย่างไรก็ตามน้ำลิ้นจี่ที่วางขายทั่วไปตามท้องตลาดมักผ่านกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน ซึ่งความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตย่อมส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของน้ำลิ้นจี่ (Guo และคณะ, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสมบัติของสารต้านออกซิเดชันและจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

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

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำลิ้นจี่

ซื้อลิ้นจี่แช่แข็งพันธุ์ฮงฮวยจาก บริษัท ธีรภัทรฟู้ดส์ จำกัด ขนส่งโดยควบคุมอุณหภูมิ 0±1°C มายังภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1°C ก่อนใช้จะละลายน้ำแข็งในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นคั้นน้ำด้วยเครื่องสกัดน้ำผลไม้แบบแยกกาก (Tefal รุ่น ZE450, France) และเหวี่ยงแยกน้ำลิ้นจี่ด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์โดยใช้ความเร็ว 8,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 20 นาที จากนั้นกรองน้ำลิ้นจี่ในส่วนของสารละลายใสที่เตรียมได้ผ่านตะแกรงกรอง และบรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±1°C เพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ศึกษาผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสมบัติของสารต้านออกซิเดชันและจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่

เปิดการทำงานของปั๊มไดอะแฟรม (AQ&Q, China) เพื่อสูบน้ำลิ้นจี่เข้าสู่กระบอกรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีกำลังไฟฟ้า 6 W ความยาวคลื่น 24.5 cm และเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm (Treatton, Taiwan) จากนั้นคำนวณปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตจากสมการ

$$\text{ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต (w/cm}^2\text{)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าของหลอดอัลตราไวโอเลต (w)}}{\text{พื้นที่ผิวหลอดอัลตราไวโอเลต (cm}^2\text{)}} \quad \text{(สมการที่ 1)}$$

$$\text{ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต (J/cm}^2\text{)} = \text{ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต (w/cm}^2\text{)} \times \text{เวลา (s)} \quad \text{(สมการที่ 2)}$$

ศึกษาปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ 7 ระดับ คือ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 2.34, 4.68, 9.36, 18.72, 37.44 และ 74.88 J/cm^2 ที่อุณหภูมิ 25±1°C ต่อสมบัติของสารต้านออกซิเดชันของน้ำลิ้นจี่ ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Slinkard และ Singleton, 1997) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Brand-Williams และคณะ, 1995) และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie และ Strain, 1999) ศึกษาผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสมบัติทางจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา (BAM, 2001) โดยนำน้ำลิ้นจี่มาบ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น จากนั้นนำมาผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละทรีตเมนท์มี 3 ซ้ำ จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนท์โดยใช้วิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS Version 17.0, USA)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสมบัติของสารต้านออกซิเดชันของน้ำลิ้นจี่

จาก Table 1 พบว่ารังสีอัลตราไวโอเลตไม่ส่งผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH ของน้ำลิ้นจี่อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) น้ำลิ้นจี่ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตปริมาณสูงสุด (74.88 J/cm^2) มีปริมาณฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noci และคณะ (2008) ที่พบว่ารังสีอัลตราไวโอเลตไม่ส่งผลต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) ของน้ำแอปเปิ้ล แต่ทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแอปเปิ้ลสด ($p\leq0.05$) น้ำลิ้นจี่ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ปริมาณ 2.34-74.88 J/cm^2 มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดย FRAP แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ในขณะที่ Bakowska และคณะ (2003) รายงานว่ารังสีอัลตราไวโอเลตไม่ส่งผลต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี TEAC ของน้ำทับทิมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เมื่อใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในปริมาณสูงขึ้น พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี FRAP ของน้ำลิ้นจี่มีแนวโน้มลดลง โดยรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถเพิ่มหรือลดสมบัติของสารต้านออกซิเดชัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต ระยะเวลาในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต และวัตถุดิบที่ใช้ (Alothman และคณะ, 2009a)

ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อสมบัติทางจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่

จาก Table 2 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรามีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 6.71±0.24 และ 6.91±0.12 log CFU/mL ตามลำดับ เมื่อใช้รังสีอัลตราไวโอเลตที่ปริมาณสูงสุด (74.88 J/cm^2) ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์

ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราคงเหลือเท่ากับ 3.38±0.55 และ 3.22±0.21 log CFU/mL ตามลำดับ โดยปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตสูงสุด (74.88 J/cm^2) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราลงเท่ากับ 3.33 และ 3.69 log CFU/mL ตามลำดับ เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์โดยการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมภายในเซลล์ (Alothman และคณะ, 2009b) รวมถึงดีเอ็นเอของจุลินทรีย์สามารถดูดซับอนุภาคโฟตอนของรังสีอัลตราไวโอเลตแล้วเกิดการครอสลิ้งค์เบสระหว่างไซโตซีนและไทมีน (ไพริมิดีน) บนดีเอ็นเอสายเดียวกัน (Tran และ Farid, 2004; Guerrero-Beltrán และ Barbosa-Cánovas, 2004) ส่งผลให้ไพริมิดีนไดเมอร์ป้องกันไม่ให้ดีเอ็นเอเกิดการถอดรหัสและแปลรหัส ซึ่งจะไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในที่สุด

สรุปผล

รังสีอัลตราไวโอเลตไม่ส่งผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH แต่ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต 74.88 J/cm^2 ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี FRAP เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เมื่อใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในปริมาณสูงขึ้น พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรามีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต 74.88 J/cm^2 สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราลงเท่ากับ 3.33 และ 3.69 log CFU/mL ตามลำดับ ดังนั้นรังสีอัลตราไวโอเลตอาจเป็นวิธีทางเลือกที่สามารถใช้ยืดอายุการเก็บรักษาของน้ำลิ้นจี่ได้ เนื่องจากส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารต้านออกซิเดชันค่อนข้างน้อย และสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราของน้ำลิ้นจี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2559 (CU-59-017-FW)

เอกสารอ้างอิง

Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A., 2009a, Effects of Radiation Processing on Phytochemicals and Antioxidants in Plant Produce, Trends in Food Science and Technology, 20: 201-212.

Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A., 2009b, UV Radiation-induced Changes of Antioxidant Capacity of Fresh-cut Tropical Fruits, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10: 512-516.

Bacteriological Analytical Manual (BAM), 2001, U.S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, USA.

Bakowska, A., Kucharska, A.Z. and Oszmianski, J., 2003, The Effects of Heating, UV Irradiation, and Storage on Stability of the Anthocyanin-polyphenol Copigment Complex, Food Chemistry, 81: 349-355.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. 1999, Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay: Direct Measure of Total Antioxidant Activity of Biological Fluids and Modified Version for Simultaneous Measurement of Total Antioxidant Power and Ascorbic Acid Concentration, Methods in Enzymology, 299: 15-27.

Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E. and Robinson, R., 2000, Existing and Potential Applications of Ultraviolet Light in the Food Industry-A Critical Review, Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 637-645.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Food Science and Technology, 28: 25-30.

Guerrero-Beltrán J.A. and Barbosa-Cánovas, G.V., 2004, Advantages and Limitations of Processing Foods by UV Light, Food Science and Technology International, 10: 137-147.

Guo, M., Wu, J., Xu, Y., Xiao, G., Zhang, M. and Chen, Y., 2011, Effects on Microbial Inactivation and Quality Attributes in Frozen Lychee Juice Treated by Supercritical Carbon Dioxide, European Food Research and Technology, 232: 803-811.

Huang, S.H., Chen, E.C.F., Wu, C.T., Kuo, C.L. and Tsay, H.S., 2013, Comparative Analysis among Three Taiwan-specific *Gentiana* Species and Chinese Medicinal Plant *Gentiana scabra*, Botanical Studies, 54: 1-7.

Kingwatee, N., Apichartsrangkoon, A., Chaikham, P., Worametrachanon, S., Techarung, J. and Pankasemsuk, T., 2015, Spray Drying *Lactobacillus casei* 01 in Lychee Juice Varied Carrier Materials, LWT-Food Science and Technology, 62: 847-853.

Koutchma, T., 2009, Advances in Ultraviolet Technology for Non-thermal Processing of Liquid Foods, Food and Bioprocess Technology, 2(2): 138-155.

Noci, F., Riener, J., Walkling-Ribeiro, M., Cronin, D.A., Morgan, D.J. and Lyng, J.G., 2008, Ultraviolet Irradiation and Pulsed Electric Fields (PEF) in a Hurdle Strategy for the Preservation of Fresh Apple Juice, Journal of Food Engineering, 85: 141-146.

Slinkard, K. and Singleton V.L., 1997, Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods, American Journal of Enology and Viticulture, 28: 49-55.

Tran, M.T.T. and Farid, M., 2004, Ultraviolet Treatment of Orange Juice, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5: 495-502.

Table 1 Effects of ultraviolet radiation on antioxidant property of lychee juice

Ultraviolet dose (J/cm^2)	Total phenolic content (mg GAE/L)	Total flavonoid content^{ns} (mg QE/L)	DPPH assay^{ns} (mM TE)	FRAP assay (mM TE)
0	70.76^{a}±2.29	6.58±0.39	0.54±0.30	7.05^{a}±0.78
2.34	73.08^{a}±0.61	6.01±0.22	0.60±0.36	6.44^{ab}±0.59
4.68	72.07^{a}±1.81	6.24±0.67	0.59±0.36	6.35^{ab}±0.63
9.36	71.11^{a}±0.75	6.18±0.26	0.62±0.43	6.20^{ab}±0.63
18.72	71.26^{a}±2.03	6.78±0.78	0.69±0.49	6.03^{ab}±0.57
37.44	70.00^{a}±0.99	6.38±0.18	1.05±0.14	5.87^{ab}±0.63
74.88	66.67^{b}±2.50	6.30±0.52	0.96±0.22	5.62^{b}±0.50

Different superscripts (a, b) = mean values within the same column were significant differences ($p \leq 0.05$).
ns = not significant difference in statistical.
GAE = Gallic acid equivalent, QE = Quercetin equivalent, TE = Trolox equivalent.

Table 2 Effects of ultraviolet radiation on microbiological property of lychee juice

Ultraviolet dose (J/cm^2)	Total plate count (log CFU/mL)	Yeast and mold count (log CFU/mL)
0	6.71^{a}±0.24	6.91^{a}±0.12
2.34	6.39^{a}±0.05	6.38^{b}±0.20
4.68	6.11^{ab}±0.08	6.24^{b}±0.15
9.36	5.68^{b}±0.07	5.73^{c}±0.09
18.72	4.50^{c}±0.32	4.61^{d}±0.09
37.44	3.75^{d}±0.61	3.62^{e}±0.17
74.88	3.38^{d}±0.55	3.22^{f}±0.21

Different superscripts (a, b, c, d, e, f) = mean values within the same column were significant differences ($p \leq 0.05$).

การตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างในพริกและบอแรกซ์ในลูกชิ้นที่ขายในจังหวัดสกลนคร

Detection of Insecticides Residue in Chili and Borax in Meatball Sold in Sakon Nakhon Province

อัมพร ศรีคราม[1] อมรรัตน์ เวชการ[1] ศรัญญา เถาะชัยภูมิ[1] และอุไรวรรณ อรุณชัย[1]
Srikram, A.[1], Wadchakarn, A.[1], Thorchaiyaphum, S.[1] and Arunchai, A.[1]

Abstract

The problem of insecticides residues and toxic contaminants in food presently increase, which affect the health of consumers. The purpose of this study was to detect insecticides residues in fresh chili and borax in fresh meatball sold in fresh markets and supermarkets of Sakon Nakhon Province. A total of 28 fresh chili samples were randomly collected and detected the organophosphate and carbamate pesticide residue using the rapid test kit (MJPK). A total of 48 fresh meatball samples were collected and determined borax contamination using rapid test kits. The study showed that all 28 fresh chili samples test showed no pesticide residues (organophosphate and carbamate) and 48 meatball samples test showed no contamination of borax.
Keywords: insecticide residues, chili, borax, meatball

บทคัดย่อ

ปัญหายาฆ่าแมลงตกค้างและสารพิษปนเปื้อนในอาหารทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค งานวิจัยนี้ได้สุ่มเก็บตัวอย่างพริกสดและลูกชิ้นสดที่จำหน่ายในตลาดสดและซุปเปอร์มาเก็ตในเขตเทศบาลเมืองจังหวัดสกลนคร โดยเป็นตัวอย่างพริกสด 28 ตัวอย่าง นำมาทดสอบยาฆ่าแมลงตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตด้วยชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในผัก ผลไม้ เอ็ม เจ พี เค และตัวอย่างลูกชิ้นสด 48 ตัวอย่าง นำมาทดสอบการปนเปื้อนของบอแรกซ์ด้วยชุดทดสอบบอแรกซ์ในอาหาร พบว่าพบว่าพริกสดทั้ง 28 ตัวอย่าง ไม่พบยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโน-ฟอสเฟต และคาร์บาเมต และลูกชิ้นสดทั้ง 48 ตัวอย่าง ไม่พบการปนเปื้อนของสารบอแรกซ์
คำสำคัญ: ยาฆ่าแมลงตกค้าง พริก บอแรกซ์ ลูกชิ้น

คำนำ

ปัญหาสารพิษตกค้างและปนเปื้อนในอาหารส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้นทุกขณะ ปัญหาสารปนเปื้อนในอาหารอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรในเรื่องการใช้ยาฆ่าแมลง หรือเกิดจากการขาดจรรยาบรรณของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารที่มีการใส่สารเจือปนที่เป็นสารห้ามใช้ในอาหาร เช่น สารบอแรกซ์ ซึ่งสารปนเปื้อนเหล่านี้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

พริก เป็นผักสวนครัวที่คู่กับการประกอบอาหารไทยมายาวนาน เนื่องจากให้รสเผ็ดทำให้เพิ่มรสชาติอาหารได้เป็นอย่างดี จึงถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อจำหน่าย ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกันอย่างแพร่หลาย กลุ่มของยาฆ่าแมลงที่ใช้มากในทางการเกษตร คือกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมต สารเคมีในกลุ่มนี้มี ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส ซึ่งเอนไซม์นี้ทำหน้าที่เปลี่ยนอะซิติลโคลีนไปเป็นโคลีนและอะซิเตท จึงทำให้เกิดการคั่งของอะซิติลโคลีน ซึ่งจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย

หากได้รับยาฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมตในปริมาณน้อยจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้วิงเวียน อ่อนเพลีย กล้ามเนื้อกระตุก แน่นหน้าอก อาเจียน ท้องเดิน ตาพร่า น้ำลายออกมากผิดปกติ และถ้าได้รับปริมาณมากแล้วได้รับการรักษาไม่ทันอาจเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดมะเร็งสมองและมะเร็งเม็ดเลือดได้ (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, ม.ป.ป.) มีรายงานการตรวจพบยาฆ่าแมลงตกค้างในพริกสดที่ขายในตลาดสดและซุปเปอร์มา

---

[1]คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 59 อ. เมือง จ. สกลนคร 47000
[1]Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 59 Muang, Sakon Nakhon, 47000

เกตต่างๆ (จิรพร และคณะ, 2555) และมีรายงานการตรวจพบยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผัก 7 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี คะน้า ถั่วฝักยาว ผักกาดขาว ผักบุ้งจีน ผักชี และพริกจินดา เมื่อเดือนมีนาคม 2555 (ฝ่ายข้อมูลเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2555)

ลูกชิ้นเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ถือว่าเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ด้วยความที่หารับประทานง่าย ทำให้ลูกชิ้นที่ผลิตออกมาขายมีหลากหลายลักษณะ สามารถปรุงประกอบได้หลายรูปแบบ ทั้ง ทอด ปิ้ง นึ่ง หรือต้มแล้วใส่ในก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น ปัจจุบันธุรกิจการผลิตลูกชิ้นมีทั้งที่เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ อุตสาหกรรมขนาดกลาง และยังมีอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ทำภายในครัวเรือน โดยคุณภาพและราคาของลูกชิ้นที่ผลิตออกมาอาจแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่เลือกใช้และกระบวนการในการผลิต ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ลูกชิ้นที่ผลิตไม่ได้มาตรฐานอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เช่น การใส่สารเจือปนที่กฎหมายห้ามใช้ในอาหาร เช่น สารบอแรกซ์ หากได้รับสารบอแรกซ์เข้าสู่ร่างกายจะทำให้รู้สึกอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร น้ำหนักลด และอาจเป็นอันตรายถึงขั้นทำให้เกิดอาการไตวาย อาเจียนเป็นเลือดและเสียชีวิตได้ มีการศึกษาและรายงานการตรวจพบการปนเปื้อนของบอแรกซ์ในลูกชิ้นที่จำหน่ายตลาดสด และร้านค้าในสถานศึกษาต่างๆ (ชุติมา และ ทิพวัลย์, 2534)

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหายาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่ตกค้างในพริกสดและบอแรกซ์ในลูกชิ้นสดที่ขายในตลาดสดและซุปเปอร์มาเกตในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร เพื่อประเมินความเสี่ยงในการได้รับสารพิษปนเปื้อนในอาหารของคนในพื้นที่ โดยใช้ชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในผัก ผลไม้ เอ็ม เจ พี เค และชุดทดสอบบอแรกซ์ในอาหารของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตัวอย่างและการเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างพริกสดและลูกชิ้นสดที่จำหน่ายในตลาดสด 4 แห่ง ได้แก่ ตลาดสดเทศบาล, ตลาด ต. การค้า, ตลาดศรีคูณเมือง, ตลาดบ้านธาตุ และซุปเปอร์มาเก็ต 4 แห่ง ได้แก่ บิ๊กซี แมคโคร เทสโก้โลตัส ท๊อปส์มาร์เก็ต ในเขตเทศบาลเมืองจังหวัดสกลนคร ในช่วงเดือนตุลาคม — พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 โดยตัวอย่างพริกสด (Table 1) ได้แก่ พริกกระเหรี่ยง พริกขี้หนูแดง พริกปุ้ม พริกขี้หนูสวน พริกขี้หนูบ้าน พริกขี้หนูเขียว ทั้งสิ้นจำนวน 28 ตัวอย่าง และลูกชิ้นสด ได้แก่ ลูกชิ้นหมู ลูกชิ้นเนื้อ ลูกชิ้นปลา จำนวนทั้งสิ้น 48 ตัวอย่าง

2. การตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างในพริกสด และการตรวจหาบอแรกซ์ในลูกชิ้นสด

ในการตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างในพริกสดครั้งนี้ ใช้ชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในผัก ผลไม้ เอ็ม เจ พี เค ซึ่งเป็นชุดทดสอบเบื้องต้นสำหรับตรวจยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในผัก ผลไม้ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มคาร์บาเมต โดยยับยั้งเอนไซม์โคลีเอสเตอเรสในผักผลไม้ ปริมาณต่ำสุดในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ของชุดทดสอบเท่ากับ 15% ซึ่งเป็นปริมาณที่ทำให้ร่างกายเกิดอาการพิษเล็กน้อยจัดว่าไม่ปลอดภัย (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2552) ในการตรวจหาบอแรกซ์ในลูกชิ้นสด ใช้ชุดทดสอบบอแรกซ์ในอาหารของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2545) ระดับการปนเปื้อนของบอแรกซ์ในอาหารต่ำสุดที่ตรวจได้ คือ 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ยาฆ่าแมลงตกค้างในพริกสด

จากผลการตรวจสอบยาฆ่าแมลงตกค้างในพริกสดที่จำหน่ายในตลาดสดและซุปเปอร์มาเกต โดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค พบว่าตัวอย่างพริกสดทั้ง 28 ตัวอย่าง ไม่มีการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต (Table 1) สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ จิราพร และคณะ (2554) ที่ไม่พบการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงตกค้างในตัวอย่างพริกสด 33 ตัวอย่าง ที่จำหน่ายในตลาดอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามเพื่อความปลอดภัยผู้บริโภคต้องล้างทำความสะอาดพริกก่อนบริโภคทุกครั้ง

2. บอแรกซ์ในลูกชิ้นสด

ผลการตรวจหาการปนเปื้อนของสารบอแรกซ์ในลูกชิ้นหมู ลูกชิ้นเนื้อ และลูกชิ้นปลา ที่เก็บมาจากตลาดสด 36 ตัวอย่าง และลูกชิ้นที่มาจากซุปเปอร์มาเกตอีก 12 ตัวอย่าง ไม่มีสารบอแรกซ์ปนปื้อนอยู่หรืออาจจะมีในปริมาณน้อยกว่า 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 1) ซึ่งเป็นระดับต่ำสุดที่ชุดทดสอบสามารถตรวจได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในปัจจุบัน

มีการควบคุมทางกฎหมายที่เข้มงวดมากขึ้น จึงทำให้ปัญหาการปนเปื้อนของสารบอแรกซ์มีจำนวนลดลงไปด้วย อย่างไรก็ตามในการเลือกซื้อลูกชิ้นเพื่อนำมารับประทาน ควรหลีกเลี่ยงลูกชิ้นที่มีลักษณะหยุ่นกรอบอยู่ได้นานผิดปกติ และลูกชิ้นที่บรรจุถุงสำเร็จ ต้องแสดงฉลาก ที่ระบุ สถานที่ผลิต ส่วนประกอบ วันเดือนปีที่ผลิต และวันหมดอายุ

อย่างไรก็ตามการตรวจยาฆ่าแมลงตกค้างและการปนเปื้อนของบอแรกซ์ในครั้งนี้ใช้ชุดทดสอบอย่างง่าย (Test kit) ซึ่งมีข้อจำกัดคือ รายงานได้แค่เบื้องต้นว่ามีสารปนเปื้อนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคหรือไม่เท่านั้น หากต้องการทราบปริมาณสารปนเปื้อนที่แน่นอนควรเลือกการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph หรือ Gas Chromatograph

สรุปผล

จากการศึกษาการตกค้างของยาฆ่าแมลงในพริกสดและการปนเปื้อนของสารบอแรกซ์ในลูกชิ้นสด (ลูกชิ้นหมู ลูกชิ้นปลา ลูกชิ้นเนื้อ) ที่จำหน่ายในตลาดสดและซุปเปอร์มาเกตในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร พบว่าตัวอย่างพริกสดทั้งหมด 28 ตัวอย่างมีความปลอดภัยจากยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมต และพบว่าตัวอย่างลูกชิ้นสดทั้งหมด 48 ตัวอย่างมีความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารบอแรกซ์

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2552, ชุดทดสอบบอแรกซ์ในอาหาร [สืบค้น], http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/File/test%20kit_1.htm [24 ตุลาคม 2558].

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2552, ชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในผัก ผลไม้ เอ็ม เจ พี เค [สืบค้น], http://www.dmsc.moph.go.th/bkm/product_detail.php?id=20 [1 กันยายน 2558].

จิราพร ใจเกลี้ยง ศิริพร จันทร์มณี และ อรพรรณ หนูแก้ว, 2555, การตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างในผักจากตลาดในอำเภอเมืองจังหวัดสุราษฎร์ธานี, การประชุมวิชาการเพื่อเตือนภัยสารเคมีกาจัดศัตรูพืช ปี 2555, กรุงเทพฯ, หน้า 47-55.

ชุติมา คู่สมุทร และ ทิพวัลย์ คำเหม็ง, 2534, การวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์สารต้องห้ามในอาหาร เนื้อสัตว์แปรรูปบางชนิดในเขตจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดใกล้เคียง, สาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช.คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฝ่ายข้อมูลเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2555, รายงานผลการตรวจผักในกรุงเทพมหานคร การประชุมวิชาการเพื่อเตือนภัยสารเคมีกาจัดศัตรูพืช ปี 2555, กรุงเทพฯ, หน้า 47-55

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์กระทรวงสาธารณสุข, ม.ป.ป, ข่าวสารมะเร็งเชิงรุก [สืบค้น], http//www.nci.go.th/th/Knowledge/ download8.pdf [6 กุมภาพันธ์ 2560].

Table 1 Insecticides residue in chili and borax in meatball from market in Sakon Nakhon Province.

Sample source *		Pesticide residues in fresh chili †			Borax in fresh meatball ‡		
		Type of chili (Local Thai name)	No. Sample	No. positive sample	Type of meatballs	No. Sample	No. positive sample
Fresh market	Municipal Market	Prik ka rieng Prik kee noo suan	2 1	0/3	Pork meatball Beef meatball Fish meatball	3 3 3	0/9
Fresh market	Taw Khancar Market	Prik ka rieng Prik kee noo dang	2 3 1	0/7	Pork meatball Beef meatball Fish meatball	3 3 3	0/9

		Prik pum Prik kee noo keaw	1				
	Sri Khun Muang Market	Prik ka rieng	2	0/2	Pork meatball Beef meatball Fish meatball	3 3 3	0/9
	Ban Tad Market	Prik ka rieng Prik kee noo dang Prik pum	2 3 1	0/6	Pork meatball Beef meatball Fish meatball	3 3 3	0/9
Supermarket	Big C	Prik kee noo keaw Prik kee noo dang	1 1	0/2	Pork meatball Beef meatball Fish meatball	1 1 1	0/3
	Tesco Lotus	Prik kee noo dang Prik kee noo ban Prik kee noo keaw	1 1 1	0/3	Pork meatball Beef meatball Fish meatball	1 1 1	0/3
	Makro	Prik ka rieng Prik kee noo suan	1 1	0/2	Pork meatball Beef meatball Fish meatball	1 1 1	0/3
	Top market	Prik kee noo dang Prik kee noo suan	1 2	0/3	Pork meatball Beef meatball Fish meatball	1 1 1	0/3
Total sample		Fresh chili	28	0/28	Fresh meatball	48	0/48

* Samples were collected from fresh market and supermarket in Sakon Nakhon Province, Thailand in 2015.

† Determined Insecticide residues in fresh chili using MJPK test kit

‡ Determined borax contamination in fresh meatball using rapid test kits

ผลของ Forchlorfenuron ต่อการหลุดร่วงระหว่างการพัฒนาของผลมะนาวพันธุ์แป้น

Effect of Forchlofenuron on Fruit Drop during Fruit Development of Lime (*Citrus aurantifolia*) cv. Pan

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[1] **และ ทิวาพร ผดุง**[2]
Kotepong, P.[1] and Phadung, T.[2]

Abstract

Forchlorfenuron at concentrations of 0, 1, 5 and 10 mg/L were foliar sprayed to three years old lime cv. Pan trees for decreasing fruit drop during fruit development. The spray was done one time at 80% flower bloom, and the experiment was conducted at an orchard in Sampran district, Nakhon Pathom province. Result showed that percentage of fruits remaining was positive related to forchlorfenuron concentrations which the linear regression equation; Y = 9.89 + 0.48X, where Y was percentage of fruits remaining and X is the chemical concentration. From the equation, it could be explained that percentage of fruits remaining increased when the concentration of forchlorfenuron increased. The lowest percentage of fruit drop was obtained from forchlorfenuron at 10 mg/l. However, forchlorfenuron had no effect on fruit quality (fruit weight, fruit width and fruit length).
Keywords: forchlorfenuron, fruit drop, fruit development, lime

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของสาร forchlorfenuron ต่อการหลุดร่วงระหว่างการพัฒนาของผลมะนาวพันธุ์แป้นโดยการพ่นสาร forchlorfenuron ให้กับต้นมะนาวอายุ 3 ปี ที่บริเวณช่อดอกในระยะดอกบานร้อยละ 80 จำนวน 1 ครั้ง โดยใช้ความเข้มข้นของสารที่แตกต่างกัน คือ 0 1 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ณ สวนมะนาว อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม พบว่า ในระหว่างการพัฒนาของผล มีเปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นผันแปรตามความเข้มข้นของสารดังสมการถดถอยเชิงเส้นตรง ดังนี้ Y = 9.89 + 0.48X โดย Y คือ เปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้น และ X คือ ความเข้มข้นของสาร ซึ่งจากสมการสามารถอธิบายได้ว่า ต้นมะนาวจะมีเปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น จากการทดลองนี้การให้สาร forchlorfenuron ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยลดการหลุดร่วงของผลส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นสูงที่สุด ส่วนคุณภาพของผลในด้านน้ำหนักของผล ความกว้างของผล และความยาวของผลในทุกความเข้มข้นของสารไม่มีความแตกต่างกัน
คำสำคัญ: ฟอร์คลอเฟนูรอน การหลุดร่วงผล การพัฒนาของผล มะนาว

คำนำ

ไซโตไคนินเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ส่งเสริมการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ สารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดนี้พบในผลอ่อนที่กำลังเจริญเติบโตซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของผล รวมทั้งการพัฒนาของผลเกิดจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เมล็ดของพืชสร้างขึ้นมาในรังไข่(สมบุญ, 2548) ผลที่พัฒนาไม่เต็มที่และหลุดร่วงไปก่อนมักเป็นผลอ่อนที่ไม่ได้เกิดจากการผสมเกสร ซึ่งพบว่ามีไซโตไคนินน้อยว่าปกติ มีรายงานวิจัย ระบุว่าสาร forchlorfenuron (1- (2-chloro-4 pyridyl)-3-phenylurea; $C_{12}H_{10}ClN_3O$) หรือ CPPU เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต (plant growth regulator; PGR) ของพืชในกลุ่มไซโตไคนินที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในไม้ผล และมีการนำ CPPU มาใช้เพื่อพัฒนาคุณลักษณะของผล เช่น เพิ่มขนาดและความแน่นเนื้อของผล การพัฒนาของสีและรูปร่าง ลดจำนวนเมล็ด เพิ่มผลผลิตและป้องกันความผิดปกติหลังการเก็บเกี่ยว (Lawes และ Woolley, 2001) การใช้ forchlorfenuron ในองุ่นสามารถช่วยในการติดผล ทำให้ขนาดของผลและน้ำหนักของช่อผลเพิ่มขึ้นอีกทั้งยังชะลอการพัฒนาเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยวของผล (Peacock, 2001; Ben Mohamed และคณะ, 2013) และมีรายงานว่า forchlorfenuron มีประสิทธิภาพในการพัฒนาของผล

[1] **กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[1] Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900
[2] **กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[2] Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

แบบ parthenocarpic ได้ดีกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่นๆ (Zhang และคณะ, 2008) ในแอปเปิ้ลมีการใช้ forchlofenuron ที่ความเข้มข้น 2.5-10 มิลลิกรัมต่อลิตร ฉีดพ่นในระยะดอกบานสามารถเพิ่มขนาดของผลเมื่อเปรียบเทียบกับต้นแอปเปิ้ลที่ไม่ได้รับการพ่นสาร (Alina, 1998) อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยการใช้ CPPU สำหรับช่วยในการพัฒนาของผลในพืชวงศ์ส้ม โดยเฉพาะมะนาว ซึ่งมีปัญหาในการติดผล การพัฒนาของผลในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ forchlorfenuron ต่อการหลุดร่วงระหว่างการพัฒนาของผลและคุณภาพของผลมะนาวพันธุ์แป้นในการเพิ่มปริมาณผลผลิต ลดการหลุดร่วงของผล และเพิ่มขนาดผลมะนาวที่ผลิตเป็นการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นมะนาวอายุ 3 ปี ที่มีขนาดทรงพุ่มประมาณ 3 เมตร และมีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน จากสวนของเกษตรกรในอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ต้นมะนาวปลูกในสภาพแปลงยกร่อง การปฏิบัติดูแลแปลงเป็นไปตามวิธีของเกษตรกร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design สุ่มเลือกช่อดอกมะนาวทั่วทั้งต้นในระยะดอกบานร้อยละ 80 จำนวน 5 ต้นๆละ 20 ช่อ ในแต่ละกรรมวิธี โดยใช้สาร forchlorfenuron ที่เตรียมจากสารละลายความเข้มข้น 0.1 % (ผลิตโดยบริษัท Kyowa Hakko Kogyo Co., Ltd.) ความเข้มข้น 0, 1, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้สารครั้งเดียวโดยพ่นไปที่ช่อดอกที่สุ่มเลือกไว้จนชุ่มทั้งช่อดอก บันทึก จำนวนผลที่เหลืออยู่บนต้นหลังจากทำการพ่นสาร 1 เดือน นับจำนวนผลทุกเดือนเป็นระยะเวลา 5 เดือน เพื่อนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้น และบันทึกคุณภาพของผล ได้แก่ ความกว้าง ความยาวและน้ำหนักผลในระยะเก็บเกี่ยว

ผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้น (Percentage of fruit remaining)

เมื่อพ่นสาร forchlorfenuron ในระยะดอกบานร้อยละ 80 พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นมีแนวโน้มลดลงอย่างมากโดยในช่วงเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 2 ระหว่างการพัฒนาของผล การหลุดร่วงของผลจะลดลงอย่างรวดเร็วและเกือบจะคงที่เมื่อเข้าสู่เดือนที่ 3, 4 และ 5 (Figure 1) เมื่อนำเปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นหลังจากให้สาร 5 เดือน มาทำการวิเคราะห์โดยวิธี Regression Analysis พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นของมะนาวแปรผันตามความเข้มข้นของสาร ในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นตรง $Y = 0.48X + 9.89$ โดย Y คือ เปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้น และ X คือ ความเข้มข้นของสารเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร จากสมการอธิบายได้ว่า ต้นมะนาวมีการหลุดร่วงของผลลดลงตามความเข้มข้นสารที่เพิ่มขึ้น โดยต้นมะนาวที่ไม่ได้รับสารจะมีเปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นต่ำที่สุด คือ 8.86 เปอร์เซ็นต์ และต้นมะนาวที่ได้รับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีเปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นสูงที่สุด คือ 14.39 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2)

2. การพัฒนาการของผลหลังพ่น CPPU

หลังจากให้สาร forchlorfenuron ความเข้มข้น 0, 1, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะดอกบานร้อยละ 80 พบว่า เมื่อถึงระยะการเก็บเกี่ยวการให้สารทุกความเข้มข้นให้คุณภาพของผลทั้งความกว้าง ความยาวและน้ำหนักของผลใกล้เคียงกัน คือ มีความกว้างของผลอยู่ระหว่าง 4.05 – 4.24 เซนติเมตร มีความยาวของผลอยู่ระหว่าง 3.68 – 3.79 เซนติเมตร และมีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 34.22 – 36.07 กรัม (Table 1) การให้สารทุกความเข้มข้นให้คุณภาพผลไม่แตกต่างกันอาจเกิดจากการให้สารในช่วงเวลาที่ไม่สอดคล้องกับการขยายขนาดของผลหรืออาจเป็นเพราะความเข้มข้นของสารอยู่ในปริมาณต่ำ อาจไม่ตอบสนองต่อการขยายขนาดของผล ในขณะที่แอปเปิ้ลมีการใช้ forchlofenuron ที่ความเข้มข้น 2.5-10 มิลลิกรัมต่อลิตร ฉีดพ่นในระยะดอกบานสามารถเพิ่มขนาดของผลเมื่อเปรียบเทียบกับต้นแอปเปิ้ลที่ไม่ได้รับการพ่นสาร (Alina, 1998)

วิจารณ์ผล

การพ่น forchlorofenuron ให้แก่มะนาวพันธุ์แป้นในระยะดอกบานร้อยละ 80 มีแนวโน้มให้การหลุดร่วงผลลดลงตามความเข้นข้นของสารที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก forchlorofenuron เป็นสารในกลุ่มไซโตไคนินที่มีผลในการชักนำให้รังไข่ของพืชพัฒนาจนสมบูรณ์ในช่วงของการมีดอก (Goodwin และ Merve, 1972) และช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ให้เกิดเร็วขึ้นโดยส่งเสริมการสร้าง RNA และ DNA ซึ่งกรดอะมิโนทั้งสองตัวนี้เป็นสารจำเป็นในการสร้างโปรตีน ทำให้ผลที่ได้รับการผสมเกสรมีอาหารที่เพียงพอและติดผลได้ดี (สมบุญ, 2548) นอกจากนี้ไซโตไคนินยังช่วยให้มีการย้ายธาตุอาหารจากแหล่งอื่น (1)มายังบริเวณที่ได้รับฮอร์โมน(2)ทำให้ผลที่ได้รับฮอร์โมนมีอาหารที่อย่างเพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Ben

Mohamed และคณะ (2012) ที่รายงานว่า การให้ forchlorofenuron ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ หลังจากดอกบาน 3 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มขนาดผลและคุณภาพขององุ่นพันธุ์ Meski อย่างไรก็ตามการให้ forchlorofenuron ทุกความเข้มข้นให้ความกว้าง ความยาวและน้ำหนักของผล ไม่แตกต่างกันจากกรรมวิธีควบคุม อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการให้สารที่ไม่เหมาะสมและความเข้มข้นของสารอาจต่ำเกินไป ในองุ่นการให้ forchlorofenuron ความเข้มข้น 1เปอร์เซ็นต์ หลังจากดอกบาน 1 และ 2 สัปดาห์ สามารถช่วยเพิ่มจำนวนผลต่อช่อ ขณะที่การให้สารหลังจากดอกบาน 3 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มขนาดของผล (Ben Mohamed และคณะ, 2012) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าในผลไม้ประเภท parthenocarpic ไซโตไคนินมีบทบาทส่งเสริมการแบ่งเซลล์มากกว่าการขยายขนาดของเซลล์ (Matsuo และคณะ, 2012)

สรุปผล

การให้สาร forchlorfenuron โดยการฉีดพ่นช่อดอกมะนาวพันธุ์แป้น อายุ 3 ปี ความเข้มข้น 0, 1, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะดอกบานร้อยละ 80 โดยใช้สารครั้งเดียว ทำให้มะนาวมีการหลุดร่วงผลลดลง เมื่อได้รับสารในความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยการให้สาร forchlorfenuron ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์ผลที่เหลืออยู่บนต้นสูงที่สุด ขณะที่การให้สาร forchlorfenuron ทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อคุณภาพของผลทั้งด้านความกว้างของผล ความยาวของผลและน้ำหนักของผล

เอกสารอ้างอิง

สมบุญ เตชะภิญญาวิวัฒน์, 2548, สรีรวิทยาของพืช, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 252 หน้า.

Alina, B., 1998, Effect of Forchlofenuron (CPPU) Combined with NAA and Carbaryl on Fruit Set and Fruit Characteristics in Two Apple Cultivars, ActaHorticulturae, 463: 287-294.

Ben Mohamed, H., Zrig, A. and Khemira, H., 2013, Effect of Date of Spraying CPPU (Sitofex®) on Fruit Quality of 'Meski' Table Grapes, Food Global Science Books [Online], Available: http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2013/FOOD_7(SI1)/FOOD_7(SI1) 41-43 [January 12, 2015].

Goodwin, T.W. and Merve, E.I., 1972, Introduction to Plant to Plant Biochemistry, Pergamon, New York. 359 p.

Lawes, G.S. and Woolley, D.J., 2001, The Commercial Use of Plant Growth Regulators to Regulate Fruit Development, ActaHorticulturae, 553: 149-150.

Matsuo S., Kikuchi, K., Fukuda, M., Honda, I. and Imanishi, S., 2012, Roles and Regulation of Cytokinins in Tomato Fruit Development, Journal of Experimental Botany, 63(15): 5569-5579.

Peacock, W.L., 2001, Grape Notes. Agricultural BLDG., County Civic Center, California, USA.

Zhang, C., Lee, U. and Tanabe, K., 2008, Hormonal Regulation of Fruit Set, Parthenogenesis Induction and Fruit Expansion in Japanese Pear, Plant Growth Regulation, 55: 231-240.

Table 1 Effect of forchlofenuron treatments on fruit quality of lime cv. Pan.

Treatment	Fruit quality		
	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)	Fruit weight (g/fruit)
forchlorfenuron 0 mg/L	4.15	3.68	35.14
forchlorfenuron 1 mg/L	4.06	3.70	34.49
forchlorfenuron 5 mg/L	4.04	3.79	34.33
forchlorfenuron 10 mg/L	4.24	3.78	36.07
F-test	ns[1/]	ns[1/]	ns[1/]
CV (%)	4.0	4.6	11.5

[1/]ns = non significant

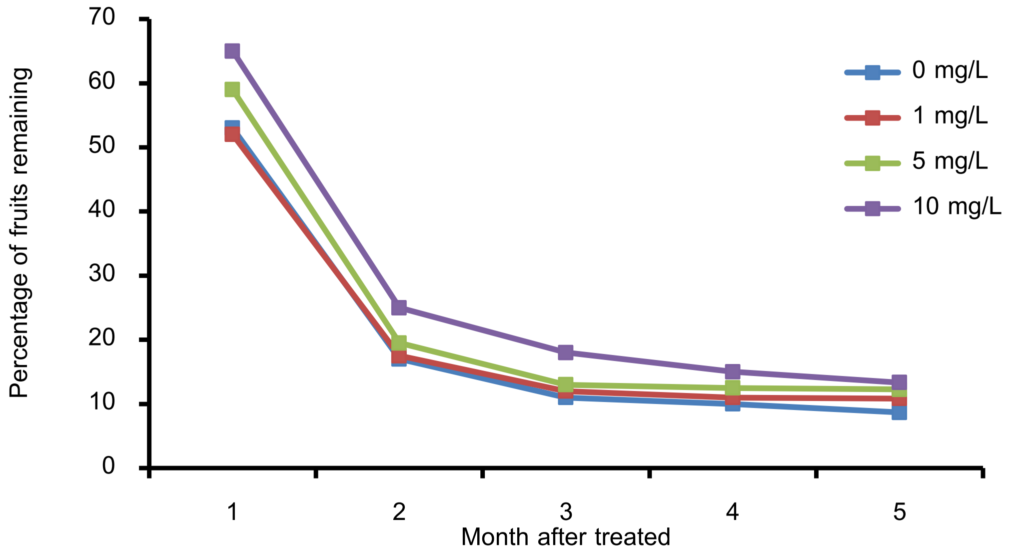


Figure 1 Effect of forchlofenuron treatments on fruit remaining on the tree of lime cv. Pan after treated.

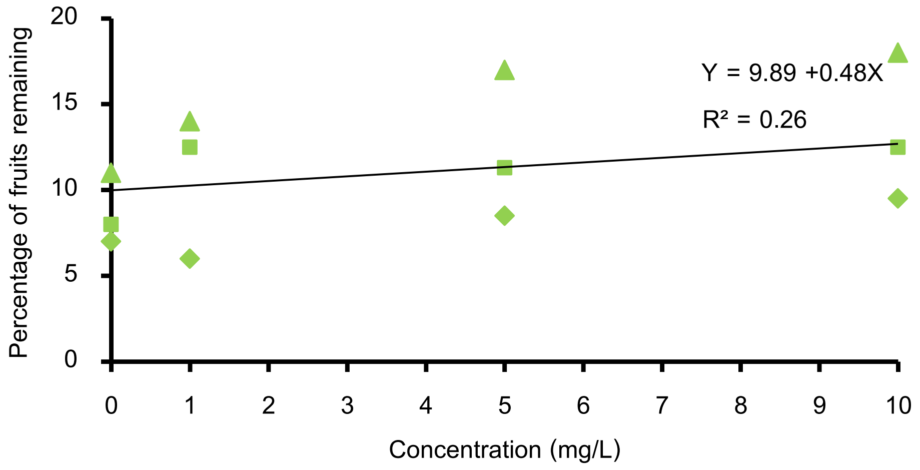


Figure 2 Effect of forchlofenuron treatments on fruit remaining on the tree of lime cv. Pan at 5 month after treated.

การเปรียบเทียบบัวฝรั่งพันธุ์การค้าและพันธุ์ลูกผสมใหม่ใน 3 ฤดูกาล

Comparison of Hardy Waterlily Cultivars and New Hybrid Lines in 3 Seasons

รัตนากร กฤษณชาญดี[1]
Kitsanachandee, R.[1]

Abstract

In the present, domestic and international markets were highly required hardy waterlilies. The intersubgeneric and intrasubgeneric hybridization were used to develop the new hardy waterlily characteristics for increasing values. The information of subgenus *Nymphaea* characteristics was needed to select the parental lines. So, the objective of this study to compare some qualitative and quantitative morphological characters in four hardy waterlily cultivars and three new hybrid lines. The experimental design was RCBD with three replications (warmest season, rainy season and cold season) at Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Bangphra Campus, during April 2015 to December 2015. Six qualitative and three quantitative characters were determined viz. petal color, number of petals, stem hairs, flower shape, stem length, flower size, number of flowers per plant. In the study, results showed significant differences among quantitative characters. The Wanvisa had the longest flower stem and Pink beauty gave the highest number of flowers per plant. The New Hybrid no. 2 had the largest flower size. Moreover, New Hybrid no.1 and no.3 gave a long flower stem and a great flower number per plant indicating a better cultivar as the commercial ones.
Keywords: hardy waterlily, cultivars, new hybrids lines, seasons

บทคัดย่อ

ปัจจุบันบัวฝรั่งเป็นต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศสูง การพัฒนาพันธุ์โดยการผสมข้ามภายในสกุลย่อยเดียวกันและผสมข้ามต่างสกุลย่อยให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะแปลกใหม่ เช่น สีดอก ขนาดดอกเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับบัวฝรั่ง นอกจากนี้ข้อมูลลักษณะทางพฤกษศาสตร์จำเป็นต่อการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้เป็นคู่ผสม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบัวฝรั่งพันธุ์การค้าจำนวน 4 พันธุ์ และพันธุ์ลูกผสมใหม่จำนวน 3 สายพันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ (ฤดูร้อน ฝน และหนาว) ปลูกที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ระหว่างเดือนเมษายน-ธันวาคม 2558 ศึกษาลักษณะคุณภาพได้แก่ สีของใบอ่อนและใบแก่ สีกลีบดอก ความซ้อนของกลีบดอก ขนบนก้านดอก,ทรงดอกบาน การออกดอก และการติดเมล็ด ส่วนลักษณะปริมาณ คือ ความยาวก้านดอก, เส้นผ่านศูนย์กลางดอก และจำนวนดอกต่อต้น ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ลักษณะปริมาณทั้ง 3 ลักษณะของพันธุ์บัวฝรั่งทั้ง 7 พันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งพันธุ์การค้า คือพันธุ์วันวิสาข์ มีความยาวก้านดอกสูงสุดคือ 3.94 ซม. พันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกสูงสุดคือ 8.17 ซม. และพันธุ์พิ้งบิวตี้ (พันธุ์การค้า) มีจำนวนดอกต่อต้นสูงที่สุดคือ 6 ดอก นอกจากนี้ พันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 1และ เบอร์ 3 มีแนวโน้มที่จะให้ลักษณะความยาวก้านดอกและจำนวนดอกต่อต้นได้ดีเช่นเดียวกับพันธุ์การค้า
คำสำคัญ: บัวฝรั่ง พันธุ์การค้า พันธุ์ลูกผสมใหม่ ฤดูกาล

คำนำ

บัวฝรั่ง หรืออุบลชาติยืนต้น (Hardy waterlily) จัดอยู่ในวงศ์ Nymphaeaceae สกุล *Nymphaea* และสกุลย่อย *Nymphaea* มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่นและเขตหนาวของยุโรปและอเมริกา เมื่อถึงฤดูหนาวผิวหน้าของน้ำจับตัวเป็นแผ่น

[1] สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

[1] Plant Production Technology Division,Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok Bangphra Campus, Chonburi Province, 20110

น้ำแข็งจะสลัดใบทิ้งและอาศัยอาหารสะสมในเหง้าเลี้ยงตัวเองจนถึงฤดูใบไม้ผลิ จะเริ่มเจริญแตกหน่อใหม่ บัวฝรั่งในกลุ่มนี้มีอยู่ทั้งหมด 6 ชนิดใน 3 หมู่ (section) คือ 1) หมู่ที่ 1 *Chamaenymphaea* จะพบได้ในเขตหนาวทั่วโลกทั้งยุโรปเหนือ เอเชียเหนือ และอเมริกาเหนือ มีอยู่ชนิดเดียวคือ *Nymphaea tetragona* สามารถแบ่งเป็น 3 พันธุ์ คือ *N. tetragona* var. *angusta* Caspary, *N. tetragona* var. *lata* Caspary และ *N. tetragona* var. *leibergii* (Morong) Porsild) 2) หมู่ที่ 2 *Eucastalia* พบในเขตอบอุ่นของยุโรป อเมริกาเหนือ และบางส่วนของแอฟริกาประกอบด้วยบัวฝรั่ง 4 ชนิดคือ *Nymphaea alba* Linnaeus, *Nymphaea candida* Presl, *Nymphaea odorata* Aiton และ *Nymphaea tuberose* Paine และ 3) หมู่ที่ 3 *Xanthantha* จะพบอยู่ตอนล่างของอเมริกาเหนือและประเทศเม็กซิโก เป็นบัวฝรั่งของเขตร้อน มีอยู่ชนิดเดียว คือ *Nymphaea mexicana* Zaccarini (สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย, 2550) พันธุ์บัวฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยจะเป็นการนำเข้าพันธุ์มาจากต่างประเทศ เพื่อปลูกประดับตกแต่งสวนและอาคารสถานที่ ทำเป็นดอกไม้แห้ง นำเกสรมาสกัดเป็นหัวน้ำหอม หรือใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ เป็นต้น มูลค่าของบัวฝรั่งแต่ละพันธุ์ในตลาดโลกเจ้าของลิขสิทธิ์ที่ปรับปรุงพันธุ์จะเป็นผู้กำหนดราคาขาย ซึ่งขึ้นกับสีสันของกลีบดอก รูปทรงดอก และแปลกใหม่จากพันธุ์เดิมในสกุลย่อยเดียวกัน เช่น บัวสยามบลูฮาร์ดดี้ และบัวควีนสิริกิต์ ซึ่งเป็นบัวลูกผสมที่สีสันสวยงามและแปลกใหม่จึงทำให้บัวทั้งสองสายพันธุ์มีมูลค่าสูง จัดเป็นสินค้าสินค้าส่งออกที่มีอนาคตดีตลาดต่างประเทศต้องการสูง (ณ นพชัย, 2548) ปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์บัวฝรั่งที่เกิดจากการผสมภายในสกุลย่อยเดียวกัน (Intersubgeneric hybridization) และการผสมข้ามสกุลย่อย (Intrasubgeneric hybridization) ซึ่งจำเป็นต้องคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะที่ดีและเหมาะสมต่อการนำมาปรับปรุงพันธุ์ ดังนั้น การประเมินลักษณะทางคุณภาพและลักษณะปริมาณที่สำคัญของพันธุ์บัวฝรั่งทั้ง 7 พันธุ์ ใน 3 ฤดูกาล จะช่วยในการตัดสินใจเลือกพันธุ์บัวฝรั่งมาใช้เพื่อพัฒนาพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพันธุ์บัวฝรั่งที่ใช้ในการทดลอง: ประกอบด้วยบัวฝรั่งพันธุ์การค้าจำนวน 4 ต้น คือ พันธุ์พันธุ์มังคลอุบล พันธุ์มาดาม วิลฟรอน กอนเนียร์ พันธุ์พิ้งบิวตี้ และพันธุ์วันวิสาข์ ส่วนพันธุ์ลูกผสมใหม่เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ของผศ.ดร. ณ นพชัย ชาญศิลป์ ผู้อำนวยการสถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.ชลบุรี จำนวน 3 สายพันธุ์เป็นบัวลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามภายในสกุลย่อยเดียวกัน (Subgenus *Nymphaea*) โดยใช้ต้นบัวฝรั่งอายุ 7 เดือน จำนวน 7 พันธุ์ พันธุ์ละ 3 กระถาง กระถางละ 1 ต้น แล้วจัดเรียงลงในบ่อซีเมนต์ขนาดความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 3 เมตร ลึก 0.45 เมตร ณ สถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ตั้งแต่เดือนเมษายน - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำคือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ สูตร 14-15-14 (อัตราส่วน 1:1) ปริมาณ 2 กรัม ที่บรรจุลงในกระดาษห่อ จำนวน 3 ห่อต่อกระถาง โดยใส่ทุก 15 วัน

การบันทึกข้อมูลลักษณะคุณภาพและลักษณะปริมาณ: ลักษณะทางด้านคุณภาพ ได้แก่ สีด้านหน้าและหลังของแผ่นใบอ่อน สีด้านหน้าและหลังของแผ่นใบแก่ สีของก้านใบ ก้านใบมีขนหรือไม่มีขน จำนวนกลีบดอก (ความซ้อนของกลีบดอก) ทรงของดอก สีของกลีบดอก ลักษณะการออกดอก และการติดเมล็ด (ฝัก) ส่วนลักษณะปริมาณ คือ ความยาวก้านดอก (ซม.) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก (ซม.) และจำนวนดอกต่อต้น (ดอก)

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างวิธี DMRT (Duncan's Multiple-Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ทำการศึกษาลักษณะทางด้านคุณภาพของบัวฝรั่งทั้ง 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์มังคลอุบล พันธุ์มาดาม วิลฟรอน กอนเนียร์ พันธุ์พิ้งบิวตี้ พันธุ์วันวิสาข์ พันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 พันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 2 และ พันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 3 ใน 3 ฤดูกาล (ฤดู ร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) แสดงไว้ใน Table 1 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มลักษณะของใบ และกลุ่มลักษณะของดอก(Figure1 และ 2) กลุ่มลักษณะของใบจะมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของสกุลย่อย *Nymphaea* คือ ขอบใบเรียบ ส่วนลักษณะอื่นๆ นั้นจะขึ้นกับชนิดของพันธุ์ คือ พันธุ์วันวิสาข์จะมีสีของแผ่นใบอ่อนและใบแก่ (หน้าและหลังใบ) เป็นสีบรอนซ์จุดกระสีเขียว แตกต่างจากพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 2 แตกต่างเฉพาะสีแผ่นใบอ่อนเท่านั้น พันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 3 (ทั้งใบอ่อนและใบแก่) และพันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 2 (ใบอ่อน) จะมีรูปร่างของใบแบบวงรี (Ovate) อีก 5 พันธุ์จะมีรูปร่างแบบใบกลม (Orbicular) ลักษณะของฐานใบปิดและลักษณะก้านใบมีขน ได้แก่

พันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 2 และพันธุ์มาดามวิลฟรอน กอนเนียร์ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่มีก้านใบสีเขียว ได้แก่ พันธุ์มังคลอุบลและพันธุ์พิ้งบิวตี้ ทางด้านลักษณะของดอกที่สำคัญคือ สีของกลีบดอกเป็นลักษณะประจำพันธุ์ คือ พันธุ์มังคลอุบลและพันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 1 มีกลีบดอกสีเหลืองอมส้ม พันธุ์พิ้งบิวตี้และพันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 2 มีกลีบดอกสีชมพู,พันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 3 มีกลีบดอกสีเหลืองและพันธุ์มาดาม วิลฟรอน กอนเนียร์ มีกลีบดอกสีขาวแดง ลักษณะทรงของดอกและจำนวนกลีบดอก (ความซ้อนของกลีบดอก) พบว่าไม่มีความแตกต่าง ยกเว้น พันธุ์พิ้งบิวตี้จะมีทรงดอกแบบถ้วยและจำนวนกลีบดอก 32 กลีบ (ซ้อน) ลักษณะการออกดอกทั้ง 7 พันธุ์เป็นแบบทยอยออก ส่วนลักษณะการติดเมล็ดจะพบเฉพาะพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 2 เท่านั้น นอกจากนี้ยังมีลักษณะที่สำคัญอีกหนึ่งลักษณะที่จะพบเฉพาะสกุลย่อย *Nymphaea* เท่านั้นคือการพักตัวในช่วงฤดูหนาวที่มีอากาศค่อนข้างเย็น ทำให้บัวฝรั่งส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตช้าส่งผลกระทบต่อการออกดอกเช่นเดียวกับจำนวนดอกต่อต้นของบัวฝรั่งทั้ง 7 พันธุ์ในฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่พันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์1และพันธุ์มังคลอุบลจะให้ค่าเฉลี่ยจำนวนดอกต่อต้นสูงสุดเท่ากับ 3.67 นอกจากนี้ ลักษณะทางด้านปริมาณทั้ง 3 ลักษณะของพันธุ์บัวฝรั่งทั้ง 7 พันธุ์มีความแตกต่าง ($p<0.01$) คือ พันธุ์วันวิสาข์ มีความยาวก้านดอกสูงสุดคือ 3.94 ซม. พันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกสูงสุดคือ 8.17 ซม. ส่วนพันธุ์พิ้งบิวตี้จะมีจำนวนดอกต่อต้นสูงที่สุดคือ 6 ดอก (Table 2) ผลที่ได้จากการศึกษาลักษณะคุณภาพและปริมาณเหล่านี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่พันธุ์บัวฝรั่งในการปรับปรุงพันธุ์ สอดคล้องกับ ไพรัตน์ (2553) รายงานว่า เทคนิคในการปรับปรุงพันธุ์บัวต้องทำการศึกษาลักษณะทางธรรมชาติ (ลักษณะคุณภาพและลักษณะปริมาณ) เพื่อประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกพันธุ์และตั้งเป้าหมายในการปรับปรุงพันธุ์ เช่นเดียวกับ Pairat และ Vipa (2010) ได้ใช้ลักษณะทางด้านคุณภาพจำแนกความแตกต่างระหว่างพ่อแม่และลูกผสมร่วมกับการใช้เครื่องหมายโมเลกุลยืนยันความเป็นลูกผสม นอกจากนี้ Woods และคณะ (2005) ใช้ลักษณะทางด้านคุณภาพและปริมาณช่วยในการจำแนกความหลากหลายของบัวฝรั่ง

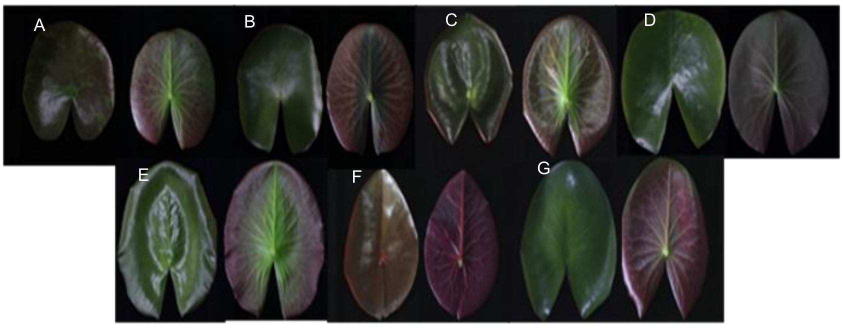


Figure 1 Leaflet color (top - upside), shape and sinus overlap characters of 7 waterlillies; A = Wanvisa, B = Pink beauty,C = Mungkala Ubon, D = Madame Wilfron Gonnèrè, , E = New Hybride No.1, F = New Hybride No.2 and G= New Hybride No.3

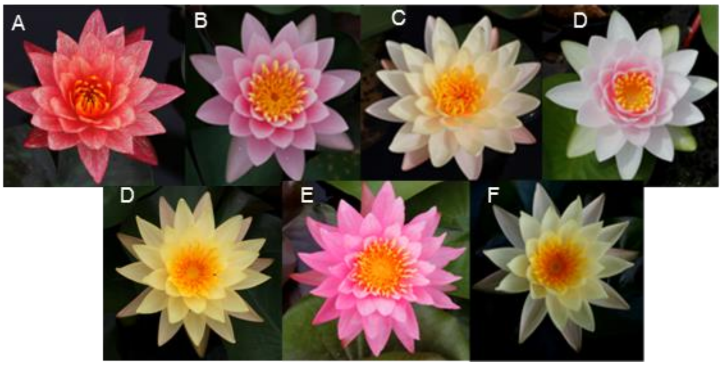


Figure 2 Flower character of 7 waterlillies; A = Wanvisa, B = Pink beauty,C = Mungkala Ubon, D = Madame Wilfron Gonnèrè, , E = New Hybride No.1, F = New Hybride No.2 and G= New Hybride No.3

สรุปผล

บัวฝรั่งทั้ง 7 พันธุ์แสดงลักษณะทางคุณภาพและลักษณะทางปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ที่แสดงลักษณะเด่นๆ ต่างจากพันธุ์อื่นๆ ได้แก่ พันธุ์วันวิสาข์ (ลักษณะความยาวก้านดอก) พันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 2 (ลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางดอกและการติดเมล็ด) พันธุ์พิ้งบิวตี้ (ลักษณะจำนวนดอกต่อต้นทั้งสามฤดู) พันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์1 และพันธุ์มังคลอุบล (ลักษณะจำนวนดอกต่อต้นในฤดูหนาว) ซึ่งสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ใช้ในการวางแผนและคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันบัวราชมงคลตะวันออก ที่อนุเคราะห์พันธุ์บัวฝรั่งเพื่อการวิจัย รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้งบประมาณสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ณ นพชัย ชาญศิลป์, 2548, การผลิตบัวในประเทศไทย, วารสารพืชปลูกพื้นเมืองไทย, 1(1): 8-10.

สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย (สพส.), 2550, มหัศจรรย์บัวสายไทย, สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย (สพส.) ด้วยความสนับสนุนทางวิชาการจากสมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย (สมป.)และชมรมผู้รักบัวแห่งประเทศไทย (ชบท.), กรุงเทพฯ, 16 หน้า

ไพรัตน์ ทรงพาณิช, 2553, เทคนิคการผสมพันธุ์บัวฝรั่ง,วารสารกสิกร, 83(6): 37-42.

Pirat, S. and Vipa, H., 2010, Intersubgeneric Cross in *Nymphaea* spp. L. to Develop a Blue Hardy Waterlily, Scientia Horticulturae, 124: 475-481.

Woods, K., Hilu, K.W., Wiersema, J.H. and Borsch, T., 2005, Pattern of Variation and Systematic of *Nymphaea odorata*. I. Evidence from Morphology and Inter-simple Sequence Repeats (ISSRs), Systematic Botany, 30: 471-480.

Table 1 Qualitative morphological characters measured for 7 hardy waterlilies

Characters	Petiole hairs	Petiole color	Petal color	Flower shape	Number of petals	Pod
Mungkala Ubon	absent	green	peachy yellow	semicircle	33-44 petals	absent
Pink beauty	absent	green	pink	cuplike	32 petals	absent
Wanvisa	absent	reddish	orange with stable yellowish speckles	semicircle	33-44 petals	absent
Madame Wilfron Gonnèrè	present	reddish	garnet red and white	semicircle	33-44 petals	absent
New Hybrid No.1	Absent	reddish	peachy yellow	semicircle	33-44 petals	absent
New Hybrid No.2	Present	reddish	pink	semicircle	33-44 petals	present
New Hybrid No.3	Absent	reddish	yellow	semicircle	33-44 petals	absent

Table 2 Mean comparison of 3 quantitative morphological characters of hardy waterlilies in 3 seasons

Lines	Stem length (cm.)	Flower diameter (cm.)	Number of flower per plant
Mungkala Ubon	3.70^{ab}	8.01^{a}	3.66^{b}
Pink beauty	2.22^{c}	4.74^{d}	6.22^{a}
Wanvisa	3.91^{a}	5.77^{c}	1.78^{c}
Madame Wilfron Gonnèrè	1.39^{d}	6.54^{b}	3.11^{b}
New Hybrid No.1	3.82^{a}	8.04^{a}	3.83^{b}
New Hybrid No.2	2.96^{ab}	8.17^{a}	3.72^{b}
New Hybrid No.3	2.87^{b}	7.99^{a}	4.89^{ab}
F-test	**	**	*
C.V%	12.87	4.71	31.07

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 325-328 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 325-328 (2559)

การเปรียบเทียบผลการจำแนกชนิดของน้ำผึ้งด้วยค่าสีและปริมาณแร่ธาตุเมื่อเก็บน้ำผึ้งไว้ 4-5 ปี

Comparision of Honey Classification by Colors and Minerals of 4-5 Year Storage Time

สุจิตรา ชมดง[1] ภัสสร พงษ์เสวี[2] และ นงนุช สังข์อยุทธ์[3]
Chomdong, S.[1], Pongsaeve, P.[2], and Sungayuth, N.[3]

Abstract

Honey from different botanic is different physical and chemical properties and its application. Colors and mineral contents can be used to discriminate botanic honey by principle component analysis. Storage times of honey may affect to change of colors, mineral contents and their discriminations by PCA. This work compares discrimination of four botanic honeys from Lychee, Logan, Wild flower and Sunflower between 1-2 years and 4-5 years storage by colors (L*, a*, b*, C*ab and hab) and mineral contents (Na, K, Mg, Ca, and Zn) with PCA. The results presented that the principle components of colors are changed in PC1 and PC2. Whereas the principle components of minerals are similar the same in PC1 but changed in PC2. This indicated that the mineral contents of botanic honey are suitable components for discrimination of botanic honeys from different storage times than colors.

Keywords: honey, PCA, lychee, logan, wild flower, sunflower

บทคัดย่อ

น้ำผึ้งจากดอกไม้ต่างชนิดกันอาจมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่างกันซึ่งส่งผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของน้ำผึ้ง ค่าสีและปริมาณธาตุสามารถใช้จำแนกชนิดของน้ำผึ้งจากดอกลิ้นจี่ ดอกลำไย ดอกไม้ป่า และดอกทานตะวันได้รวมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) แต่หากเวลาเปลี่ยนไปค่าสีและปริมาณธาตุในน้ำผึ้งอาจเปลี่ยนแปลงและอาจส่งผลต่อการจำแนกชนิดของน้ำผึ้ง งานนี้จึงเปรียบเทียบผลของค่าสี (L*, a*, b*, C*ab and hab) และปริมาณธาตุ (Na, K, Mg, Ca และ Zn) ของน้ำผึ้งที่เก็บไว้ 1-2 ปี กับ 4-5 ปี ว่ามีผลต่อการจำแนกน้ำผึ้งหรือไม่ พบว่าค่าสีและปริมาณธาตุใช้จำแนกชนิดของน้ำผึ้งได้ถึงแม้ว่าจะเก็บไว้ที่เวลา 1-2 ปี และ 4-5 ปี โดยแสดงค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน แต่องค์ประกอบสำคัญของค่าสี ในการจำแนกแตกต่างกันมากทั้งใน PC1 และ PC2 ในขณะที่องค์ประกอบสำคัญของปริมาณธาตุในการจำแนกชนิดของน้ำผึ้งจากดอกไม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใน PC1 แต่ PC2 มีเปลี่ยนแปลงเพียงบางธาตุเท่านั้น ดังนั้น น้ำผึ้งที่เก็บไว้นานควรใช้ปริมาณธาตุในการจำแนกชนิดของน้ำผึ้งดีกว่าค่าสี

คำสำคัญ: น้ำผึ้ง จำแนก การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

Introduction

Honey is natural products by bees collect the pollen and nectar of plants, as well as from honey dew (S.Caroli GF et al.,1999 and E. Anklam et al., 1998). Honey is a natural sticky material elaborated out of the nectar of flowers or of plant secretions in the honey sac of bees. It is a liquid or semi liquid product made up of about 80% solids, containing a mixture of carbohydrates such as monosaccharide and disaccharide sugar. Sugar is a major component of honey e.g. fructose, glucose, maltose, and sucrose, and there are consist of other components such as water, minerals, enzymes, vitamins, amino acids and pantothenic acid. Honey has a high energy foodstuff and important minerals such as calcium, copper, iron, magnesium, manganese, phosphorus, potassium, zinc and sodium. Moreover, honey also present the antioxidants activity, antimicrobial

[1]สาขาเคมีวิเคราะห์และเคมีอนินทรีย์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 272 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[1] Applied Analytical and Inorganic Chemistry Faculty of Science, Mahidol University 272 Rama VI Road Bangkok 10400
[2] กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[2] Department of Science Service Rama VI Road Bangkok 10400
[3] สาขาวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 199 ต.ลุ่มสุ่ม อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี 71150
[3] Office of Science and Liberal Art, Mahidol University at Kanchanaburi Campus, 199 Lumsum, Saiyok, Kanchanaburi, 71150

activity, antiviral and anti-parasitic activity, anti-inflammatory, anti-mutagenic and antitumor activity (S.Caroli GF et al.,1999). As above mentioned, the honey has become a component in many cosmetic and medicine industrial. In recently year, honey becomes an important economic product of many countries including Thailand (A. Rattana et al. and A. Ajibolate et al., 2012) The difference of honey types and origin of honey is difference composition. The honey from the same origin source is also different composition when the season climatic factors and geographical origin are change.

Materials and Methods

2.1 Materials

Four botanic origins of the 91 Thai honey samples obtained from different locations and harvested in 2007-2008: (1) lychee flower honey 13 samples, (2) longan flower honey 30 samples, (3) sunflower honey 30 sample, and (4) wild flower honey 18 samples. Honey samples collected from different location in Thailand obtained from many company are shown in Table 4.1. Logan, lychee, sunflower, and wild flower honey samples were labeled as code C (C1-C13), G (G1-G30), S (S1-S30), and W (W1-W18), respectively. The sample was collected in HDPE bottle at room temperature before analyze. These honey samples were used to determine the color and elements in 2008 by Tantidanai-Sungayuth, N. The results from that honey were called as "fresh honey" whereas the results obtaining from this research were called "storage honey". Standard stock solutions of the five metals (Na, K, Mg, Ca and Zn) are 1,000 ug.mL^{-1}. The stock solutions were diluted to make working solutions. Reagent-grade nitric acid and hydrogen peroxide, ultrapure deionized Milli-Q water was used.

2.2 Methods

2.2.1 Sample Digestion

About 0.5 mL of warm honey sample at 50 °C for 15 min in water bath was placed in Erlenmeyer flask. Then the 1.5 mL of 1:2 ratios of HNO_3:H_2O_2 were placed in the Erlenmeyer flask, and the samples were digested by using ultrasonic for 30 minute and adjust volume to 25 ml with DI water. All samples were prepared similar for 3 times.

2.2.2 Determination of Colors

Fives parameters of color namely (1) L* (lightness, 0-100), (2) a* (red), (3) b* (yellow), (4) C*ab (chroma) and (5) h_{ab} (hue angle) were determined using the Color in sample was determined using the Chroma meters (Minolta CR-400 colorimeter, UK). The averages of the five color parameters in each botanic type of Thai honey were presented in Table 1.

2.2.3 Determination of Metals

All metal were determined by ICP-OES optima 7300DV (Perkin Elmer, Germany) was used to determine the content of 5 minerals (Na, K, Mg and Ca) in the honey samples. The operating conditions of the ICP-OES and the optical emission wavelengths are also shown in Table 1.2

2.2.4 Data Processing by Principal Component analysis (PCA)

The results of colors and metal contents were processed using principle component analysis to search for data trends by combining the original variables. The three principal components (PCA) were obtained and explained their relationship in the results and discussion section.

Results and Discussion

1.1 Colors comparison between 1-2 years and 4-5 years storage

The average value of L^*, a^*, b^*, C^*_{ab}, and h_{ab} of fresh and storage lychee honey were changed from 76±3.1 to 3.9±0.8, 0.92±2.5 to 1.8±0.4, 32.6±10.2 to 5.1±1.1, 32±10.3 to 5.5±1.0, 89.3±0.3 to 70.4±7.4,

respectively. The color results presented that the storage time had strongly effect on the honey colors. The color of long time storage honeys had darken than the fresh honey.

1.1 Minerals comparison between 1-2 years and 4-5 years storage

The concentrations of Zn in lychee, sunflower, and wild flower honey are tend to increase during the five years storage as the average content of lychee, sunflower, and wild flower honey are change from 1.60±0.30 $mg.kg^{-1}$ to 3.09±1.00 $mg.kg^{-1}$, 1.27±0.27 $mg.kg^{-1}$ to 2.60±0.74, and 1.39±0.36 $mg.kg^{-1}$ to 2.99±0.80 $mg.kg^{-1}$, respectively. The content of Zn in longan honey is decrease during the 5 years storage from 13.11±0.64 $mg.kg^{-1}$ to 2.30±0.60 $mg.kg^{-1}$. From the result, the comparison between five minerals in fresh and 5 years storage honey reveals that the storage time is small effect on Na, K, Mg, Ca, and Zn content when compare to the changing of the colors.

Table 1 Summary of statistic value based on five (Na, K, Mg, Ca and Zn) concentrations of storage (4-5 years).

Botanical origin	Code	Na		K		Mg		Ca		Zn	
		1-2 Years	4-5 Years	1-2 Years	4-5 Years	1-2 Years	4-5 Years	1-2 Years	4-5 Years	1-2 Years	4-5 Years
Lychee flower (C) N=13	Mean	28	36.2	244	177	11.4	13.2	36.8	33.9	1.6	3.9
	SD	14	14.5	97.2	111	1.8	3.3	8.8	7.6	0.3	1.0
Longan flower (G) N=30	Mean	22.6	26.5	499	376	19.2	23.1	80	88.1	3.11	2.3
	SD	4.0	4.3	64.7	65.7	3.3	3.2	12.6	11.5	0.64	0.6
Sun flower (S) N=30	Mean	40.5	58.2	475	404	22.1	28.2	103.3	121	1.27	2.6
	SD	19.1	18	165	167	5.7	13.2	18.5	25.4	0.27	0.74
Wild flower (W) N=18	Mean	46.4	40.9	812	455	17	19.8	124.8	136	1.39	2.99
	SD	25.1	12.7	177	139.9	8.4	7.6	37.4	42.3	0.36	0.8

Table 2 Summary of statistic value based on five color parameters of of (L^*, a^*, b^*, C^*_{ab} and h_{ab}) and storage honeys.

Botanical origin	Code	L*		a*		b*		C^*_{ab}		h_{ab}	
		1-2 Years	4-5 Years	1-2 Years	4-5 Years	1-2 Years	4-5 Years	1-2 Years	4-5 Years	1-2 Years	4-5 Years
Lychee flower (C) N=13	Mean	76.0	3.9	0.92	1.8	32.6	5.1	32.6	5.5	89.3	70.4
	SD	3.1	0.8	2.5	0.4	10.2	1.1	10.3	1	0.3	7.4
Longan flower (G) N=30	Mean	65.7	2.7	9.2	2.0	48.7	3.0	49.8	3.5	79.5	57.0
	SD	6.2	0.6	5.4	0.3	3.0	0.6	3.4	0.6	5.9	4.7
Sun flower (S) N=30	Mean	65.0	2.8	10.8	3.8	58.0	2.5	60.2	2.9	78.5	51.1
	SD	10.2	3.8	10.1	0.7	8.8	0.5	5.5	0.4	12.5	6.3
Wild flower (W) N=18	Mean	59.0	2.0	15.1	1.5	47.9	2.3	50.8	2.6	72.5	61.2
	SD	8.2	0.3	7.4	0.6	4.6	0.6	3.7	0.6	9.2	7.5

2.3 Principal Component Analysis (PCA) between 1-2 years and 4-5 years storage

Comparison between fresh and storage honey presented that the colors are extremely change whereas the mineral contents are small change. PCA of colors (Table3) are changed in PC1 and PC2.

Whereas the principle components of minerals are similar the same in PC1 but changed in PC2. This indicated that the mineral contents of botanic honey are suitable components for discrimination of botanic honeys from different storage times than colors.

Table 3 Loading variance of the three PCA and variance percentage of minerals and color contents of fresh and storage honey.

Variable parameters	Components PC1		Components PC2		Variable parameters	Components PC1		Components PC2	
	1-2 years	4-5 years	1-2 years	4-5 years		1-2 years	4-5 years	1-2 years	4-5 years
Na	0.24	0.27	0.63	0.68	L*	-0.56	-0.54	-0.11	0.07
K	0.56	0.53	-0.14	-0.07	C^*_{ab}	0.56	-0.51	0.12	0.29
Mg	0.43	0.50	-0.40	-0.11	h_{ab}	0.09	-0.37	-0.71	-0.57
Ca	0.64	0.59	-0.01	0.10	a*	0.23	0.02	-0.66	0.76
Zn	-0.16	-0.22	-0.65	0.71	b*	-0.55	-0.56	-0.17	0.07
%Variance	43%	42%	25%	24%	%Variance	61%	62%	38%	33%

Acknowledgments

We would like to thanks Assistant Professor Dr. Nongnuch Tantidanai-Sungayuth and Applied Analytical and Inorganic Chemistry Program (AAICP), Department of Chemistry, Faculty of Science, Mahidol University for funding this research as a part of project.

Liturature Cited

Caroli, S., Forte, G., Iamiceli, A.L., and Galoppi, B., 1999, Determination of essential and potentially toxic trace elements in honey by inductively coupled plasma-based techniques, Talanta, 50(2): 327-336.

Anklam, E., 1998, A review of the analytical methods to determine, Food Chemistry, 63: 549-562.

Rattanawannee, A., and Chanchao, C., 2011, Bee Diversity in Thailand and the applications of bee products, changing diversity in changing environment (Doctoral dissertation, Ph. D. Oscar Grillo (Ed.), ISBN: 978 953-307-796-3, InTech, Available from: http://www. intechopen. com/books/changing-diversity-in-changingenvironment/bee-diversity-in-thailand-and-the-applications-of-bee products).

Ajibola, A., Chamunorwa, J.P., and Erlwanger, K.H., 2012, Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth, Nutrition & metabolism, 9(1): 61.

ผลของกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของเมล็ดและความแข็งแรงของต้นกล้ามะเขือเทศ

Effect of Salicylic Acid on Seed Quality and Seedling Vigor of Tomato

พิจิตรา แก้วสอน[1] กฤษฎา เม้ยชม[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]

Kaewsorn, P.[1], Moeychom, K.[1] and Chulaka, P.[1]

Abstract

The effect of salicylic acid (SA) on seed quality and seedling growth of 'See-da' tomato was studied. The experiment was designed as in completely randomized designed (CRD) that composed of 8 treatments: soaking seeds in SA solution of 0 (reverse osmosis water), 10, 30, 50, 70, 90 and 110 ppm for 8 hours compared with untreated seeds (control). Seeds were then tested by germination test in laboratory and greenhouse (GH) condition. The results showed that soaked seeds in 30 ppm SA solution had the highest germination of 81.0%, GH germination of 66.5% and fastest mean germination time of 10.90 days. It also had the highest fresh-dry weight of shoot and root of seedlings at 28 days after sowing.

Keywords: germination, speed of germination, seed vigor, seedling growth

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของกรดซาลิไซลิก (SA) ต่อคุณภาพของเมล็ดและความแข็งแรงของต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์สีดา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 8 ทรีทเมนต์ โดยแช่เมล็ดในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0 (น้ำ reverse osmosis) 10 30 50 70 90 และ 110 ppm เป็นเวลา 8 ชม. เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) จากนั้นนำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือน พบว่า เมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 30 ppm มีความงอกสูงที่สุด คือ 81.0% มีความงอกในสภาพโรงเรือน 66.5% และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 10.90 วัน อีกทั้งยังทำให้ต้นกล้าที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ดมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากมากที่สุด

คำสำคัญ: ความงอก ความเร็วในการงอก ความแข็งแรงของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้า

คำนำ

มะเขือเทศพันธุ์สีดาเป็นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตแบบกึ่งเลื้อย (semi-determinate type) ผลเล็ก สีผิวผลสุกมีสีชมพู นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรุง, 2543) ปัจจุบันการปลูกมะเขือเทศของเกษตรกรใช้วิธีการเพาะกล้าก่อนนำไปปลูกลงแปลง เพราะได้ต้นกล้าที่แข็งแรงและเจริญเติบโตสม่ำเสมอ อีกทั้งยังจัดการและดูแลง่าย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) แต่ปัญหาการเพาะกล้ามะเขือเทศในปัจจุบัน คือ เมล็ดงอกช้าและงอกไม่สม่ำเสมอ ต้นกล้าไม่แข็งแรง หรืออาจพบต้นกล้าตายหลังย้ายปลูก ซึ่งการใช้สารเคมีเพื่อกระตุ้นให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้นและมีผลทำให้ต้นกล้าตั้งตัวได้ดีขึ้น เช่น กรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) เป็นสารสังเคราะห์สำหรับควบคุมการเจริญเติบโตพืช ทำหน้าที่ควบคุมการเปิดของปากใบ การงอกของเมล็ด การสังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโตของพืช (Sharma, 2014) เพิ่มความต้านทานของต้นกล้าในสภาวะเครียดออสโมติก (osmotic stress) ซึ่งทำให้ค่าชลศักย์ของดินต่ำลงกว่าปกติ พืชดูดน้ำได้ยาก (Borsani และคณะ, 2001) การกระตุ้นความงอก (germination enhancement) และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming) ด้วยสารละลาย SA มีรายงานในเมล็ดพันธุ์ผักบางชนิด เช่น Fang และ Wang (2008) รายงานการใช้สาร SA ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พริก โดยทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและต้นกล้าทนต่อสภาพเครียดต่าง ๆ ได้ และนิติภูมิ (2555) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ของพริกหยวกด้วยสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015% เป็นเวลา 8 ชม. มีความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนต่ำที่สุด อีกทั้งยังมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด ส่วนลิซาร์ (2556) รายงานการแช่เมล็ดพริกพันธุ์ห้วยสีทนในสารละลาย SA ความเข้มข้น 30 ppm เป็นเวลา 6 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด นอกจากนี้ Rehman และคณะ (2011) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์แตงกวา 'Nabil' ด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย SA

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900

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

ความเข้มข้น 50 ppm นาน 24 ชม. ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกได้ 50% ลดลงเหลือ 1 วัน และการแช่เมล็ดแตงกวาในสารละลาย SA ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงที่สุด นอกจากนี้ Ghoohestani และคณะ (2012) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ของเมล็ดมะเขือเทศด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย SA ความเข้มข้น 50 ppm มีผลทำให้เมล็ดมีค่าดัชนีความแข็งแรง (vigor index) สูงที่สุดในสภาพดินเค็ม 10 ds.m^{-1} อีกทั้งยังทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีความสูงและความยาวของรากมากที่สุด ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพเมล็ดและความแข็งแรงของต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์สีดา เพื่อทำให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้น ต้นกล้ามีความแข็งแรง ตั้งตัวได้เร็ว และเป็นแนวทางในการผลิตต้นกล้ามะเขือเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดมะเขือเทศพันธุ์สีดา TM 120 มาแช่ในน้ำหรือสารละลายกรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด มี 8 ทรีทเมนต์ คือ น้ำ reverse osmosis (RO) หรือสารละลาย SA ความเข้มข้น 10 30 50 70 90 และ 110 ppm เป็นเวลา 8 ชม. เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) จากนั้นนำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการและทดสอบความงอกในสภาพโรงเรือน การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ความงอก (ISTA, 2014) เวลาเฉลี่ยในการงอก (Ellis และ Roberts, 1980) ความงอกในสภาพโรงเรือน และการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดของส่วนเหนือดินและราก และน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินและราก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดมะเขือเทศพันธุ์สีดาที่แช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 30 ppm มีความงอกสูงที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO, สารละลาย SA ความเข้มข้น 10 หรือ 50 ppm มีความงอกประมาณ 76.5-79.5% (Table 1) ซึ่งเมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 10 หรือ 30 ppm มีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) โดยมีความงอกเพิ่มขึ้นประมาณ 12.0-13.5% แสดงว่าสารละลาย SA ที่ความเข้มข้นระดับดังกล่าวมีผลในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะเขือเทศได้ อาจเป็นเพราะสาร SA ช่วยเพิ่มระดับของ hydrogen peroxide (H_2O_2) ให้มากขึ้น จึงมีผลกระตุ้นการหายใจของเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้น (Harfouche และคณะ, 2007) เมื่อพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเร็วในการงอกของเมล็ดที่สามารถงอกรากและเจริญเป็นต้นอ่อนปกติได้ เมล็ดที่มีค่าเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยแสดงว่าเมล็ดงอกได้เร็วและแข็งแรงกว่าเมล็ดที่มีค่าเวลาเฉลี่ยในการงอกมาก (สุเทวี, 2551) จากผลการทดลอง พบว่า การแช่เมล็ดมะเขือเทศในสารละลาย SA ทุกความเข้มข้นไม่มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกและความงอกในสภาพโรงเรือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ซึ่งเมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 10.90-11.54 วัน แสดงว่าสารละลาย SA ทุกความเข้มข้นไม่มีผลทำให้เมล็ดมะเขือเทศงอกได้เร็วขึ้น แตกต่างจากการกระตุ้นความงอกของเมล็ดแตงกวาในสารละลาย SA ความเข้มข้น 50 ppm นาน 24 ชม. ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น 1 วัน (Rehman และคณะ, 2011) นอกจากนี้การแช่เมล็ดมะเขือเทศในสารละลาย SA ทุกความเข้มข้นไม่มีผลทำให้ความงอกในสภาพโรงเรือนแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความงอกในสภาพโรงเรือนประมาณ 58.0-69.5% อาจเป็นเพราะอุณหภูมิในสภาพโรงเรือนเฉลี่ยประมาณ 35°C อาจไม่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดมะเขือเทศ ซึ่งเมล็ดมะเขือเทศต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอก 20-30°C (ISTA, 2014)

เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า เมล็ดมะเขือเทศที่แช่ในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้ความสูงของต้นกล้า จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินและรากของต้นกล้ามะเขือเทศที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 10 หรือ 50 ppm มีผลทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ ความสูงของต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินและรากมากที่สุด อาจเป็นเพราะสาร SA ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสงและเพิ่มกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ nitrate reductase ทำให้พืชดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น พืชจึงเจริญเติบโตได้เพิ่มขึ้น (Hayat และ Ahmad, 2007) อย่างไรก็ตาม การแช่เมล็ดมะเขือเทศในสารละลาย SA ความเข้มข้น 30 ppm ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว อีกทั้งยังทำให้ต้นกล้าที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ดมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากมากกว่าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control)

สรุปผล

การแช่เมล็ดมะเขือเทศพันธุ์สีดาในสารละลาย SA ความเข้มข้น 30 ppm เป็นเวลา 8 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 81.0% มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 10.9 วัน และมีความงอกในสภาพโรงเรือน 66.5% อีกทั้งยังทำให้ต้นกล้าที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ดมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีความงอกเพียง 67.5% มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 11.19 วัน และมีความงอกในสภาพโรงเรือน 66.5%

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551, มะเขือเทศ, สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ, 30 หน้า.

กรุง สีตะธนี, 2543, การปลูกมะเขือเทศ, ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 15 หน้า.

นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์. 2555. ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิซาร์ กาเหย็ม, 2556, ผลของกรดซาลิไซลิกที่มีต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกพันธุ์ห้วยสีทน, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเทวี ศุขปราการ, 2551, การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืชสวน, ปรับปรุงครั้งที่ 10, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 154 หน้า.

Borsani, O., Valpuesta, V., and Botella, M.A., 2001, Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings, Plant Physiology, 126 (3): 1024-1030.

Ellis, R.H., and Roberts, E.H., 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity, Annals of Botany, 45 (1): 13-30.

Fang, L., and Wang, J., 2008, Effect of different osmotic agents on germination and vigor of Capsicum seeds, Hubei Agricultural Science, 64-72.

Ghoohestani, A., Gheisary, H., Zahedi, S.M., and Dolatkhahi, A., 2012, Effect of seed priming of tomato with salicylic acid, ascorbic acid and hydrogen peroxide on germination and plantlet growth in saline conditions, International Journal of Agronomy and Plant Production, 3 (S): 700-704.

Harfouche, A.L., Rugini, E., Mencarelli, F., Botondi, R., and Muleo, R., 2007, Salicylic acid induce H2O2 production and endochitinase gene expression but not ethylene biosynthesis in Castanea sativa in vitro model system, Journal of Plant Physiology, 165 (7): 734-744.

Hayat, S., and Ahmad, A., 2007, Salicylic acid - A plant hormone. Springer, the Netherlands, 397 p.

ISTA, 2014, International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Brassersdorf, Switzerland.

McDonald, M.B., 2000, Seed priming, pp. 287-325, In Bewley, J.D. and Black, M. (eds.), Seed Technology and its Biological Basic, Sheffield Academic Press, England.

Rehman, H., Farooq, M., Basra, S.M.A., and Afzal, I., 2011, Hormonal priming with salicylic acid improves the emergence and early seedling growth in cucumber, Journal of Agriculture and Social Sciences, 7: 109-113.

Sharma, P., 2014, Salicylic acid: A novel plant growth regulator role in physiological processes and abiotic stresses under changing environments, pp. 939-989, In Tuteja, N. and Gill, S.S. (eds.), Climate Change and Plant Abiotic Tolerance, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, United States.

Table 1 Germination, mean germination time and greenhouse germination of treated tomato seeds.

Treatment	Germination (%)	Mean germination time (day)	Greenhouse germination (%)
Untreated seeds (control)	67.5 b[1/]	11.19	69.5
0 ppm SA (RO water)	76.5 ab	11.09	69.0
10 ppm SA	79.5 a	11.17	63.0
30 ppm SA	81.0 a	10.90	66.5
50 ppm SA	76.5 ab	11.21	60.5
70 ppm SA	56.0 c	11.42	58.0
90 ppm SA	55.0 c	11.29	58.5
110 ppm SA	49.0 c	11.54	60.5
F-test	*	ns	ns
CV (%)	9.21	3.89	14.47

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at p<0.05 by Duncan's new multiple range test

Table 2 Plant height, stem diameter, leaf number, fresh-dry weight of shoot and root of seedling at 28 days after sowing of treated tomato seeds

Treatment	Plant height	Stem diameter	Leaf number	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	(cm)	(mm)		Shoot	Root	Shoot	Root
Untreated seeds	8.36 abc	1.95	4.17 a	0.39 c	0.14 b	0.05 cd	0.012 c
0 ppm SA (RO water)	8.78 ab	1.94	4.42 ab	0.35 c	0.16 b	0.04 d	0.012 c
10 ppm SA	8.88 ab	2.06	5.00 a	0.59 ab	0.24 a	0.07 ab	0.018 abc
30 ppm SA	8.16 bc	1.93	5.08 a	0.57 ab	0.24 a	0.08 a	0.024 a
50 ppm SA	9.38 a	2.02	5.25 a	0.62 ab	0.23 a	0.08 ab	0.019 abc
70 ppm SA	7.55 c	1.93	5.08 a	0.39 c	0.15 b	0.05 cd	0.012 c
90 ppm SA	7.38 c	1.93	3.00 b	0.44 bc	0.21 a	0.06 bc	0.017 abc
110 ppm SA	7.31 c	1.87	3.00 b	0.63 a	0.22 a	0.08 a	0.020 ab
F-test	*	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	15.86	12.19	37.78	43.69	28.51	30.84	44.98

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at p<0.05 by Duncan's new multiple range test

ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วง

Effect of Seed Priming on Quality of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Seed

วิวรรณยา คล้อยสาย[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] และปริยานุช จุลกะ[1]

Kloysai, V.[1], Kaewsorn, P.[1] and Chulaka, P.[1]

Abstract

Germination of eggplant was usually low and non-uniformity. Thus, the objective of this research was to study on seed priming of eggplant. The experiment was arranged in a completely randomized design (CRD). Seeds were soaked in reverse osmosis (RO) water, 3% KNO_3 solution, 1% $CaCl_2$ solution, 0.02% ascorbic acid (AsA) solution, 0.015% salicylic acid (SA) solution and -1.5 MPa PEG 6000 solution with aeration (45 minutes/hour) for 12 hours and then incubated seeds for 24 hours compared with non-primed seeds (control). Results showed that primed seeds in 3% KNO_3 gave high germination of 66.00%, shortest days to emergence (DTE) and mean germination time (MGT) of 3.88 and 12.60 days, respectively. Moreover, primed seeds in 0.02% AsA tended the highest greenhouse germination of 88.50% compared with non-primed seeds which it had 53.00% germination, 6.12 days of DTE, 13.12 days of MGT and 74% greenhouse germination.

Keywords: germination, seed vigor, mean germination time, days to emergence

บทคัดย่อ

การปลูกมะเขือยาวสีม่วงมักพบปัญหาความงอกเมล็ดพันธุ์ต่ำและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยแช่เมล็ดในน้ำ RO, KNO_3 ความเข้มข้น 3%, $CaCl_2$ ความเข้มข้น 1%, ascorbic acid (AsA) ความเข้มข้น 0.02%, salicylic acid (SA) ความเข้มข้น 0.015% และ -1.5 MPa PEG 6000 ร่วมกับการให้อากาศ (45 นาทีต่อชม.) เป็นเวลา 12 ชม. หลังจากนั้นบ่มเมล็ดนาน 24 ชม.เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) พบว่าเมล็ดที่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% มีความงอกสูง 66.00% มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 3.88 และ 12.60 วัน ตามลำดับนอกจากนี้เมล็ดที่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ในสารละลาย AsA ความเข้มข้น 0.02% มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด 88.50% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีความงอก 53.00% มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก 6.12 วัน มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 13.12 วัน และมีความงอกในสภาพโรงเรือน 74%

คำสำคัญ: ความงอก ความแข็งแรงของเมล็ด เวลาเฉลี่ยในการงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก

คำนำ

มะเขือ (*Solanumm elongena* L.) เป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มะเขือมีหลายชนิด โดยมีรูปร่างของผลแตกต่างกัน เช่น ผลกลม ผลรูปไข่ ไปจนถึงผลยาว นอกจากนี้ยังมีหลายสี เช่น ขาว เขียว เหลือง และม่วง (พวงเพ็ญ, 2533) ซึ่งมะเขือยาวสีม่วงเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยมีการส่งออกในรูปของผักสดแช่เย็นและแช่แข็งไปยังตลาดสหภาพยุโรป (สิรินาฏ,2554) และเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วงมีการส่งออกเป็นปริมาณมากถึง 4,564.54 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 15,218.718.35 บาท (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2558) มะเขือยาวสีม่วงนิยมเพาะกล้าก่อนย้ายปลูก เนื่องจากช่วยลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการจัดการแปลงและลดระยะเวลาการปลูกในสภาพแปลง อีกทั้งยังได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์และแข็งแรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีโดยมีความงอกสูงและงอกได้สม่ำเสมอ แต่บางครั้งอาจพบปัญหาเมล็ดพันธุ์งอกได้ไม่สม่ำเสมอซึ่งมีหลายวิธี การในการกระตุ้นความงอกของเมล็ด เช่น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ หรือ seed priming เป็นวิธีการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด และทำให้เมล็ดแห้งอีกครั้งเพื่อหยุดกระบวนการทางชีวเคมีนั้น (Copeland และ McDonald, 1995) ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี เช่น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ หรือ hydropriming

[1] **ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เขตจตุจักรกรุงเทพฯ 10900**

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

เป็นการแช่เมล็ดในน้ำสะอาด ปฏิบัติงานง่าย ประหยัด และไม่มีสารพิษตกค้างในเมล็ด (Halmer, 2008) มีรายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดมะเขือด้วยวิธี hydropriming เป็นเวลา 48ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (Venkatasubramanian และ Umarani, 2010) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิสหรือ osmopriming เป็นการนำเมล็ดไปแช่ในสารละลายที่มีค่าชลศักย์ (water potential) ในระดับต่ำ เช่น PEG, KNO_3 ซึ่งวิธีนี้สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไปได้ (McDonald, 1999) มีรายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือด้วยสารละลาย KNO_3 และ PEG 6000 ที่มีค่าชลศักย์ -0.8 MPa ร่วมกับการเติมอากาศ ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 24 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงและงอกได้เร็ว (Reis และคณะ, 2012) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วง เพื่อเป็นแนวทางในการทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้นในการผลิตต้นกล้า

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วงที่มีความชื้นเริ่มต้น 11.8% มาแช่ในน้ำ reverse osmosis (RO),สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% (ค่าชลศักย์ -1.5 MPa), $CaCl_2$ ความเข้มข้น 1%(ค่าชลศักย์ -0.7 MPa), ascorbic acid (AsA) ความเข้มข้น0.02% (ค่าชลศักย์ -0.0029 MPa), salicylic acid (SA) ความเข้มข้น 0.015% (ค่าชลศักย์ -0.0027 MPa)และ polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) (ค่าชลศักย์ -1.5MPa) นาน 12 ชม. ร่วมกับการให้อากาศเป็นเวลา 45 นาทีต่อชม. โดยใช้หัวทรายต่อกับปั๊มลมใส่ลงในสารละลาย นำเมล็ดมาบ่มที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำเมล็ดมาลดความชื้นลงให้ใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้นวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 7ทรีทเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นทดสอบความงอกมาตรฐานด้วยวิธี Top of Paper (TP) ที่อุณหภูมิสลับ 20-30°C โดยนับต้นอ่อนปกติครั้งแรกและครั้งสุดท้ายที่ 7และ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ตามลำดับ (ISTA,2014) และทดสอบความงอกในสภาพโรงเรือน โดยเพาะเมล็ดในถาดหลุมพลาสติกขนาด 200 หลุมต่อถาด ใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด บันทึกข้อมูลได้แก่ ความงอก (%) จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (วัน) เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน) และความงอกในสภาพโรงเรือน (%)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วงมีผลทำให้ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด (66.50 และ 66.00% ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับการไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย AsA ความเข้มข้น 0.02% และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015% ซึ่งทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติประมาณ 48.00-53.00% โดยเมล็ดที่เตรียมพร้อมด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 1% พบต้นอ่อนผิดปกติมากที่สุด 20.25% และไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย AsA ความเข้มข้น 0.02% สารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015% สารละลาย PEG ค่าชลศักย์ -1.5 MPa และการไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) นอกจากนี้เมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีเมล็ดสดที่ยังไม่งอกมากที่สุด คือ 4.00% และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015% มีเมล็ดตายมากที่สุด คือ 6.75% เมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่น ๆ (Figure 1) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO (hydropriming) และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด เพราะน้ำช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ช่วยในการย่อยสลายและเคลื่อนย้ายสารอาหารต่างๆ ไปยังส่วนของจุดเจริญ และช่วยให้การแพร่ของออกซิเจนเข้าสู่เมล็ดได้ดีขึ้น (วันชัย, 2553) ส่วนการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซีส (osmopriming) มีค่าชลศักย์ในระดับต่ำกว่าน้ำ RO จึงทำให้เมล็ดดูดน้ำอย่างช้า ๆ นอกจากนี้สาร KNO_3 ยังช่วยกระตุ้นให้เมล็ดมีการดูดซึมออกซิเจนได้ดีขึ้น และมีการแตกตัวเป็น K^+และ NO_3^- ซึ่งมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม และการสังเคราะห์โปรตีนและเอนไซม์ต่าง ๆ (วันชัย, 2553) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีผลทำให้จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% และสารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 1% ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็วที่สุด คือ 3.88 และ 3.94 วัน ตามลำดับ เนื่องจากสารเคมีดังกล่าวอาจช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจน และธาตุอาหารอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน เพื่อนำไปใช้สำหรับการงอกของเมล็ด (Copeland และ McDonald, 1995) ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย AsA

ความเข้มข้น 0.02% ทำให้มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกช้าที่สุด คือ 6.12 และ 5.91 วัน ตามลำดับ (Table 1) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไม่มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 12.60-13.39 วัน (Table 1) ซึ่งการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3ความเข้มข้น 3% มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 12.60 วัน ซึ่ง KNO_3 ช่วยดูดซึมออกซิเจนได้ดีขึ้น จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (วันชัย, 2553) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย AsA ความเข้มข้น 0.02%, SAความเข้มข้น 0.015% และ PEG 6000 ค่าชลศักย์ -1.5MPa ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดประมาณ 87.50-88.50% ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับการไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% มีความงอก 68.50-74.00% เนื่องจาก AsA เป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งซึ่งช่วยจับอนุมูลอิสระภายในเซลล์เมล็ด ทำให้ชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ เนื่องจากช่วยป้องกันการเสียสภาพของ สารอนินทรีย์ภายในเมล็ดที่อาจเกิดจากการจับกับอนุมูลอิสระได้ (Sathiyamoorthy และ Nakamura, 1995) ส่วน SA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ช่วยเพิ่มการงอกของเมล็ด โดยมีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนที่มีความจำเป็นต่อการงอกของเมล็ด และการเคลื่อนย้ายหรือย่อยสลายโปรตีนที่สะสมอยู่ภายในเมล็ด (Rivas-San Vicente และ Plasencia, 2011) และ PEG เป็นสารที่ช่วยชะลอการดูดน้ำของเมล็ดให้ช้าลง ทำให้กระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดเกิดได้สมบูรณ์มากขึ้น และช่วยลดความเสียหายของเมล็ดที่ดูดน้ำกลับเข้าไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดที่กำลังงอก มีผลต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด (วันชัย, 2553) เมื่อพิจารณาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส (osmopriming) (Table 1) ได้แก่ สาร KNO_3 ความเข้มข้น 3% (ค่าชลศักย์ -1.5 MPa) และสารละลาย PEG ค่าชลศักย์ -1.5 MPa ซึ่งมีค่าชลศักย์เท่ากัน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกไม่แตกต่างกัน แต่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็วกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย PEG เพราะสาร KNO_3 มีการแตกตัวได้ K^+ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการหายใจ รวมทั้งเอนไซม์ในการสังเคราะห์แป้งและโปรตีนซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการงอกของเมล็ด (วันชัย, 2553) ส่วนการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย PEG ค่าชลศักย์ -1.5 MPa มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% สอดคล้องกับ Reis และคณะ (2012) รายงานว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือด้วยสาร PEG ช่วยเพิ่มความงอก และลดระยะเวลาในการงอกของเมล็ดได้ อีกทั้งยังช่วยทำให้เมล็ดมีความทนทานต่อสภาวะเครียดจากอุณหภูมิต่ำ เมื่อพิจารณาถึงการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ในทุกทรีทเมนต์ทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงกว่าความงอกมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ (Table 1) อาจเนื่องจากอุณหภูมิในสภาพโรงเรือนเฉลี่ย 25-32°C ซึ่งเหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดและพีทมอสที่ใช้เป็นวัสดุปลูกมีคุณสมบัติระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี และมีธาตุอาหารเพียงพอที่พืชจะนำใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตระยะแรกได้

สรุปผล

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วงด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 12 ชม. ร่วมกับการให้อากาศเป็นเวลา 45 นาที/ชม. มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูง มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว นอกจากนี้เมล็ดที่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย AsA ความเข้มข้น 0.02% มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control)

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556, กำหนดมาตรฐาน คุณภาพ และวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม (ฉบับที่ 2) [สืบค้น], http://www.thasta.com/act1.asp. [18/ March/ 16].

พวงเพ็ญ เทพเกษตรกุล, 2533, สีของผลและการบ่มผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือม่วงและมะเขือยาว, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 16 หน้า.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 167 หน้า.

สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2558, ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเมล็ดพันธุ์ 2558 [สืบค้น], http://www.thasta.com/pdf/2015ปริมาณและมูลค่าการส่งออกฯรายเมล็ดพันธุ์2558.pdf [1/ July/16].

สิรินาฏ พรศิริประธาน, 2554, การส่งออกผักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป [สืบค้น], http://lib.dtc.ac.th/article/kitchen/ar2011-040-exporttoeu.pdf [18/ March/ 16].

Copeland, L.O., and McDonald, M.B., 1995, Principles of Seed Science and Technology. Chapman & Hill, New York, 467 p.

Halmer, P., 2008, Seed technology and seed enhancement, Acta Horticulturae, 771:17-26.

International Seed Testing Association (ISTA), 2014, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology, The International Seed Testing Association, Bassersdof, Switzerland.

McDonald, M.B., 1999, Seed deterioration: physiology, repair and assessment, Seed Science and Technology, 27: 177-237.

Reis, R.D.G.E., Guimarães, R.M., Vieira, A.R., Gonçalves, N.R., and Costa, V.H., 2012, Physiological quality of osmoprimed eggplant seeds, Ciência e Agrotecnologia, 36(5): 526-532.

Rivas-San Vicente, M., and Plasencia, J., 2011, Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development, Journal of Experimental Botany, 62(10): 3321-3338.

Sathiyamoorthy, P., and Nakamura, S., 1995, Free-radical-induced lipid peroxidation in seeds, Israel J. Plant Sci., 43(4): 295-302.

Venkatasubramanian, A., and Umarani, R., 2010, Storability of primed seeds of tomato (*Lycopersicon esculentum*), eggplant (*Solanum melongena*) and chilli (*Capsicum annuum*), Madras Agricultural Journal, 97(4/6): 117-124.

Table 1 Germination, days to emergence (DTE), mean germination time (MGT) and greenhouse (GH) germination of primed eggplant seeds

Treatment	Germination (%)	DTE (day)	MGT (day)	GH germination (%)
Non-primed seeds (control)	53.00 b[1/]	6.12 a	13.12	74.00 b
RO water	66.50 a	4.68 b	12.93	70.00 b
3% KNO_3	66.00 a	3.88 c	12.60	68.50 b
1% $CaCl_2$	58.00 ab	3.94 c	13.10	79.00 ab
0.02% ascorbic acid	48.00 b	5.91 a	13.39	88.50 a
0.015% salicylic acid	52.50 b	4.47 b	13.07	88.00 a
-1.5 MPa PEG 6000	58.50 ab	4.43 b	12.69	87.50 a
F-test	*	*	ns	*
C.V. (%)	14.10	6.89	4.36	10.13

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at p<0.05 by Duncan's new multiple range test

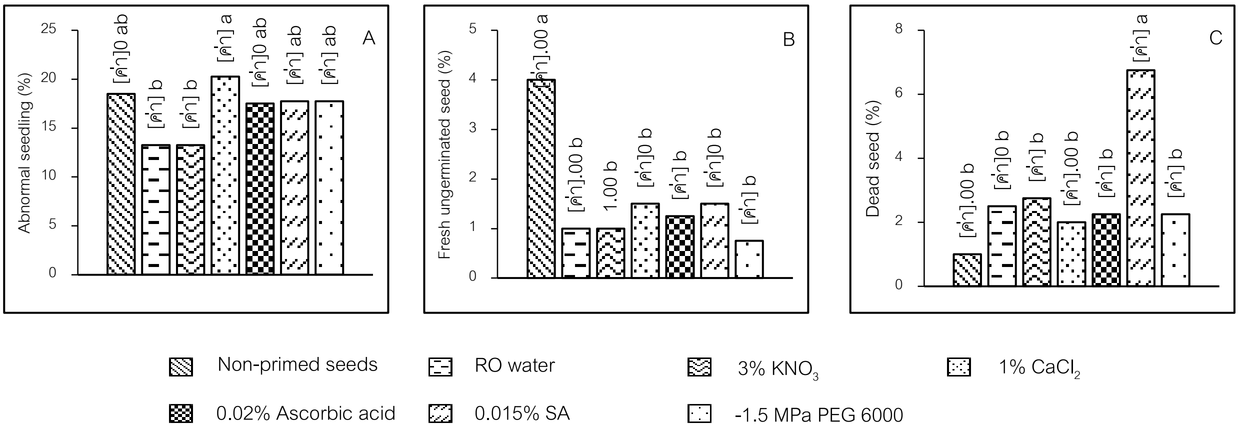


Figure 1 Abnormal seedling (A), fresh ungerminated seed (B) and dead seed (C) of primed eggplant seeds.

การทดสอบความมีชีวิตด้วยสารละลายเตตราโซเลียมของเมล็ดพันธุ์แฟง

Viability Test by Tetrazolium Solution of Wax Gourd (*Benincasa hispida*) Seed

จิราวรรณ คงวิชัย[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]

Kongwichai, J.[1], Kaewsorn, P.[1*] and Chulaka, P.[1]

Abstract

A tetrazolium (TZ) viability test was performed on wax gourd seeds. The experimental designed was a completely randomized design (CRD) in a 2×2×3 factorial arrangement. The factor A, B and C were incubation temperature (20 and 30°C), period of seed incubation (1, 6 and 12 hr), and seed preparation (non-cutting and 1/3 part cutting opposite the embryo), respectively. Seeds were then stained with 1% TZ solution in the dark at 30°C for 18 hr. Results showed that incubation of wax gourd seed at 20 or 30°C and cutting or non-cutting were not significantly different in seed viability and the color stain. Moreover, seed viability and color stain of incubated seeds for 6 or 12 hr was greater than seeds incubating for 1 hr. Thus, wax gourd seeds should be incubated at 30°C for 6 hr before 1/3 part cutting opposite the embryo.

Keywords: white gourd, seed incubation time, incubation temperature, seed preparation

บทคัดย่อ

ศึกษาวิธีการทดสอบความมีชีวิตด้วยสารละลายเตตราโซเลียม (TZ) ของเมล็ดพันธุ์แฟง โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×2×3 factorial in CRD มี 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A, B และ C คือ อุณหภูมิของการบ่มเมล็ด (20 และ 30°C), ระยะเวลาของการบ่มเมล็ดพันธุ์ (1, 6 และ 12 ชม.) และวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ (การไม่ตัดเมล็ดและการตัดเมล็ดตรงข้ามกับเอ็มบริโอออก 1/3 ส่วน) ตามลำดับ จากนั้นย้อมสีด้วยสารละลาย TZ ความเข้มข้น 1% ในสภาพมืด อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 18 ชม. ผลการทดลองพบว่าการบ่มเมล็ดแฟงที่อุณหภูมิ 20 หรือ 30°C และการตัดหรือไม่ตัดเมล็ดไม่มีผลทำให้การประเมินผลความมีชีวิตของเมล็ดและการประเมินการติดสีของเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการบ่มเมล็ดนาน 6 หรือ 12 ชม. มีผลทำให้การประเมินผลความมีชีวิตของเมล็ดและการประเมินการติดสีของเมล็ดดีกว่าการบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 ชม. ดังนั้น เมล็ดแฟงควรบ่มเมล็ดที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 6 ชม. ก่อนตัดเมล็ดตรงข้ามเอ็มบริโอ 1/3 ส่วน

คำสำคัญ: ฟักเขียว ระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิบ่มเมล็ดพันธุ์ การเตรียมเมล็ดพันธุ์

คำนำ

เมล็ดแฟงเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุมตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 ฉบับปรับปรุงแก้ไข พ.ศ. 2556 (ราชกิจจานุเบกษา, 2556) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณการส่งออก 2,194.43 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 6,837,878 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ในการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ทั้งภายในประเทศหรือส่งออกไปยังต่างประเทศคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่สำคัญโดยการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มีเกณฑ์บ่งชี้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ ความงอกของเมล็ดพันธุ์ ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ และความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (สุเทวี, 2551) การทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์โดยชีวเคมี หรือ tetrazolium test (TZ) เป็นวิธีการที่ปฏิบัติได้ง่ายและทราบผลเร็วภายใน 2-3 วัน (ISTA, 2003) หากเปรียบเทียบกับวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ในวงศ์แตง เช่น เมล็ดน้ำเต้า ต้องใช้เวลานาน 14 วัน (ISTA, 2010) ซึ่งการทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์มีหลักการทางชีวเคมีเมื่อเซลล์ที่มีชีวิตจะมีการหายใจ ทำให้ไฮโดรเจนทำปฏิกิริยากับสารละลายเกลือเตตราโซเลียม หรือ 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride ซึ่งเป็นสารละลายใสและไม่มีสี มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารฟอร์มาซาน (formazan) ที่มีสีแดง แสดงว่าเซลล์ที่มีชีวิตจะติดสีแดงส่วนเซลล์ที่ไม่มีชีวิตจะไม่ติดสีแดง (สุเทวี, 2551) การเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนการย้อมสีด้วยสารละลาย TZ เป็นการทำให้เมล็ดยอมให้สารละลายซึมผ่านเข้าไปภายในเอ็มบริโอได้สะดวกขึ้น ทั้งนี้วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนการย้อมสีขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพันธุ์ เช่น เมล็ดหญ้า

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**

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

ควรตัดหรือทิ่มแทงส่วนของ pericarp เมล็ดฟักทองควรแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 18 ชม. (ISTA, 2003) เมล็ดแตงกวาควรบ่มเมล็ดเป็นเวลา 18 ชม.จากนั้นแกะเยื่อหุ้มเมล็ดออกและผ่าตามยาว (วสุ และคณะ, 2553) อุณหภูมิในการแช่เมล็ดในน้ำหรือการบ่มเมล็ดมีผลต่อการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase และมีผลต่อการแกะเปลือกหุ้มเมล็ดซึ่งเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดของเมล็ด ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด และองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด เป็นต้น (Copeland และ McDonald, 1995) เมล็ดมะเขือเทศควรบ่มเมล็ดที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 3 ชม. (Santos และคณะ, 2007) หรือเมล็ดคาโนลาควรแช่ในน้ำอุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 16 ชม. (Flores และคณะ, 2015) เป็นต้น ธุรกิจการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักในวงศ์แตงเพื่อจำหน่ายทั้งภายในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ซึ่งหน่วยงานที่ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ระดับสากล ได้แก่ International Seed Testing Association (ISTA) และ Association of Official Seed Analysts (AOSA) แต่มาตรฐานดังกล่าวยังไม่ครอบคลุมกับเมล็ดพันธุ์ทุกชนิด โดยเฉพาะเมล็ดแฟงที่ผลิตในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์แฟงที่เหมาะสมก่อนการย้อมสีด้วยสารละลาย TZ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์แฟงที่มีคุณภาพเริ่มต้น ได้แก่ ความชื้นของเมล็ด 8.5% และความงอก 77% (ต้นอ่อนผิดปกติ 8% เมล็ดสดไม่งอก 0.5% และเมล็ดตาย 14.5%) มาศึกษาวิธีการเตรียมเมล็ดด้วยการห่อเมล็ดในกระดาษชื้น (บ่มเมล็ด) ก่อนการย้อมสีด้วยสารละลาย TZ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×2×3 factorial in completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด มี 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ อุณหภูมิของการบ่มเมล็ด ได้แก่ 20 และ 30°Cปัจจัย B คือ ระยะเวลาของการบ่มเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ 1,6 และ 12 ชม. และปัจจัย C คือ วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ การไม่ตัดเมล็ด+ แกะเปลือกเมล็ดพร้อมลอกเยื่อ perisperm ออก และการตัดเมล็ดตรงข้ามกับเอ็มบริโอออก 1/3 ส่วน + แกะเปลือกเมล็ดพร้อมลอกเยื่อ perisperm ออก (Figure 1) จากนั้นย้อมสีด้วยสารละลาย TZ ความเข้มข้น 1% ในสภาพมืด อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 18 ชม. (ISTA, 2003) บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความมีชีวิตของเมล็ด (%) = [(จำนวนเมล็ดที่มีชีวิต)/(จำนวนเมล็ดทั้งหมด)]x100 (Figure 2) และคะแนนการติดสี = (ผลรวมของคะแนนทั้งหมด)/(จำนวนเมล็ดทั้งหมด) เกณฑ์การให้คะแนนจากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ 1 คะแนน = เมล็ดไม่ติดสีแดง, 2 คะแนน = เมล็ดติดสีชมพูอ่อน, 3 คะแนน = เมล็ดติดสีชมพูปานกลาง, 4 คะแนน = เมล็ดติดสีแดง, 5 คะแนน = เมล็ดติดสีแดงเข้ม (Figure 3)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเตรียมเมล็ดพันธุ์แฟงก่อนการย้อมสีด้วยสารละลาย TZ โดยการบ่มเมล็ดที่อุณหภูมิ 20 และ 30°C ไม่มีผลทำให้การประเมินความมีชีวิตของเมล็ดและคะแนนการติดสีของเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการบ่มเมล็ดแฟงที่อุณหภูมิ 20 และ 30°C ประเมินความมีชีวิตของเมล็ดได้ 53.83 และ 60.33% ตามลำดับ และมีคะแนนการติดสีของเมล็ดเท่ากับ 4 คะแนนเท่ากัน โดยเมล็ดติดแดงทั้งเมล็ดแสดงว่าการบ่มเมล็ดแฟงที่อุณหภูมิทั้งสองระดับไม่มีผลต่อการประเมินความมีชีวิตและคะแนนการติดสีของเมล็ด แต่มีแนวโน้มว่าการบ่มเมล็ดที่อุณหภูมิ 30°C ทำให้การประเมินความมีชีวิตของเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกับความงอกของเมล็ด คือ 77% ซึ่งแตกต่างจาก ISTA (2003) แนะนำการบ่มเมล็ดฟักทองที่อุณหภูมิ 20°C อาจเนื่องจากเมล็ดพืชต่างชนิดกันมีองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ด ขนาดเมล็ดหรือเปลือกหุ้มเมล็ดต่างกันจึงทำให้การตอบสนองต่อการย้อมสีได้ต่างกัน เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการบ่มเมล็ดแฟง พบว่า การบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1, 6 และ 12 ชม. มีผลทำให้การประเมินความมีชีวิตของเมล็ดและคะแนนการติดสีของเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1 และ Figure 2) โดยการบ่มเมล็ดแฟงเป็นระยะเวลา 12 ชม. ทำให้ผลประเมินความมีชีวิตของเมล็ดมากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 6 ชม. โดยเมล็ดมีชีวิต 73.75 และ 69.25% ตามลำดับ ซึ่งการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 12 ชม. ประเมินผลความมีชีวิตของเมล็ดได้มากที่สุด คือ 73.5% และมีค่าใกล้เคียงกับการประเมินความงอกของเมล็ด คือ 77% เมื่อพิจารณาคะแนนการติดสีของเมล็ด พบว่า การบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 6 หรือ 12 ชม. มีคะแนนการติดสี 4 คะแนน โดยเมล็ดติดสีแดงซึ่งแตกต่างจากการบ่มเมล็ดแตงกวาต้องใช้ระยะเวลานานถึง 18 ชม. จึงทำให้เมล็ดติดสีสวย (วสุ และคณะ, 2553) ซึ่งจากงานวิจัยนี้ได้ทดลองบ่มเมล็ดแฟงเป็นระยะเวลา 18 ชม. ปรากฏว่าเมล็ดมีรากงอก (ไม่แสดงข้อมูล) ดังนั้น ควรบ่มเมล็ดแฟงเป็นระยะเวลา 6 ชม. เพราะสามารถแกะเปลือกเมล็ดพร้อมลอกเยื่อ perisperm ออกได้ง่ายและไม่แตกต่างจากการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 12 ชม. อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการเตรียมเมล็ดก่อนการย้อมสีด้วยสารละลาย TZ ได้ ส่วนการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 ชม. ทำให้การประเมินผลความมีชีวิตของเมล็ดน้อยที่สุด คือ 28.25%

และมีคะแนนการติดสีของเมล็ดเพียง 3 คะแนน โดยเมล็ดติดสีชมพูปานกลาง (Table 1) ซึ่งการเพิ่มระยะเวลาในการบ่มเมล็ดนานขึ้นจะทำให้การติดสีของเมล็ดเพิ่มขึ้น ทำให้การประเมินผลแม่นยำมากขึ้น (วสุ และคณะ, 2553) แสดงว่าระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มเมล็ดมีผลต่อการติดสีของเมล็ด เมื่อพิจารณาการไม่ตัดเมล็ดหรือการตัดเมล็ดตรงข้ามเอ็มบริโอออก 1/3 ส่วน จากนั้นแกะเปลือกเมล็ดพร้อมลอกเยื่อ perisperm ออก พบว่าไม่มีผลทำให้การประเมินความมีชีวิตของเมล็ดและคะแนนการติดสีของเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการตัดเมล็ดตรงข้ามเอ็มบริโอออก 1/3 ส่วน จากนั้นแกะเปลือกเมล็ดพร้อมลอกเยื่อ perisperm ออกเป็นวิธีการที่ปฏิบัติได้ง่ายกว่าการไม่ตัดเมล็ดออกก่อนแล้วแกะเปลือกเมล็ด ซึ่งต้องใช้ปากคีบ (forceps) หนีบที่ปลายเมล็ดอาจทำให้โดนปลายราก และการลอกเยื่อ perisperm ทำได้ยาก เนื่องจากเยื่อ perisperm ติดแน่นมากกว่า ทำให้เมล็ดเกิดรอยช้ำขณะลอกเยื่อ perisperm เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมกันระหว่างอุณหภูมิของการบ่มเมล็ด ระยะเวลาในการบ่มเมล็ด และวิธีการเตรียมเมล็ด พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (Table 1) แสดงว่าอุณหภูมิของการบ่มเมล็ดทั้ง 20 หรือ 30°C ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1, 6 หรือ 12 ชม. และวิธีการเตรียมเมล็ดทั้งการไม่ตัดเมล็ดหรือการตัดเมล็ดไม่มีผลร่วมกันต่อการประเมินความมีชีวิตและคะแนนการติดสีของเมล็ด ดังนั้น ควรเตรียมเมล็ดแฟงด้วยการนำเมล็ดไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 6 ชม. ก่อนตัดเมล็ดตรงข้ามเอ็มบริโอ 1/3 ส่วน แล้วจึงแกะเปลือกเมล็ดพร้อมลอกเยื่อ perisperm ออกจากนั้นจึงนำไปย้อมสีด้วยสารละลาย TZ

สรุปผล

การทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดแฟงด้วยสารละลายเตตราโซเลียม โดยการบ่มเมล็ดที่อุณหภูมิ 20 หรือ 30°C และการตัดหรือไม่ตัดเมล็ดไม่มีผลทำให้การประเมินผลความมีชีวิตของเมล็ดและการประเมินการติดสีของเมล็ดแตกต่างกัน ส่วนการบ่มเมล็ดนาน 6 หรือ 12 ชม. มีผลทำให้การประเมินผลความมีชีวิตของเมล็ดและการประเมินการติดสีของเมล็ดดีกว่าการบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 ชม. ดังนั้น เมล็ดแฟงควรบ่มเมล็ดที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 6 ชม.ก่อนตัดเมล็ดตรงข้ามเอ็มบริโอ 1/3 ส่วน

เอกสารอ้างอิง

ราชกิจจานุเบกษา, 2556, ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 130 ตอนพิเศษที่ 148 ง, หน้า 32-33.

วสุ อมฤตสุทธิ์ และไพลิน ภิญโย, 2553, การศึกษาการติดสีของต้นอ่อนแตงกวาโดยเทคนิคเตตราโซเลียม, รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 7 วันที่ 18-20 พฤษภาคม 2553 ณ โรงแรม ท็อปแลนด์ จังหวัดพิษณุโลก, 6 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2558 [สืบค้น], http://www.oae.go.th [25/ June /16].

สุเทวี ศุขปราการ, 2551, การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืชสวน, ปรับปรุงครั้งที่ 10 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 154 หน้า.

Copeland, L.D., and McDonald, M.B., 1995, Principle of Seed Science and Technology. Chapman & Hall, New York. 409 p.

Flores, M.F., Grzybowski, C.R.D.S., Pazolini, K., Possenti, J.C., and Panobianco, M., 2015, Criteria for implementation of a tetrazolium test in canola seeds, Seed Science, 4: 222-227.

ISTA, 2003, ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing Volume 1. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

_____, 2010, International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

Santos, M.A.O., Novembre, A.D.L.C., and Marcos-Filho, J., 2007, Tetrazolium test to assess viability and vigour of tomato seeds, Seed Science and Technology, 35: 213-223.

Table 1 Seed viability, non-viability and coloration score after seed preparation

Factor	Seed viability (%)	Non–viability (%)	Coloration score
Incubation temperature (A)			
20°C	53.83	46.17	4
30°C	60.33	39.67	4
t-test	ns	ns	ns
Period of seed incubation (B)			
1 hour	28.25 b	71.75 a	3 b
6 hours	69.25 a	30.75 b	4 a
12 hours	73.75 a	26.25 b	4 a
t-test	*	*	*
Seed preparation (C)			
Non-cutting	57.16	42.84	4
1/3 part cutting opposite the embryo	57.00	43.00	4
t-test	ns	ns	ns
A×B	ns	ns	ns
A×C	ns	ns	ns
B×C	ns	ns	ns
A×B×C	ns	ns	ns
CV (%)	20.28	27.15	8.13

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$ by Duncan's new multiple range test (DMRT)

Figure 1 Seed preparation of wax gourd: non-cutting (A) and 1/3 part cutting opposite the embryo (B)

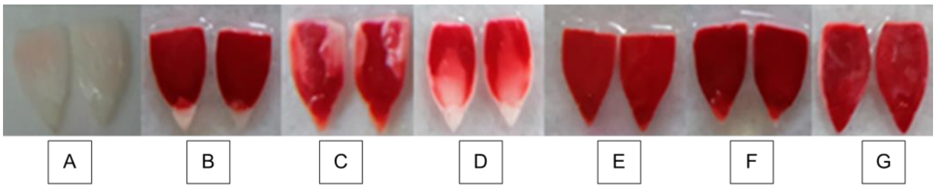


Figure 2 Evaluation of seed viability: non-viable seeds (A: totally unstained, B: radicle partially unstained, C: cotyledon partially unstained, D: cotyledon and radicle partially unstained) and viable seeds (E: totally stained, F: small radicle damages, G: small cotyledon damages)

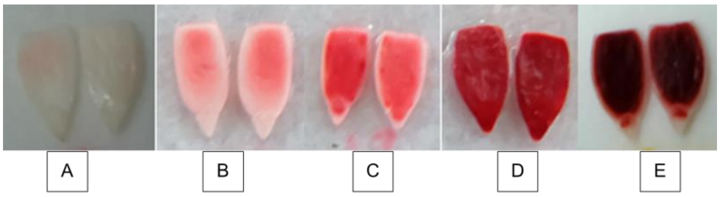


Figure 3 Coloration score: 1 score = colorless (A), 2 score = light pink (B), 3 score = medium pink (C), 4 score = red (D), 5 score = dark red (E)

อิทธิพลของระบบการปลูกต่อคุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

Influence of Cultural Practice on Quality of 'Pattavia' Pineapple Fruit

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2,3] **ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์**[1,2,3] **กัลยา ศรีพงษ์**[1,2,3] **สุกัญญา เอี่ยมลออ**[1] **และ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา**[4]

Uthairatanakij, A.[1,2,3], Jitareerat, P.[1,2,3], Sripong, K.[1,2,3], Aiamla-Or, S.[1] and Sampanvejsobha, S.[4]

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of cultural practice on quality of pineapple cv. Pattavia. Pineapple suckers were cultivated as organic and conventional systems. Fruit from two systems were harvested 5 months after flowering induction. Harvested fruit were washed with tap water, and then dried before keeping at 13°C. On removal from storage, fruit were separated into two groups; determined immediately or placed at ambient (25°C) for 2 days. Results found that organic pineapple showed internal browning less than conventional fruit in both either 13°C or 25°C conditions. In addition, the total ascorbic acid, total soluble solids (TSS), antioxidant activity by 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay were significantly higher in organic fruit than that in conventional fruit. Conversely, the conventional fruit showed a significant lower in ethylene production and respiration rate, but higher phenolic content than organic fruit.

Keywords: organic farming, pineapple, vitamin C

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระบบการปลูกต่อคุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ปลูกแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับสับปะรดที่ปลูกแบบเคมี โดยเก็บเกี่ยวผลสับปะรดหลังจากชักนำให้ออกดอก 5 เดือน นำมาล้างในน้ำประปา ผึ่งให้แห้ง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จากนั้นแบ่งสับปะรดออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มแรกวิเคราะห์คุณภาพทุกๆ 7 วัน หลังจากนำออกมาจากอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ส่วนอีกกลุ่มย้ายไปวางที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 วันก่อนวิเคราะห์คุณภาพ ผลการทดลองพบว่าสับปะรดอินทรีย์เกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าสับปะรดเคมีทั้งที่เก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส และย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าสับปะรดอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ FRAP) มากกว่าสับปะรดเคมี ในทางตรงกันข้ามพบว่าสับปะรดเคมีมีอัตราการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจต่ำ แต่มีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกมากกว่าสับปะรดอินทรีย์

คำสำคัญ: เกษตรอินทรีย์ สับปะรด วิตามินซี

คำนำ

สับปะรดเป็นผลไม้มีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหารสูง ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในด้านความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเป็นอย่างมาก ดังนั้นความต้องการสินค้าเกษตรอินทรีย์จึงมีปริมาณมากขึ้น

---

[1] **สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150**

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150, Thailand

[2] **ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400**

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

[3] **ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150**

[3] Center for Research and Development of Tropical and Sub-Tropical Crops, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) Bangkuntien, Bangkok 10150

[4] **สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140**

[4] Learning Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

เนื่องจากปลอดจากสารเคมีตกค้างและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าพืชที่ปลูกแบบอินทรีย์หลายชนิดมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าพืชที่ปลูกแบบทั่วไป เช่น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น (Ceglie และคณะ, 2016; Lin และคณะ, 2016; Stracke และคณะ, 2009) อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของสับปะรดที่ปลูกแบบอินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายของสับปะรดที่ปลูกแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับสับปะรดที่ปลูกแบบเคมี

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย 2 วิธีการ ได้แก่ ปลูกแบบอินทรีย์ โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ซีพี หมอดิน ตราลูกโลกดอกบัวบาน ซึ่งผลิตจากมูลไก่ 100% ชนิดอัดเม็ด (ผลิตโดย บริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วส จำกัด) ร่วมกับขี้แพะ และปลูกแบบเคมี (วิธีดูแลรักษาตามที่เกษตรกรปฏิบัติ) ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ให้น้ำสัปดาห์ละครั้ง เมื่อต้นสับปะรดเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจึงเร่งดอกด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ ขนาด 15/25 มิลลิเมตร (ถ่านแก๊สตราเสือ ผลิตโดย บริษัท เอ็ม. ไทยอินดัสเทียล จำกัด) จำนวน 3 กรัม/ต้น เก็บเกี่ยวผลสับปะรดทั้ง 2 แปลงพร้อมกันคือ 5 เดือนหลังการเร่งดอก นำผลสับปะรดมาตัดก้านให้เหลือประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้งก่อนนำบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 7, 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน (7+2, 14+2, 21+2 และ 28+2) เพื่อจำลองการวางจำหน่าย วิเคราะห์คุณภาพของสับปะรดในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ การเกิดไส้สีน้ำตาล (สายชล เกตุษา, 2528) ปริมาณวิตามินซี (Roe และคณะ, 1948) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Singleton และ Rossi, 1965) คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH และ FRAP (Benzie and Strain, 1996) อัตราการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจ (Gemma และคณะ, 1994) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์อาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรด พบว่าทั้งสับปะรดอินทรีย์และเคมีเริ่มปรากฏอาการไส้สีน้ำตาลหลังวันที่ 14 ของการเก็บรักษา และเกิดอาการไส้สีน้ำตาลสูงที่สุดในวันสุดท้าย (วันที่ 28) โดยสับปะรดเคมีเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าสับปะรดอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ คือ 3.66 และ 2.49 คะแนน ตามลำดับ (Figure 1A) และเมื่อย้ายสับปะรดมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการวางจำหน่าย พบว่าสับปะรดแสดงอาการไส้สีน้ำตาลเร็วขึ้นโดยเฉพาะในสับปะรดเคมีมีอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าสับปะรดอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในวันที่ 21+2 สับปะรดเคมีมีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล เท่ากับ 3.18 และ 1.29 คะแนน ตามลำดับ (Figure 1B) การเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก จากผลทดลองพบว่าในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สับปะรดเคมีมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าสับปะรดอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (28+2) มีปริมาณ ฟีนอลิกเท่ากับ 12.08 และ 9.09 mg/100gFW ตามลำดับ (Figure 1C-1D) ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการเกิดอาการสีน้ำตาลในผักและผลไม้ (Lin และคณะ, 2016) นอกจากนี้ยังพบว่าสับปะรดอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าสับปะรดเคมี โดยระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สับปะรดอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วง 24.14-27.26 mg/100gFW ส่วนสับปะรดเคมีพบวิตามินซี อยู่ในช่วง 19.96-24.52 mg/100gFW (Figure 3A)เช่นเดียวกับเมื่อย้ายสับปะรดออกมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณวิตามินซีมีความแตกต่างกันทางสถิติในช่วงวันที่ 7+2 และ 14+2 ของการเก็บรักษา โดยสับปะรดอินทรีย์มีวิตามินซี (25.35-25.47 mg/100gFW) มากกว่าสับปะรดเคมี (21.67- 23.17 mg/100gFW) ดังแสดงใน Figure 3B สอดคล้องกับการทดลองของ Ceglie และคณะ (2016) พบว่า กีวีที่ปลูกแบบอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ากีวีที่ปลูกแบบทั่วไป และจากการวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ไม่พบความแตกต่างของกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในระหว่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (Figure 3C) แต่เมื่อย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 14+2 ของการเก็บรักษา โดยสับปะรดอินทรีย์มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสับปะรดเคมีโดยมีค่าเท่ากับ 77.80% และ 61.67% ตามลำดับ (Figure 3D) ส่วนการวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าสับปะรดอินทรีย์มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสับปะรดเคมีทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยสับปะรดอินทรีย์มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ อยู่ในช่วง 1.54-2.80 mM

TE/gFW ในขณะที่สับปะรดเคมีมีค่าอยู่ในช่วง 1.30-2.56 mM TE/gFW (Figure 3E-3F) สอดคล้องกับการทดลองของ Stracke และคณะ (2009) พบว่า แอปเปิลที่ปลูกแบบอินทรีย์มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระมากกว่าแอปเปิลที่ปลูกแบบทั่วไป ในทางตรงกันข้ามพบว่าสับปะรดเคมีมีอัตราการผลิตเอทิลีน (0.04 -0.16 µl C_2H_4/ kg.hr) น้อยกว่าสับปะรดอินทรีย์ (0.05-2.70 µl C_2H_4/ kg.hr) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (Figure 2A) เมื่อย้ายออกมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส สับปะรดเคมีมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 0.01-0.56 µl C_2H_4/ kg.hr ส่วนสับปะรดอินทรีย์การผลิตเอทิลีน อยู่ในช่วง 0.30-1.23 µl C_2H_4/ kg.hr (Figure 2B) นอกจากนี้สับปะรดเคมีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจ (0.71-1.84 mg CO_2/ kg.hr) ต่ำกว่าสับปะรดอินทรีย์ (1.60-5.86 mg CO_2/ kg.hr) (Figure 2C) เช่นเดียวกับเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า สับปะรดเคมีมีการหายใจเท่ากับ 1.36-9.67 mg CO_2/ kg.hr ในขณะที่สับปะรดอินทรีย์มีการหายใจเท่ากับ 3.02-14.36 mg CO_2/ kg.hr (Figure 2D)

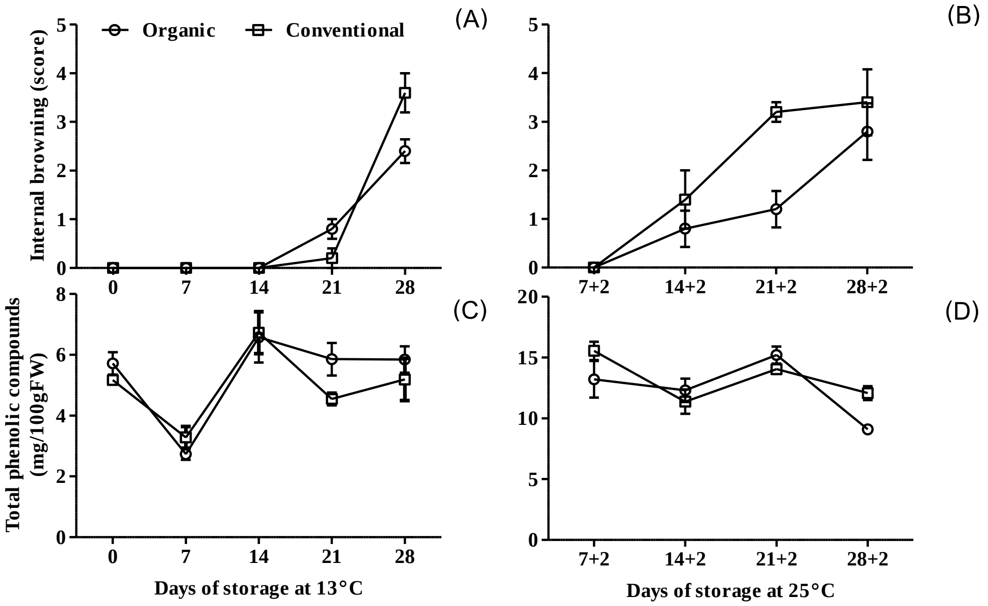


Figure 1 Internal browning (A and B) and total phenolic compounds (C and D) of organic and conventional 'Pattavia' pineapple fruit during storage at 13ºC or after transferred to 25ºC. Bars represent standard errors.

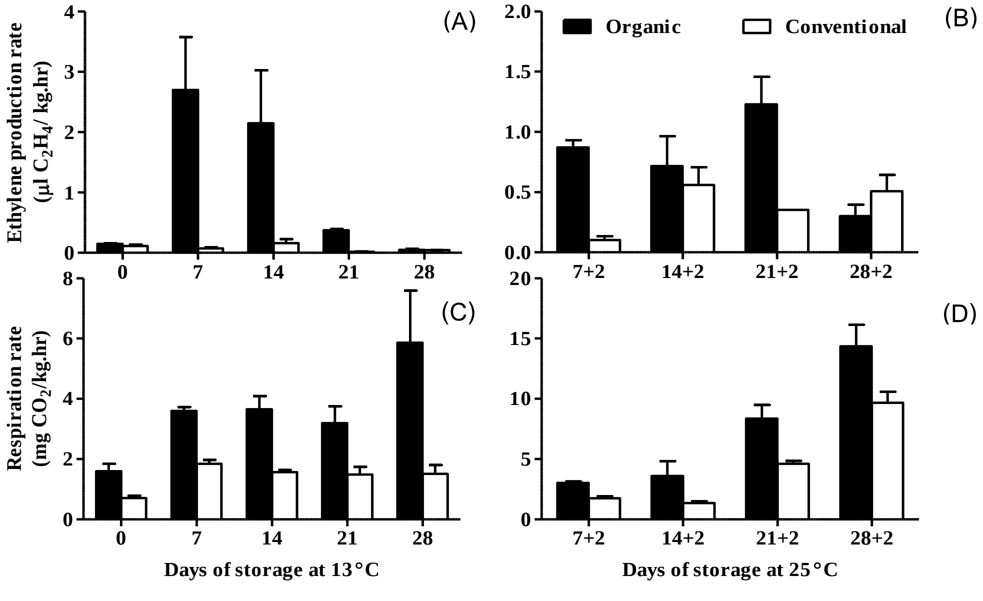


Figure 2 Ethylene production (A and B) and respiration rate (C and D) of organic and conventional 'Pattavia' pineapple fruit during storage at 13ºC or after transferred to 25ºC. Bars represent standard errors.

(A) (B)

(C) (D)

(E) (F)

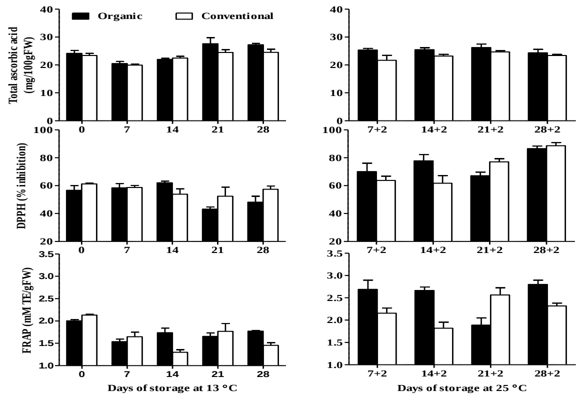


Figure 3 Total ascorbic acid (A and B), antioxidant activity by DPPH (C and D) and FRAP (E and F) assay of organic and conventional 'Pattavia' pineapple fruit during storage at 13°C or after transferred to 25°C. Bars represent standard errors.

สรุปผล

สับปะรดอินทรีย์เกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าสับปะรดปลูกแบบเคมี และมีปริมาณวิตามินซี กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH และ FRAP มากกว่าสับประรดปลูกแบบเคมี ในขณะที่สับปะรดปลูกแบบเคมีมีอัตราการผลิตเอทิลีนและ อัตราการหายใจน้อยกว่า แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าสับปะรดอินทรีย์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน (ว.1) ประจำปี 2558

เอกสารอ้างอิง

สายชล เกตุษา, 2528, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ, สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน,นครปฐม, 365 หน้า.

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

Ceglie, F.G., Amodio, M.L., and Colelli, G., 2016, Effect of organic production systems on quality and postharvest performance of horticultural produce, Horticulturae, 2:1-7.

Gemma, H., Yuri, M., and Hong-Kong, W., 1994, Ripening characteristics and chilling injury of babana Fruit, Journal of Tropical Agriculture, 38:216-220.

Lin, Y.L., Lin, H., Lin, Y., Zhang, S., Chen, Y., and Jiang, X., 2016, The roles of metabolism of membrane lipids and phenolics in hydrogen peroxide-induced pericarp browning of harvested longan fruit, Postharvest Biology and Technology, 111:53-61.

Roe, J.H., Mills, M.B., Oesterling, M.J., and Damron, C.M., 1948, The determination of diketo-L-gulonic acid, dehydro- L-ascorbic acid, and L-ascorbic acid in the same tissue extract by the 2,4-dinitrophyenylhydrazine method, Journal of Biological Chemistry, 174:201-208.

Singleton V.L., and Rossi J.A, 1965, Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology and Viticulture, 16:144-158.

Stracke, B.A., Rüfer, C.E., Weibel, F.P., Bub, A., and Watzl, B., 2009, Three-year comparison of the polyphenol contents and antioxidant capacities in organically and conventionally produced apples (*Malus domestica* Bork. Cultivar 'Golden Delicious'), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(11):4598-605.

ผลของวัสดุปลูกและการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ

Effect of Growing Medium and Watering Frequency on Growth of *Holcoglossum kimballianum* (Rchb.f.) Garay

วิทยา ทีโสดา[1] ชิต อินปรา[1] วิชญ์ภาส สังพาลี[2] และ ประนอม ยังคำมั่น[1]

Teesoda, W.[1], Inpar, C.[1], Sungpalee, W.[2] and Yangkhamman, P.[1]

Abstract

The *Holcoglossum kimballianum* (Rchb.f.) Garay was found abundance in the Ancient hill evergreen forest area of Royal Agricultural Station Angkhang. However, in presently only a few *H. kimballianum* were found because of shifting cultivation. An experiment of *H. kimballianum* was conducted at Royal Agricultural Station Angkhang from January-December, 2015. Seedlings were pot grown using 5 growing medium (sphagnum-moss, coconut-husk, charcoal, pine-bark and without media) with 3 levels of watering frequencies (every day, two-days and three-days). It was found that seedlings grown with pine-bark gave the highest leaf average (number, length, width) and stem diameter was greater than seedling grown without media. The best growth was obtained when watering was given every day or two-days. Seedlings grown with pine-bark and watering every day and two-days gave greater average leaves (number, length, width) and stem diameters than seedling grown without-media.

Keywords: *Holcoglossum kimballianum*, growing medium, watering frequencies

บทคัดย่อ

เอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ [*Holcoglossum kimballianum* (Rchb.f.) Garay] พบมากบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขางเมื่อครั้งยังเป็นป่าดิบเขาที่สมบูรณ์ ปัจจุบันพบกล้วยไม้ชนิดนี้น้อยมากเนื่องจากการทำไร่เลื่อนลอย การทดลองนี้ศึกษาวัสดุปลูก 5 ชนิด (สแฟกนัมมอส กาบมะพร้าว ถ่าน เปลือกสน และไม่ใส่วัสดุปลูก) ร่วมกับความถี่ของการให้น้ำ 3 ระดับ (วันละครั้ง 2 วันครั้ง และ 3 วันครั้ง) ต่อการเจริญของต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแล้วปลูกลงกระถาง ทดลองที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2558 พบว่าต้นกล้าที่ปลูกด้วยเปลือกสนมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุดและมากกว่าไม่ใส่วัสดุปลูกอย่างมีนัยสำคัญ การให้น้ำวันละครั้ง และ 2 วันครั้ง ให้ค่าเฉลี่ยการเติบโตดีที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ และต้นกล้าที่ปลูกด้วยเปลือกสนร่วมกับให้น้ำวันละครั้งและ 2 วันครั้งมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าไม่ใส่วัสดุปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: เอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ วัสดุปลูก ความถี่ของการให้น้ำ

คำนำ

Holcoglossum เป็นกล้วยไม้อิงอาศัย (epiphytic orchid) พบทั้งสิ้น 12 ชนิด กระจายพันธุ์จาก มาเลเซีย เมียนมาร์ ไทย และเวียดนามไปจนถึงตะวันตกเฉียงใต้ของจีน และ 8 ชนิดในจำนวนนี้เป็นพืชอาศัยเฉพาะถิ่น (endemic species) ได้แก่ ไต้หวัน *(H. quasipinifolium)* เวียดนาม *(H. lingulatum* และ *H. wangii)* และจีน *(H. omeiense H. flavescens H. weixiense H.sinicum* และ *H. nujiangense)* (Jin และ Wood, 2009) สำหรับ *Holcoglossum kimballianum* (Rchb.f.) Garay หรือเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำเป็นกล้วยไม้ที่มีความสวยงาม และหายาก เกาะอาศัยบนต้นไม้ หรือก้อนหินในป่าที่ความสูง 1,000-1,700 เมตร จากระดับน้ำทะเล กระจายพันธุ์ในไทย ลาว เมียนมาร์ และตะวันตกเฉียงเหนือของเวียดนาม (Jin และ Wood, 2009) แหล่งที่พบในประเทศไทยเป็นป่าดิบตามภูเขา สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 1,000 เมตร (จักรพันธ์ และกันย์, 2551) แต่ข้อมูลจากการสำรวจกล้วยไม้ป่าในแต่ละแหล่งอาศัยยังมีน้อย (สันติ, 2556) จากการศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ในกลุ่มรากอากาศ พบว่ากล้วยไม้เอื้องคำเติบโต

[1] **สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่** 50290

[1] Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand

[2] **คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่** 50290

[2] Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand

ได้ดีในถ่านเป็นวัสดุปลูก เอื้องมะลิเติบโตได้ดีที่สุดในวัสดุปลูกหินภูเขาไฟ เอื้องผึ้งเติบโตดีที่สุดในวัสดุปลูกกาบมะพร้าว เอื้องคำกิ่วเติบโตได้ดีในวัสดุปลูกมอส และเอื้องเพชรหึงเติบโตได้ดีที่สุดในวัสดุปลูกอิฐทุบ แสดงให้เห็นว่ากล้วยไม้แต่ละชนิดต้องการวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน (สมบูรณ์ และแสงเดือน, 2555) การให้น้ำกล้วยไม้ ควรให้น้ำแต่พอดีไม่มากหรือน้อยเกินไป โดยเฉพาะกล้วยไม้ที่ใช้วัสดุที่อุ้มน้ำได้ดี เช่น สแฟกนัมมอสและกาบมะพร้าว เพราะกล้วยไม้อาจฉ่ำน้ำ ทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย (สิทธิ์, 2513) จะเห็นได้ว่าวัสดุปลูก และการให้น้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ ดังนั้น การศึกษาวัสดุปลูกและการให้น้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโต เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานหาแนวทางในการเพิ่มจำนวนประชากรและเก็บรักษาพันธุกรรมนอกแหล่งอาศัย ตลอดจนเป็นแนวทางในการป้องกันการลักลอบนำกล้วยไม้ออกจากป่า ซึ่งสามารถรักษากล้วยไม้และป่าเอาไว้ได้อีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตำบลแม่งอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้สภาพโรงเรือนพลาสติก วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in Completely Randomized Design) ศึกษา 2 ปัจจัย คือ วัสดุปลูก 5 ชนิด (ไม่ใส่วัสดุปลูก ถ่าน เปลือกสน กาบมะพร้าว และสแฟกนัมมอส) และความถี่ของการให้น้ำ 3 ระดับ (วันละครั้ง 2 วันครั้ง และ 3 วันครั้ง) ให้น้ำตอนเช้าเวลา 08.00 น. โดยการพ่นให้เป็นฝอยละเอียดด้วยหัวสปริงค์เกอร์แบบพ่นหมอก จำนวน 15 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมีจำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น ใช้ต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ด นำออกจากขวดและผึ่งไว้ภายใต้สภาพโรงเรือนพลาสติก 3 สัปดาห์ แล้วปลูกลงในวัสดุชนิดต่างๆในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.25 นิ้ว บันทึกการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม 2558 รวมระยะเวลาในการศึกษา 1 ปี

ผลการทดลอง

การศึกษาผลของวัสดุปลูกและการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ พบว่า ต้นกล้าที่ปลูกด้วยเปลือกสนมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบ (3.59 ใบ) ความกว้างใบ (0.37 ซม.) และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (0.33 ซม.) มากกว่าต้นกล้าที่ปลูกด้วยวัสดุชนิดอื่นและไม่ใส่วัสดุปลูก อย่างมีนัยสำคัญ (Table 1 3 and 4) ส่วนความถี่ของการให้น้ำ พบว่า การให้น้ำวันละครั้ง และ 2 วันครั้ง ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนใบ 3.44 และ 3.29 ซม. ตามลำดับ (Table 1) ความกว้างใบ 0.33 และ 0.32 ซม. ตามลำดับ (Table 3) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 0.29 และ 0.29 ซม. ตามลำดับ (Table 4) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และความถี่ในการให้น้ำร่วมกับวัสดุปลูกชนิดต่างๆ พบว่าการใช้เปลือกสนเป็นวัสดุปลูกร่วมกับการให้น้ำวันละครั้ง และ 2 วันครั้ง ให้ค่าเฉลี่ยของการเติบโตด้านความกว้างใบมากที่สุด (0.38 และ 0.38 ซม. ตามลำดับ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด (0.33 และ 0.33 ซม.)แต่ถ้าให้น้ำ 3 วันครั้ง จะมีจำนวนใบมากที่สุด (4.00 ใบ) ส่วนความยาวใบ จะยาวที่สุดหากใช้กาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกร่วมกับการให้น้ำ 3 วันครั้ง (Table 5)

Table 1 Potting media and watering frequency on leaf number of *H. kimballianum* plantlets.

watering frequency	leaf number[1]					
	sphagnum moss	coconut husk	charcoal	pine bark	media free	average[2]
one time a day	3.89a	3.89a	3.22b	3.44b	2.78a	**3.44a**
2-day time	3.00b	3.56a	3.78a	3.33b	2.78a	**3.29ab**
3-day time	2.78b	2.78b	3.33ab	4.00a	2.33a	**3.04b**
average[2]	**3.22a**	**3.41a**	**3.44a**	**3.59a**	**2.63b**	

[1]Means followed by different letters were significantly different at P<0.05 by DMRT.

[2]Means followed by different letters of the same column or row were significantly different at P<0.05 by DMRT.

Table 2 Potting media and watering frequency on leaf length of *H. kimballianum* plantlets

watering frequency	leaf length (cm)[1]					
	sphagnum moss	coconut husk	charcoal	pine bark	media free	average[2]
one time a day	5.06a	5.42b	6.16a	6.40a	4.29a	**5.47a**
2-day time	4.87a	6.41a	5.32ab	6.27a	4.54a	**5.48a**
3-day time	4.88a	7.11a	4.38b	5.76a	3.92a	**5.21a**
average[2]	**4.93b**	**6.31a**	**5.29b**	**6.14a**	**4.25c**	

[1]Means followed by different letters were significantly different at P<0.05 by DMRT.

[2]Means followed by different letters of the same column or row were significantly different at P<0.05 by DMRT.

Table 3 Potting media and watering frequency on leaf width of *H. kimballianum* plantlets

watering frequency	leaf width (cm)[1]					
	sphagnum moss	coconut husk	charcoal	pine bark	media free	average[2]
one time a day	0.33a	0.33a	0.34a	0.38a	0.27a	**0.33a**
2-day time	0.32a	0.33a	0.31b	0.38a	0.27a	**0.32a**
3-day time	0.31a	0.25b	0.33a	0.37a	0.23a	**0.30b**
average[2]	**0.32b**	**0.31b**	**0.32b**	**0.37a**	**0.26c**	

[1]Means followed by different letters were significantly different at $P<0.05$ by DMRT.

[2]Means followed by different letters of the same column or row were significantly different at $P<0.05$ by DMRT.

Table 4 Potting media and watering frequency on stem diameter of *H. kimballianum* plantlets

watering frequency	stem diameter (cm)[1]					
	sphagnum moss	coconut husk	charcoal	pine bark	media free	average[2]
one time a day	0.29a	0.31a	0.31a	0.33a	0.23a	**0.29a**
2-day time	0.27a	0.32a	0.30a	0.33a	0.23a	**0.29a**
3-day time	0.28a	0.23b	0.32a	0.32a	0.20a	**0.27b**
average[2]	**0.28c**	**0.29bc**	**0.31ab**	**0.32a**	**0.22d**	

[1]Means followed by different letters were significantly different at $P<0.05$ by DMRT.

[2]Means followed by different letters of the same column or row were significantly different at $P<0.05$ by DMRT.

Table 5 Plantlet growths of *H. kimballianum* comparison in various watering frequency treatments

treatment	plantlet growths of *H. kimballianum*			
	leaf number[1]	leaf length (cm)[1]	leaf width (cm)[1]	stem diameter (cm)[1]
sphagnum moss/one time a day	3.89ab	5.06cde	0.32bc	0.29abc
sphagnum moss/2-day time	3.00cde	4.87cdef	0.32bc	0.27cd
sphagnum moss/3-day time	2.78de	4.88cdef	0.31cd	0.28bc
coconut husk/one time a day	3.89ab	5.42bcd	0.33abc	0.31abc
coconut husk/2-day time	3.56abc	6.41ab	0.32bc	0.31abc
coconut husk/3-day time	2.78de	7.11a	0.25e	0.23de
charcoal/one time a day	3.22bcd	6.16ab	0.33abc	0.31abc
charcoal/2-day time	3.78ab	5.32bcde	0.30cd	0.30abc
charcoal/3-day time	3.33abcb	4.38def	0.32bc	0.32ab
pine bark/one time a day	3.44abcd	6.40ab	0.38a	0.33a
pine bark/2-day time	3.33abcd	6.27ab	0.38a	0.33a
pine bark/3-day time	4.00a	5.76bc	0.36ab	0.31abc
media free/one time a day	2.78de	4.29ef	0.27de	0.23de
media free/2-day time	2.78de	4.54def	0.27de	0.23de
media free/3-day time	2.33e	3.92f	0.22e	0.20e

[1]Means followed by different letters of the same column were significantly different at $P<0.05$ by DMRT.

วิจารณ์ผล

การศึกษา ผลของวัสดุปลูกต่อการเติบโตของต้นกล้าเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ พบว่า ต้นกล้าที่ปลูกด้วยเปลือกสนมีค่าเฉลี่ยของจำนวนใบ ความยาวใบ และขนาดสันผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด เมื่อเทียบกับการปลูกด้วยวัสดุชนิดอื่นและไม่ใส่วัสดุปลูก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเปลือกสนเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ จึงมีลักษณะใกล้เคียงกับธรรมชาติ มีขนาดใหญ่และมีช่องว่างจำนวนมาก ทำให้สามารถถ่ายเทอากาศ ระบายน้ำได้ดี ทั้งนี้เปลือกไม้อุ้มน้ำได้น้อยแต่สามารถระบายอากาศได้ดี ทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตได้ดี สอดคล้องกับรายงานของ สมยศ (2553) ได้ศึกษารูปแบบการปลูกเลี้ยงเอื้องแซะหอมในชุมชนท้องถิ่นจังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่าปลูกเอื้องแซะหอมด้วยเปลือกสน และตุ้มกาบมะพร้าวทำให้มีจำนวนลำลูกกล้วยและจำนวนใบต่อต้นมาก และมีอัตราการตายน้อยกว่าการไม่ใส่วัสดุหรือปลูกติดท่อนไม้ ส่วนการให้น้ำวันละครั้ง และ 2 วันครั้ง ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนใบ ความกว้างใบ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการให้น้ำวันละครั้งแก่ต้นเอื้องแซะหอมในระยะเจริญพันธุ์ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนลำลูกกล้วยมากกว่าต้นเอื้องแซะหอมที่รดน้ำ 2 และ 3 วันต่อครั้ง อย่างมีนัยสำคัญ (ชิต, 2552) และปวริศ (2555) ได้รายงานการให้น้ำวันละครั้ง มีความยาวลำลูกกล้วยและความกว้างใบของเอื้องนางลม มากกว่าการให้น้ำ 3 วันต่อครั้ง สำหรับผลของวัสดุปลูกร่วมกับการให้น้ำ พบว่าต้นกล้า

ที่ปลูกด้วยเปลือกสนร่วมกับให้น้ำวันละครั้ง และ 2 วันต่อครั้ง มีค่าเฉลี่ยการเติบโตที่ดีกว่าต้นที่ไม่ใส่วัสดุปลูกร่วมกับการให้น้ำทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญ และในวัสดุปลูกชนิดอื่นก็มีแนวโน้มในทางเดียวกัน แสดงว่าต้นกล้าของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำต้องการความชื้นในการเติบโตจากวัสดุปลูกมากกว่าการไม่ใส่วัสดุปลูก ดังเช่น Baker และ Baker (1996) กล่าวว่าต้นกล้ากล้วยไม้ที่ปลูกลงกระถางขนาดเล็กวัสดุจะแห้งเร็ว จึงต้องให้น้ำบ่อยครั้งและการดูแลต้นกล้าต้องไม่ปล่อยให้วัสดุปลูกแห้ง และชิต (2552) ได้ศึกษากับต้นกล้าเอื้องแซะหอม พบว่าการให้น้ำ 2 ครั้งต่อวัน ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำลูกกล้วยของต้นเอื้องแซะหอมมากกว่าการให้น้ำ 1 ครั้งต่อวันและ 1 ครั้งต่อ 2 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่าต้นเอื้องแซะหอมต้องการความชื้นในเครื่องปลูกอย่างสม่ำเสมอ จึงมีการสะสมอาหารได้ดีกว่าต้นที่ปลูกในวัสดุที่มีความชื้นน้อยกว่า

สรุปผล

ต้นกล้าของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำที่ปลูกด้วยเปลือกสนให้ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนใบ ความยาวใบ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นดีที่สุด เมื่อเทียบกับการปลูกด้วยวัสดุชนิดอื่นและไม่ใส่วัสดุปลูก ส่วนการให้น้ำวันละครั้ง และ 2 วันครั้ง มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบ ความกว้างใบ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด และผลของวัสดุปลูกทุกชนิดร่วมกับการให้น้ำทุกระดับ มีค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโต (จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น) มากกว่าการไม่ใส่วัสดุปลูกเลยร่วมกับการให้น้ำในทุกระดับของความถี่

เอกสารอ้างอิง

จักพันธุ์ สกุลมีฤทธิ์ และกันย์ จำนงภักดี, 2551, คู่มือศึกษากล้วยไม้ป่า เล่ม 1, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ, 220 หน้า.

ชิต อินปรา, 2552, ผลของวัสดุปลูก ปุ๋ย และความถี่ของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและออกดอกของเอื้องแซะหอม, วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, 26(3): 1-11.

ปวริศ พึ่งบ้านเกาะ, 2555, ผลของวัสดุปลูก ความถี่ของการให้น้ำ การพรางแสง และความสูงเหนือระดับน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตและออกดอกของเอื้องนางลม เอื้องน้ำครั่งสายสั้น และเอื้องข้าวดอกปากแหลม, เชียงใหม่: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 156 หน้า.

สมบูรณ์ ระดม และแสงเดือน อินชนบท, 2555, การศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้สมุนไพรบางชนิด, รายงานผลการวิจัยประจำปี 2555, สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 69 หน้า.

สมยศ มีสุข, 2553, ศึกษารูปแบบการปลูกเลี้ยงเอื้องแซะหอมในชุมชนท้องถิ่นจังหวัดแม่ฮ่องสอน (โครงการวิจัยปีที่ 3), รายงานผลการวิจัยประจำปี 2553, ฝ่ายพัฒนาเกษตรที่สูง สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 80 หน้า.

สันติ วัฒฐานะ, 2556, นิเวศวิทยาเพื่อการฟื้นฟูประชากรกล้วยไม้อิงอาศัยในถิ่นอาศัยธรรมชาติ, รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, หน้า 304-311.

สิทธิ์ ดนัยพิริยะ, 2513. สรุปคำบรรยายการอบรมวิชาหลักการเพาะปลูกกล้วยไม้ของสมาคมกล้วยไม้แห่งประเทศไทย, โรงพิมพ์ประยูรวงศ์, กรุงเทพ, 512 หน้า.

Baker, M. L. and C. O. Baker. 1996. Orchid species culture : *Dendrobium*. Oregon: Portland Timber Press. 852 p.

Jin XH, Wood JJ. 2009. *Holcoglossum*. In: *Flola of Chaina*, Vol. 25. (eds Wu ZY & Raven PH), pp. 499-502. Science Press, Beijing, Missouri Botanical Garden, St. Louis.

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 349-352 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 349-352 (2559)

การใช้ Forchlorfenuron และ Gibberellic Acid เพื่อเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่

Spraying of Forchlorfenuron and Gibberellic Acid Increase 'Khai' Banana Fruit Size

ภาสันต์ ศารทูลทัต[1] ธนัญญา หมาดหมัน[1] ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต[2] ศุภธิดา อับดุลลากาซิม[1] และ ธีร์ หะวานนท์[1]

Saradhuldhat, P.[1], Madhman, T.[1], Kaewsuralikhit, S.[2], Abdullakasim, S.[1] and Havananda, T.[1]

Abstract

Fruit size is a key attribute for grading banana fruit. Fruit size can be enlarged with cytokinins or gibberellic acids in several crops. To determine the effect of forchlorfenuron (CPPU) and gibberellic acid (GA_3) on fruit size 'Khai' banana, the solutions of CPPU at 25 100 mg/L, GA_3 at 50 200 mg/L or water (control) were sprayed on the inflorescences at 14 days after emerged. Fruit treated with CPPU at 25, 100 mg/L and GA_3 50 mg/L were larger in size; 14.0-14.3 cm long (22-25% increased from the control), 3.6-3.8 cm wide (13-17% increased) and 87.4-96.4 g fruit weight (43-58% increased). The hand and bunch weights were 1.64-1.87 and 6.67-7.59 kg, respectively, and significantly higher than the control fruit. TSS of CPPU treated-fruit was 18.6-15.0º Brix that was lower than the control fruit (27.3 ºBrix). The data indicated that spraying of CPPU (25, 100 mg/L) or GA_3 (50 mg/L) can enlarge fruit size in 'Khai' banana.

Keywords: CPPU, GA_3, fruit enlargement

บทคัดย่อ

ขนาดผลเป็นเกณฑ์สำคัญในการแบ่งเกรดกล้วยไข่ ซึ่งในผลไม้หลายชนิดมีขนาดผลเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารไซโตไคนินหรือจิบเบอเรลลิน เพื่อให้ทราบผลของ Forchlorfenuron (CPPU) และ Gibberellic acid (GA_3) ต่อการเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่จึงได้ทำการวิจัยโดยพ่น CPPU เข้มข้น 25, 100 mg/L และ GA_3เข้มข้น 50, 200 mg/L ให้กับผลกล้วยไข่ที่ระยะ 14 วันหลังแทงปลี (ปลีเปิดสุดเครือ) โดยเทียบกับน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) พบว่ากล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU 25, 100 mg/L และ GA_3 50 mg/L มีขนาดผลเพิ่มขึ้นโดยมีความยาวผล 14.0-14.3 เซนติเมตร (เพิ่มขึ้น 22-25% จากชุดควบคุม) เส้นผ่าศูนย์กลางผล 3.6-3.8 เซนติเมตร (เพิ่มขึ้น13-17%) น้ำหนักผล 87.4-96.4 กรัม (เพิ่มขึ้น 43-58% จากชุดควบคุม) และมีน้ำหนักหวี (1.64-1.87 กิโลกรัม) และน้ำหนักเครือ (6.67-7.59 กิโลกรัม) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้กล้วยไข่ฉีดพ่นด้วย CPPU มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) 18.6-15.0 ºBrix ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุม (27.3 ºBrix) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า CPPU ความเข้มข้น 25, 100 mg/L และ GA_3 50 mg/L สามารถเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่ได้อย่างดี

คำสำคัญ: CPPU GA_3 การพัฒนาผล การเพิ่มขนาด

คำนำ

กล้วยไข่ (Musa 'Kluai Khai') (AA group) จัดเป็นไม้ผลที่มีศักยภาพทางการตลาดสูงทั้งในและต่างประเทศ โดยมีตลาดรับซื้อที่สำคัญ คือ จีน ญี่ปุ่น มีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัด จันทบุรี เพชรบุรี กำแพงเพชร ตาก และนครสวรรค์ (มนตรี, 2557) การกำหนดราคาซื้อขายกล้วยไข่ขึ้นกับ ขนาดผล (เบญจมาส, 2549) โดยกล้วยไข่ที่มีผลหรือหวีขนาดใหญ่ตามมาตรฐานมีราคาขายสูงกว่าผลขนาดเล็ก (รักบ้านเกิด, 2559) แต่ในปัจจุบันพบว่ามีผลผลิตมากถึง 40% เป็นผลขนาดเล็กกว่ามาตรฐานจึงเป็นผลผลิตตกเกรด (แนวหน้า, 2558) หากสามารถทำให้ผลกล้วยมีขนาดเพิ่มขึ้นได้ก็จะเป็นการช่วยเพิ่มสัดส่วนผลผลิตที่ได้มาตรฐานและลดจำนวนผลผลิตตกเกรดลง การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่อาจสามารถเพิ่มขนาดผลได้ (มนตรี, 2557) โดยมีรายงานว่าสารควบคุมพืชหลายชนิดช่วยเพิ่มขนาดและคุณภาพผลได้ โดยช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ (พีรเดช, 2529)

ปัจจุบันมีรายงานวิจัยการใช้ Forchlorfenuron (CPPU) และ Gibberellic acid (GA_3) เพื่อเพิ่มขนาดผลในผลไม้หลายชนิด เช่น กีวี่ฟรุ๊ตที่ได้รับ CPPU เข้มข้น 5-10 ppm ระยะ 10 วันหลังดอกร่วง มีผลขนาดใหญ่ขึ้น (Kim และคณะ,

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Tropical Fruit Research and Development Center, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, Nakon Pathom 73140

[2] กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ 10900

[2] Soil Science Research Group, Department of Agriculture, Bangkhen, Bangkok 10900

2006), บลูเบอร์รี่ที่ได้รับ CPPU เข้มข้น 10 mg/L ที่ระยะดอกบาน สามารถเพิ่มเส้นผ่าศูนย์กลางของผลได้ (Merino และคณะ, 2002) และการพ่น GA_3 เข้มข้น 10-40 ppm ระยะ 3 วันหลังดอกบาน ทำให้ผลชมพู่กว้างและยาวมากขึ้น มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ (พรชัย, 2541) สำหรับการผลิตพลับ 'Coststs' การพ่น GA_3 10 ppm ร่วมกับ CPPU 5 ppm ในช่วงที่พลับติดผลช่วยทำให้มีผลผลิตสูง (Fathi, 2011) จะเห็นว่าผลไม้หลายชนิดมีการตอบสนองต่อ CPPU และ GA_3 ได้ดี โดยสามารถเพิ่มขนาดของผลได้อย่างชัดเจนเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม

สำหรับกล้วยไข่มีขนาดหวีและผลในเครือแตกต่างกัน ผลในหวีที่อยู่ปลายมักมีขนาดเล็กกว่าหวีด้านโคนเครือ และมักเป็นหวีที่ตกเกรด การใช้สารไซโตไคนินและจิบเบอเรลลินจึงอาจช่วยเพิ่มขนาดและทำให้ผลกล้วยไข่ทั้งเครือให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ช่วยลดหวีขนาดเล็กลงได้ จึงได้ทำการวิจัยเพื่อให้ทราบผลของ CPPU และ GA_3 ต่อการเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่ และหาความเข้มข้นอย่างคร่าว ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตกล้วยไข่ให้มีคุณภาพสูงต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่สวนกล้วยไข่การค้า อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี (13.1241 N, 99.6955 E) โดยคัดเลือกต้นปลูกกล้วยไข่ที่กำลังแทงปลีสม่ำเสมอ พ่นเครือกล้วยเมื่อกาบปลีเปิดสุดเครือด้วย CPPU เข้มข้น 25, 100 mg/L และ GA_3 50, 200 mg/L ร่วมกับสารจับใบ ครั้งเดียว โดยมีชุดควบคุมเป็นน้ำเปล่าร่วมกับสารจับใบ ตัดปลีออกหลังกาบปลีหวีสุดท้ายเปิดโดยให้มี 5 หวีต่อเครือ ดูแลรดน้ำตามวิธีการที่เกษตรกรปฏิบัติ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลองจำนวน 7 ซ้ำ (ต้น) เมื่อถึงระยะ 50-55 วันหลังแทงปลี และลักษณะเหลี่ยมผลลดลง เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งเครือมายังห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช เก็บข้อมูลขนาดและคุณภาพ ได้แก่ น้ำหนักเครือ (ตัดเหลือก้านเครือ 20 เซนติเมตร) น้ำหนักหวี จำนวนผล วัดขนาดผลจากหวีที่ 2 โดยสุ่มผลกล้วยไข่บริเวณกลางหวีทั้งบนและล่างจำนวน 4 ผล เก็บข้อมูลน้ำหนักผล ความยาวก้านผล ความยาวผล (วัดส่วนโค้งนอกวัดจากฐานขั้วผลถึงปลายผล) เส้นผ่าศูนย์กลางผล (วัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของผล) ความหนาเปลือก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ตามวิธีการของ ปทุมมาลย์ (2558)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU 25, 100 และ GA_3 50 mg/L มีขนาดผลเพิ่มขึ้นโดยมีความยาวผล 14.0-14.3 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางผล 3.6-3.8 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าผลในชุดควบคุม (Table 2, Figure 1) ขนาดผลที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลกล้วยไข่มีน้ำหนัก 87.4-96.4 กรัม (เพิ่มขึ้น 43-58% จากชุดควบคุม) และมีน้ำหนักหวี 1.64-1.87 กิโลกรัม รวมไปถึงมีน้ำหนักเครือ 6.67-7.59 กิโลกรัม มากกว่าผลในชุดควบคุมอย่างเด่นชัด (Table 1) และมีความหนาเปลือกเพิ่มขึ้น แต่ผลกล้วยไข่ที่ได้รับ GA_3 200 mg/L มีขนาดผล เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทำให้น้ำหนักผล, หวีและเครือไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และมีความหนาเปลือกน้อยที่สุด (Table 1, 2) ส่วนความยาวก้านผลและจำนวนผลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าสาร CPPU และ GA_3 สามารถิเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่และทำให้มีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นได้ แต่ไม่มีผลจำนวนผลและความยาวก้านผล คุณภาพของผลกล้วยไข่ที่ได้รับสาร CPPU พบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) 15.0-18.6 ^{o}Brix ซึ่งน้อยกว่าผลที่ได้รับ GA_3 และชุดควบคุม แต่มีความแน่นเนื้อมากกว่าผลที่ได้รับ GA_3 และชุดควบคุมอย่างชัดเจน (Table 2)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า CPPU ทำให้ผลกล้วยไข่มีขนาดเพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจน แต่มีผลทำให้ได้ TSS ต่ำลงเล็กน้อย ในขณะที่ GA_3 สามารถช่วยเพิ่มขนาดผลได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพภายในผล ทั้งนี้เนื่องมาจากสารในกลุ่มไซโตไคนิน (CPPU) และ จิบเบอเรลลิน (GA_3) มีคุณสมบัติกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การยืด และขยายขนาดเซลล์ (Khot และคณะ, 2015; Moore, 1989) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขนาดของผล (จินดา, 2524) เมื่อมีการให้สารในระยะที่เหมาะสมจึงช่วยเพิ่มขนาดผลได้มากกว่าปกติ (พีรเดช, 2529) โดยความเข้มข้นที่มีกล้วยไข่ตอบสนองได้ดีอยู่ในช่วง 25- 100 mg/L สำหรับ CPPU และ GA_3 50 mg/L สอดคล้องกับที่มีรายงานในผลไม้อื่นๆ เช่น CPPU เข้มข้น 100-200 ppm ช่วยให้แตงโมมีขนาดผลใหญ่และผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Maroto และคณะ, 2005) การพ่น CPPU ระยะดอกกีวีบานช่วยเพิ่มผลิตได้ดี (Cruz-Castilloa และคณะ, 2002) ส่วนองุ่นที่ได้รับ GA_3 เข้มข้น 25 และ 50 ppm มีผลขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม (รัฐพล และคณะ, 2553)

อย่างไรก็ตาม CPPU ยังมีคุณสมบัติช่วยชะลอการสุกแก่ในผลไม้ จึงอาจไปลดกระบวนการสุกทำให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลได้ช้าลง ส่งผลทำให้มี TSS ในผลต่ำกว่าผลในชุดควบคุมหรือที่ได้รับ GA_3 ที่เกิดการสุกปรกติ ผลกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU จึงอาจเกิดกระบวนการพัฒนาและสุกช้ากว่าปรกติ เช่นเดียวกับในองุ่นที่ได้รับ CPPU 10, 20 ppm พบปริมาณ TSS ลดลง (Cecilia-peppi and Fidelibus, 2008.) และในลิ้นจี่ที่ได้รับ CPPU พบว่า มีอายุการเก็บ

เกี่ยวช้ากว่าชุดควบคุม 2-3 สัปดาห์ (Raphael stem และคณะ, 2006) จากการวิจัยนี้จึงเห็นได้ว่าการพ่น CPPU และ GA_3 ให้กับผลกล้วยไข่สามารถช่วยเพิ่มขนาดและน้ำหนักผลผลิตได้จึงอาจช่วยเพิ่มสัดส่วนผลผลิตที่ได้มาตรฐานมากยิ่งขึ้นได้

สรุปผล

การฉีดพ่น CPPU ความเข้มข้น 25, 100 mg/L และ GA_3 50 mg/L ที่เครือกล้วยไข่ระยะกาบปลีเปิดสุดเครือ สามารถเพิ่มขนาดและผลผลิตกล้วยไข่ได้อย่างดี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ นายลออ สดใส ที่สนับสนุนทุนวิจัยและเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จินดา ศรศรีวิชัย, 2524, สรีรวิทยาพืช ภาค การเจริญเติบโตและการควบคุม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

แนวหน้า, 2558, เทคนิคการผลิตกล้วยไข่คุณภาพเพื่อการส่งออก [สืบค้น], http://www.naewna.com/local/151656 [20/ June/ 16]

เบญจมาส รัตนชินกร, 2549, การคัดคุณภาพผลไม้เมืองร้อนเพื่อการส่งออก. [สืบค้น], http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2011/2011-004-0142/index.html#/1/zoomed [11/ August/ 16]

ปทุมมาลย์ นาคสมพันธ์. 2558. ผลของการพ่น GA_3 และ NAA ต่อขนาดผลกล้วยเล็บมือนาง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

พรชัย ประเวศทองโสภณ. 2541. ผลของ GA_3, GA_{4+7} และ GA_{4+7}+BA ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของชมพู่พันธุ์ทูลเกล้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ, 2529, ฮอร์โมนและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1, หจก, ไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

มนตรี แสนสุข, 2557, กล้วยไข่ส่งออก. พิมพ์ครั้งที่ 1. นานาสำนักพิมพ์, กรุงเทพฯ.

รักบ้านเกิด, 2559, ราคาสินค้าเกษตร [สืบค้น], http://www.rakbankerd.com/price.php?ic= [20/ June/ 16]

รัฐพล ฉัตรบรรยงค์, สุรศักดิ์ นิลนนท์ และ วาสินี ศิริโภค, 2553, การตอบสนองของผลองุ่นพันธุ์ Marroo Seedless ต่อการฉีดพ่น GA_3, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1): 421-424.

Cecilia-peppi, M., and Fidelibus, A., 2008, Effect of forchlorfenuron and abscisic acid on the quality of ‘Flameseedless’ grapes. HortScience 43: 173-176.

Cruz-Castillo, J.G., Woolley, D.J., and Lawes, G.S., 2002, Kiwifruit size and CPPU response are influenced by thetime of anthesis, Scientia Horticulturae, 95 : 23–30.

Fathi, M.A., Azza, I. M., and Abd El-Bary, A., 2011, Effect of Sitofex (CPPU) and GA_3 Spray on fruit set, fruit quality, yield and monetary value of ‘Costata’ Persimmon, Nature and Science, 9(8): 40-49.

Khot, A.P., Ramteke, S.D., and Deshmukh, M.B., 2015, Significance of foliar spraying with gibberellic acid (40%WSG) and CPPU (1% SP) on yield, quality, leaf photosynthesis and biochemical changes in grapes,National Academy of Agricultural Science (NAAS), 33(2): 221-227.

Kim J.G., Takmi, T., Mizuqmi, K.B., Fukuda T., and Katoka, I., 2006, CPPU application on size and quality of hardy kiwifruit, Scientia Horticulturae, 110 : 219 - 222.

Maroto J.V., Miguel, A., Lopez-Galarza, S., San Bautista, A., Pascual, B., Alagarda, J., and Guardiolaa, J. L., 2005, Parthenocarpic fruit set in triploid watermelon induced by CPPU and 2, 4-D applications, Plant GrowthRegulation, 45: 209-213.

Merino, R., Serri, H., and Holzapfel, J., 2002, Effect of GA_3 and CPPU on fruit of 'Tifblue' rabbiteye blueberry (Vaccinium ashei R.), Acta Horticulturae, 574: 239-243.

Moore, T.C., 1989, Biochemistry and physiology of plant hormones, Springer-Verlage, New York, 330 pp.

Raphael stem A., Ohad Nerya and Ruit Ben-Arie, 2006, The cytokinin CPPU delays maturity in litchi cv. ‘Mauritius’ and extends storage-life. Horticultural Science and Biotechnology 81(1): 158-162.

Table 1 Bunch weight, hand weight, fruit number and fruit weight of 'Khai' Banana.

Treatment	Bunch weight (kg)	Hand weight (kg)	Fruit number	Fruit weight (g)
CPPU, GA_3 0 mg/L	5.15 b	1.27 b	81	60.8 b
CPPU 25 mg/L	7.51 a	1.87 a	79	95.1 a
CPPU 100 mg/L	7.59 a	1.77 a	80	96.4 a
GA_3 50 mg/L	6.67 a	1.64 a	83	87.4 a
GA_3 200 mg/L	5.64 b	1.37 b	81	72.3 b
F-Test	*	*	ns	*
CV (%)	17.05	16.97	17.13	17.17

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

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

Table 2 Fruit stem length, fruit size, pulp firmness, peel thickness and total soluble solids (TSS) of 'Khai' Banana.

Treatment	Fruit stem length (cm)	Fruit size		Peel thickness (mm)	Pulp firmness (N)	Tss (°Brix)
		Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)			
CPPU, GA_3 0 mg/L	1.5	11.4 c	3.2 c	2.03 cb	7.71 ab	27.3 a
CPPU 25 mg/L	1.4	14.3 a	3.7 a	2.58 a	8.89 a	18.6 c
CPPU 100 mg/L	1.3	14.1 a	3.7 a	2.58 a	6.89 b	15.0 d
GA_3 50 mg/L	1.4	14.0 a	3.6 a	2.40 ab	6.49 b	24.4 b
GA_3 200 mg/L	1.4	12.8 b	3.4 b	1.97 c	6.91 b	26.3 ab
F-Test	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	17.17	17.15	17.15	17.42	16.89	17.18

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

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

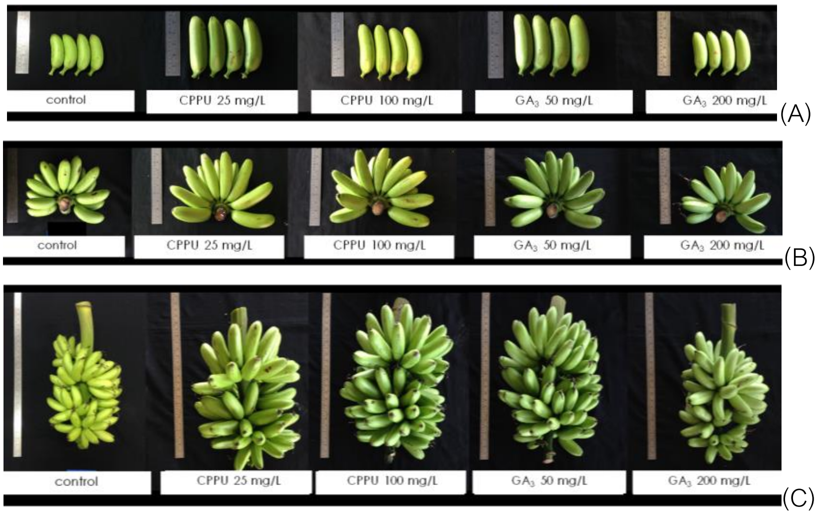


Figure 1 Fruit (A), hand (B) and bunch (C) at harvest of 'Khai' banana sprayed with CPPU and GA_3

ผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิมโกลด์

Effect of Paclobutrazole Concentration and Application Method on Growth of Marigold cv. Thong Charloem Gold

กฤษณา บุญศิริ[1] เสกสรร สุขสมบุญ[1] และ ธนพล มงคล[1]
Boonsiri, K.[1], Suksombun S.[1] and Mongkol, T.[1]

Abstract

Effect of various concentrations of paclobutrazole on growth of marigold cv. Thong Charloem Gold was studied. Two experiments were conducted which their design were in CRD with four replications. The first experiment, seedling root were soaked in paclobutrazole at 0, 5, 10 and 15 ppm for 2 min. Results showed that paclobutrazole reduced seedling height but its concentrations had no effect on seedling height. Moreover, paclobutrazole did not effect on produced flower, plant height at flowering, number of flower per plant, and flower diameter. In second experiment, seeds were soaked in paclobutrazole at 0, 200, 300 and 400 ppm for 12 hrs, and results showed that paclobutrazole and their concentrations could reduce seedling height for 14 days after transplanting. During flowering, paclobutrazole did not effect to yield, plant height, number flower per plant and flower diameter.

Keywords: marigold, paclobutrazole

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้นต่างกันต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิมโกลด์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 2 การทดลอง แต่ละการทดลองมี 4 ซ้ำ การทดลองแรก แช่รากกล้าดาวเรืองในสารละลายพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 0 5 10 และ 15 ppm นาน 2 นาที พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลสามารถลดความสูงของต้นกล้า แต่ความเข้มข้นของสารไม่มีผลต่อความสูงของต้นกล้า และสารพาโคลบิวทราโซลยังไม่มีผลต่อผลผลิตของดอก ความสูงของต้นในระยะดอกบาน จำนวนดอกต่อต้นและขนาดดอก การทดลองที่สอง แช่เมล็ดในสารละลายพาโคลบิวทราโซล เข้มข้น 0 200 300 และ 400 ppm นาน 12 ชั่วโมง พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลลดความสูงของต้นกล้าได้ ความเข้มข้นที่ต่างกันมีผลต่อความสูงของต้นกล้า หลังย้าย 14 วัน แต่ในระยะดอกบานสารพาโคลบิวทราโซลไม่มีผลต่อผลผลิต ความสูงของต้น จำนวนดอกต่อต้นและขนาดดอก

คำสำคัญ: ดาวเรือง สารพาโคลบิวทราโซล

คำนำ

การปลูกดาวเรืองตัดดอกขายเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ดีอาชีพหนึ่งของเกษตรกร ดาวเรืองพันธุ์ลูกผสมให้ขนาดดอกใหญ่และผลผลิตสูง เกษตรกรส่วนใหญ่จะเพาะกล้าก่อน แล้วจึงย้ายต้นกล้าปลูกในแปลง (ธัญวรัตน์, 2559) ในปัจจุบันการเพาะกล้าจากเมล็ดพันธุ์ลูกผสมโดยมืออาชีพขายให้เกษตรกรนำไปปลูก กำลังเข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อเกษตรกร ธุรกิจเพาะกล้าเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยประหยัดแรงงานและเวลาได้อย่างดี (ไชยยา และ สินธ์, 2547) การยืดยาวของต้นกล้าเป็นปัญหาประการหนึ่งของการผลิตกล้าดาวเรืองสำเร็จรูป ส่งผลให้มีระยะเวลาการวางจำหน่ายที่สั้น และส่งผลต่อคุณภาพของต้นกล้า สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) เป็นสารสังเคราะห์ ที่นิยมใช้ควบคุมความสูงทรงพุ่มต้นไม้ดอกไม้ประดับ รวมทั้งใช้ความคุมความสูงของต้นกล้าผักและดอกไม้ (Pasian และBennett, 2001) การใช้สารพาโคลบิวทราโซลในการควบคุมความสูงของต้นกล้านิยมทำ 2 วิธี คือการฉีดพ่นทางใบและการแช่เมล็ด ในปี 2006 Magnisky ศึกษาการแช่เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสในสารละลายยูนิโคนาซอล ความเข้มข้น 1 – 5 ppm สามารถลดความสูง

[1] วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครสวรรค์ อ. เมือง จ. นครสวรรค์ 60000
[1] Nakhonsawan College of Agriculture and Technology, Muang District, Nakhonsawan 60000

ของต้นกล้าที่อายุ 30 วันได้ 23 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การฉีดพ่นสารนี้ทางใบ ความเข้มข้น 10 – 20 ppm ให้กับต้นที่อายุ 30 วันสามารถลดความสูงต้นลง 18 เปอร์เซ็นต์ หลังจากให้สาร 14 วัน ส่วนมาริสา (2548) แช่เมล็ดดาวเรืองพันธุ์เยลโล่ กาลอร์ในสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 100 200 และ 500 ppm นาน 12 ชั่วโมง พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลลดความสูงต้นก่อนเด็ดยอด แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด ความสูงหลังการเด็ดยอด ความยาวกิ่งแขนง วันดอกแรกบาน เส้นผ่านศูนย์กลางดอก นอกจากนั้นพบว่าดาวเรืองที่ผ่านการแช่สารที่มีความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ลดลง ในขณะที่ Abod และ Jeng (1993) พบว่าการให้สารละลายทางดินสามารถควบคุมความสูงของต้นกล้ากระถินเทพาได้ดีกว่าฉีดพ่นทางใบ ดังนั้นการศึกษานี้เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารละลายพาโคลบิวทราโซลที่เหมาะสมในการให้ทางดินและการแช่เมล็ดสำหรับการผลิตกล้าดาวเรือง รวมทั้งศึกษาผลข้างเคียงอื่นๆที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้สาร ได้แก่ จำนวนดอกและขนาดดอก เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตต้นกล้าดาวเรืองเชิงการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 สิ่งทดลอง 4 ซ้ำ โดยมีต้นกล้าจำนวน 15 ต้นสิ่งทดลองต่อซ้ำ เพาะเมล็ดดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิมโกลด์ลงในวัสดุเพาะกล้า เมื่อต้นกล้ามีอายุ 7 วันหลังจากงอกแช่รากต้นกล้าในสารละลาย พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 5 10 และ 15 ppm นาน 2 นาที เมื่อต้นกล้ามีอายุ 17 วันหลังจากงอก คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ย้ายลงถุงปลูกขนาด 6x12 นิ้ว จำนวน 6 ต้นต่อสิ่งทดลองต่อซ้ำ การดูแลรักษาหลังปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 5 กรัมต่อต้น หลังปลูก 7 และ 30 วัน

การทดลองที่ 2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 สิ่งทดลอง 4 ซ้ำ นำเมล็ดดาวเรืองจำนวน 15 เมล็ดต่อสิ่งทดลองต่อซ้ำ แช่ในสารละลายพาโคลบิวทราโซล ความเข้มข้น 0 200 300 และ 400 ppm ปริมาณ 50 มิลลิลิตร นาน 12 ชั่วโมง แล้วนำมาปลูกโดยทันทีโดยไม่ต้องล้าง เพาะลงในวัสดุปลูก เมื่อต้นกล้าอายุ 17 วันหลังเพาะเมล็ด คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดใกล้เคียงกัน 6 ต้นต่อสิ่งทดลองต่อซ้ำ ย้ายปลูกลงถุงดำขนาด 6x12 นิ้ว การดูแลรักษาหลังปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 5 กรัมต่อต้น หลังปลูก 7 และ 30 วัน

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ต้นกล้าดาวเรืองหลังจากแช่รากในสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่าต้นที่ได้รับสารมีความสูงลดลงมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร และระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลไม่มีผลให้ความสูงต้นกล้าดาวเรืองแตกต่างกัน แต่สารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นสูง ทำให้มีความยาวของ epicotyl และยอดลดลง (Table 1) เมื่อย้ายกล้าปลูกลงถุง พบว่าความสูงของต้นดาวเรืองที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีความสูงน้อยกว่า ต้นที่ไม่ได้รับสารใน 7 วัน หลังย้ายกล้า แต่ที่อายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายกล้า พบว่าความสูงของต้นที่ได้รับสารพาโลบิวทราโซลและไม่ได้รับสารมีความสูงต้นไม่แตกต่างกัน (Figure 2-A) ต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีความสูงของต้นเมื่อดอกบาน จำนวนดอกต่อต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางดอกไม่แตกต่างกับต้นไม่ได้รับสาร (Figure 2-B)

การทดลองที่ 2 เมล็ดดาวเรืองที่แช่สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้นแตกต่างกันมีเปอร์เซ็นต์การงอกไม่แตกต่างจากเมล็ดดาวเรืองที่ไม่ได้รับสาร ระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลมีผลต่อความสูงของต้นกล้า โดยเมล็ดที่แช่ในสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้นสูง (400 ppm) มีความสูงของต้นกล้าน้อยที่สุด เมื่ออายุ 7 14 และ 17 วันหลังเพาะเมล็ด สำหรับความยาวของ epicotyl และยอด พบว่าระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลไม่มีผลต่อความยาวของ epicotyl และยอด (Table 2) ต้นดาวเรืองที่เจริญจากเมล็ดที่แช่ในสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้นสูงมีความสูงของต้นน้อยที่สุดหลังย้ายปลูก 7 และ 14 วัน เมื่อต้นอายุ 21 และ 28 วันหลังย้ายกล้า ความสูงของต้นดาวเรืองที่เมล็ดได้รับสารพาโคลบิวทราโซลและไม่ได้รับสารมีความสูงต้นไม่แตกต่างกัน (Figure 2-A) ความสูงของต้นเมื่อดอกบาน จำนวนดอกต่อต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางดอก จากต้นที่ได้รับสารและไม่ได้รับสารไม่แตกต่างกัน (Figure 2-B)

วิจารณ์ผล

วิธีการให้สารพาโคลบิวทราโซลมีผลต่อความสูงของต้นกล้าดาวเรือง การให้สารพาโคบิวทราโซลโดยการแช่รากทำให้ความสูงของต้นลดลง โดยลดความยาวของ epicotyl และยอด ทำให้ความสูงต้นมากกว่าการแช่เมล็ด ส่วนการให้สารโดยการแช่เมล็ด สามารถลดความยาวของ hypocotyl และ epicotyl ของต้นกล้า ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สารสามารถผ่านเข้า

ไปในเนื้อเยื่อทั้งหมดของต้น และ ส่งผลให้การคงอยู่ของสารในเนื้อเยื่อต้นกล้านานกว่าวิธีการแช่ราก จึงทำให้ต้นกล้าอายุ 14 วันหลังย้ายกล้ามีความสูงที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นการแช่เมล็ดในสารพาโคลบิวทราโซลไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด โดยBrigard และคณะ (2006) อธิบายว่าปริมาณ GA ในเอมบริโอและเอนโดสเปิร์มมีเพียงพอสำหรับการงอก สำหรับการให้สารพาโคบิวทราโซลในระยะต้นกล้าไม่มีผลกระทบต่อความสูงต้นในระยะออกดอก จำนวนดอกและขนาดดอกซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของมาริสา (2548) แต่อย่างไรก็ตามการให้สารพาโคลบิวทราโซลในระดับสูงทั้งการแช่รากและแช่เมล็ดมีแนวโน้มทำให้ระยะเวลาการออกดอกช้าลง และมีจำนวนดอกที่ลดลงในการแช่เมล็ด

สรุปผล

การศึกษาผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิม พบว่า สารพาโคบิวทราโซลมีผลชะลอความสูงของต้นกล้าดาวเรืองทั้งวิธีการแช่รากและการแช่เมล็ด ระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลไม่มีผลต่อความสูงของต้นกล้า ความสูงของต้นเมื่อดอกบาน จำนวนดอกต่อต้น เส้นผ่านศูนย์กลางดอก เมื่อให้สารด้วยวิธีการแช่ราก เมื่อให้สารด้วยวิธีการแช่เมล็ดระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลมีผลต่อความสูงของต้นกล้าตั้งแต่เริ่มงอกจนถึง 14 วันหลังย้ายกล้า แต่ไม่มีผลต่อความสูงต้นเมื่อดอกบาน จำนวนดอกต่อต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางดอก ดังนั้นการให้สารพาโคลบิวทราโซลโดยวิธีแช่รากเหมาะสมสำหรับการผลิตกล้าดาวเรืองเชิงการค้า

เอกสารอ้างอิง

ไชยา อ้วนเส้ง และสินธ์ พันธ์ชน, 2547, ต้นกล้าและอนาคตของธุรกิจต้นกล้า, ข่าวสารเมล็ดพันธุ์พืช, 11(1): 15

ธัญวรัตน์ คงถาวร, 2559, เกษตรกรโคราชปลูกดาวเรืองลูกผสมเทวี ปลดหนี้ รายได้งาม กำไรไร่ละแสน, เทคโนโลยีชาวบ้าน , 28(627): 28-29

มาริสา จันทร์ชูผล, 2548, การเจริญเติบโตของดาวเรืองพันธุ์เยลโล่ กาลอร์หลังแช่เมล็ดในสารพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้นต่างๆ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Abod, S. A. and I. T. Jeng, 1993, Effects of Paclobutrazol and its method of application on the growth and transpiration *of Acacia mangium* seedlings, Pertanika J. Trop. Agric. Sci., 16(2): 143-150

Brigard, J.P., R.L. Harkess and B. S. Baldwin, 2006, Tomato early seedling height control using a paclobutrazol seed soak, HortScience, 41(3): 768-772

Magnitskiy, S. V., C. C. Pasian, M. A. Bennett and J. D. Metzger, 2006, Controlling height and seedlingemergence of French marigold and celosia plugs with plant growth regulators, J. Environ. Hort., 24(3): 165-168

Pasian, C.C. and M. A. Bennett, 2001, Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings, HortScience, 36: 721-73

Table 1 Height of seedling of marigold after treated with paclobutrazol.

Paclobutrazol concentration	seedling height (cm.)		epicotyl and shoot height at 11 days after treated (mm.)
	7 days after treated	11 days after treated	
0	4.87 a	7.12 a	17.43 a
5 ppm	3.40 b	5.54 b	5.75 b
10 ppm	3.08 b	4.83 b	5.52 b
15 ppm	3.55 b	4.53 b	3.07 c
F test	**	**	**
CV (%)	12.87	12.31	9.93

Mean within a column followed by the same letter do not significant different

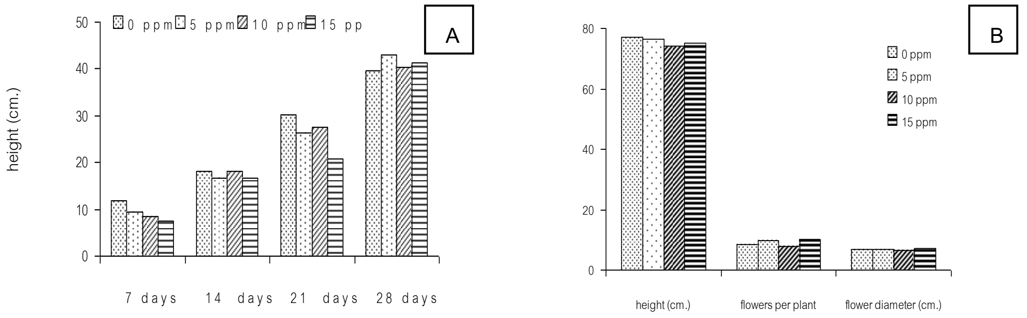


Figure 1 Effect of root soaking paclobutrazol on marigold height (A) plant height at bloom stage, number flower per plant and flower diameter (B)

Table 2 Germination percentage, seedling height, and epicotyl and shoot height of marigold after seed treatment with pacloburazol.

Paclobutrazol concentration	germination percentage (%)	seedling height (cm.)			epicotyl and shoot height 17 after sowing (mm.)
		7 days	14 days	17 days	
0	87.50	3.09 [a]	6.80 [a]	7.12 [a]	19.25 [a]
200 ppm	87.50	0.99 [b]	3.03 [b]	2.93 [b]	5.14 [b]
300 ppm	87.50	0.88 [bc]	2.02 [c]	2.01 [c]	3.08 [b]
400 ppm	7.50	0.83 [c]	1.68 [c]	2.08 [c]	3.76 [b]
F test	ns	**	*	*	**
CV (%)	13.58	5.89	15.43	13.39	23.61

Mean within a column followed by the same letter do not significant different

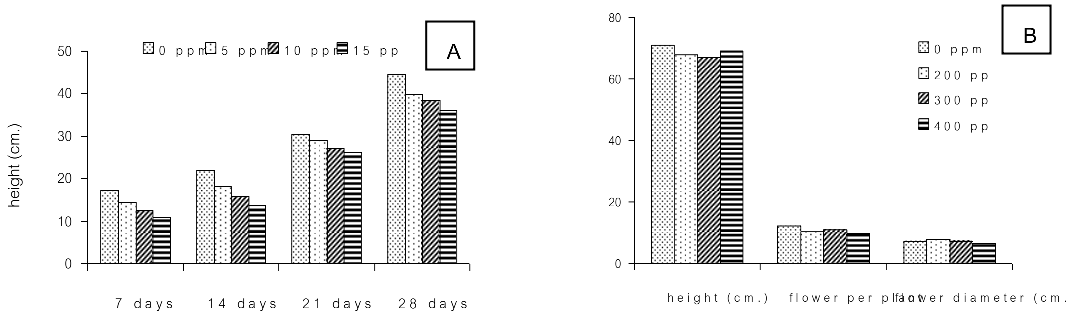


Figure 2 Effect of seed soaking paclobutrazol on marigold height (A) plant height at bloom stage, number flower per plant and flower diameter (B)

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 357-360 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 357-360 (2559)

ผลของไมคอร์ไรซาร่วมกับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 ในแปลงปลูก

Effect of Mycorrhiza and Biofertilizer Products on Survial and Growth of *Musa* (ABB Group) 'Namwa Pakchong 50' Banana Plantlets in Field

พีรยุทธ สิริฐนกร[1] อารยา อาจเจริญ เทียนหอม[1] ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต[2] กัลยาณี สุวิทวัส[1]
พิมพ์นิภา เพ็งช่าง[1] เจนจิรา ชุมภูคำ[1] และ ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์[1]
Sirithanakorn, P.[1], Theanhom, A.A.[1], Kaewsuralikhit, S.[2], Suvittawat, K.[1],
Phengchang, P.[1], Chumpookam, J.[1] and Jaruwattanaphan, T.[1]

Abstract

Effect of mycorrhiza and bioproduct from biofertilizer on survival and growth of micropropagated banana plantlets 'Namwa Pakchong 50' in field was conducted. Eight treatments were 1) control, 2) inoculated arbuscular mycorrhiza fungi (AMF), 3) Dry azolla (DA), 4) spray with Blue green algae extracted (BGA), 5)AMF+DA 6) AMF+BGA, 7) DA+BGA, and 8) AMF+DA+BGA. Result showed that plantlets supplemented with DA, AMF+DA, AMF+BGA and AMF+DA+BGA had 100% survival at 3 months after planting and the DA and AMF+DA had dramatically growth including their height (47.43 and 44.43 cm) in height, pseudo-stem circumference (19.71 and 19.71 cm), leaf width (54.86 and 55.43 cm), and leaf length (115.43 and 117.43 cm). Flower inflorescence emerged rapidly (10 months), which was faster than those in AMF and control (11 months after planting).

Keywords: survival, growth, fungi, micro-propagated plantlets

บทคัดย่อ

ผลของไมคอร์ไรซาร่วมกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในแปลงปลูก ประกอบด้วย 8 ทรีตเมนต์ ได้แก่ 1) ชุดควบคุม 2) ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา (AMF) 3) ใส่แหนแดงแห้ง (DA) 4) ฉีดพ่นสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (BGA) 5) AMF+DA 6) AMF+BGA 7) DA+BGA และ 8) AMF+DA+BGA พบว่า การใช้ไมคอร์ไรซาร่วมกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพมีผลต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโต โดยต้นที่ใส่ DA, AMF+DA, AMF+BGA และ AMF+DA+BGA มีการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ DA และ AMF+DA มีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโต เช่น ความสูงต้น (47.43 และ 44.33 ซม.) เส้นรอบวงต้น (19.71 และ 19.71 ซม.) ความกว้างใบ (54.86 และ 55.43 ซม.) และความยาวใบ (115.43 และ 117.43 ซม.) ได้ดีที่สุดในช่วง 3 เดือน ทำให้ระยะเวลาในการแทงปลีเร็วยิ่งขึ้น (10 เดือน) และเร็วกว่าการใช้ไมคอร์ไรซาเพียงอย่างเดียวและชุดควบคุม มีระยะเวลาในการแทงปลีถึง 11 เดือน

คำสำคัญ: การรอดชีวิต การเจริญเติบโต เชื้อรา ต้นกล้าจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

คำนำ

กล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 เป็นกล้วยที่ได้รับการคัดเลือกสายพันธุ์จากสถานีวิจัยปากช่อง เหมาะสำหรับปลูกเชิงการค้า (กัลยาณี, 2558) ในปัจจุบันเกษตรกรนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายและเริ่มปลูกต้นกล้ากล้วยจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมากขึ้น ซึ่งต้นกล้าที่ได้ปราศจากโรคและแมลง สามารถวางแผนการผลิตและการจัดการได้ง่าย และเมื่อนำต้นกล้าย้ายปลูกในแปลง พบว่ามีการรอดชีวิตประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ (เบญจมาศ และคณะ, 2548) ทำให้มีต้นทุนเพิ่มมากขึ้น

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรบางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900**
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900
[2] **กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร**
[2] Soil Microbiology Research Group, Soil Science Group, Agriculture Production Sciences Research and Development Office Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

เนื่องจากต้นกล้ากล้วยส่วนใหญ่มีขนาดเล็กการพัฒนาของปากใบ ท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงอาหารที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ต้นกล้ามีความอ่อนแอและตาย (Varma และ Schuepp, 1995; Majada และคณะ, 1998) ต้นกล้าที่มีระบบรากและลำต้นแข็งแรงจะช่วยให้มีการเจริญเติบโตและปรับตัวได้รวดเร็วในสภาพแปลงปลูก (เบญจมาศ และคณะ, 2548; Robinson, 1996) การใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาและผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพ เป็นวิธีหนึ่งในการช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้กับต้นกล้าพืชได้ Yano-melo และคณะ (1999) ศึกษาผลของเชื้อราอาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซากับต้นกล้ากล้วยจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าต้นกล้าที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตด้านความสูง พื้นที่ใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของรากเพิ่มขึ้น และช่วยเพิ่มการดูดน้ำและธาตุอาหารให้กับต้นกล้า นอกจากนี้การนำผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจน (แหนแดงแห้ง และสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารให้กับต้นพืชได้ ประไพ และคณะ (2554) ศึกษาสมบัติทางเคมีของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในรูปสารสกัด พบว่ามีปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) ที่จำเป็นช่วยให้พืชได้รับไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้น และการฉีดพ่นสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ กับผักกาดหอม พบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของผักกาดหอมได้ (ประไพ และคณะ, 2558) และศิริลักษณ์ และคณะ (2558) ศึกษาผลของแหนแดงแห้งมาผสมเป็นวัสดุปลูกต้นกล้ากล้วยจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าแหนแดงแห้งช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นกล้าและมีขนาดเหมาะสมต่อการย้ายปลูกในแปลงได้ จากการศึกษาปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาและผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพกับระยะต้นกล้าดังกล่าว สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชได้ดี แต่ยังขาดข้อมูลการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของต้นกล้าในสภาพแปลงปลูก ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาร่วมกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยในสภาพแปลงปลูก

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมต้นกล้ากล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ความสูงเฉลี่ย 2 เซนติเมตร ปลูกในวัสดุปลูก (ดิน:ขุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ 2:1:1) ในถุงปลูกขนาด 3.5×6 นิ้ว โดยนำปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา (AMF) และผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพ คือ แหนแดงแห้ง (DA) และสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (BGA) จากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ประกอบด้วย 8 ทรีตเมนต์ ได้แก่ 1) ชุดควบคุม (control) 2) AMF 3) DA 4) BGA 5) AMF+DA 6) AMF+BGA 7) DA+BGA และ 8) AMF+DA+BGA โดยใส่ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาลงวัสดุปลูก 3 กรัม/ถุง (25 สปอร์/กรัม) และผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพ คือ แหนแดงแห้ง ผสมกับวัสดุปลูก (16 กรัม/วัสดุปลูก 1 กิโลกรัม) (ศิริลักษณ์ และคณะ, 2558) และฉีดพ่นสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ วันละ 1 ครั้ง ห่างกันทุก 3 วัน (ประไพ และคณะ, 2558) เป็นระยะเวลา 60 วัน หลังจากอนุบาลต้นกล้า 60 วัน คัดต้นกล้าที่มีความสูง 15 เซนติเมตร ทั้ง 8 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ (10 ต้น) ปลูกทดสอบในแปลง ณ สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา ทุกทรีตเมนต์ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 150 กรัม/ต้น/เดือน ทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตหลังปลูก 3 เดือน การเจริญเติบโตของกล้วยในเดือนที่ 3 และเดือนที่ 11 ในด้านความสูง เส้นรอบวงของลำต้นเทียม จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และระยะเวลาการแทงปลี วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีทางสถิติแบบ Duncan's New Multiple Rang (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา (AMF) ร่วมกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพ (แหนแดงแห้ง (DA) และการฉีดพ่นสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (BGA)) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นกล้วยน้ำว้า พบว่า หลังจากย้ายปลูกได้ 3 เดือน ต้นกล้าที่ได้รับ DA, AMF+DA, AMF+BGA และ AMF+DA+BGA มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ต้นกล้าที่ชุดควบคุม และ BGA มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 80 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) การเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยในแปลงที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า ต้นกล้าที่ได้รับ DA และ AMF+DA มีการเจริญเติบโตด้านความสูง (47.43 และ 44.43 ซม.) เส้นรอบวงลำต้นเทียม (19.71 และ 19.71 ซม.) ความกว้างใบ (54.86 และ 55.43 ซม.) และความยาวใบ (115.43 และ 117.43 ซม.) มากที่สุด และมีแตกต่างจากต้นกล้ากล้วยในชุดควบคุม AMF BGAและ AMF+BGA ทำให้มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด (Table 2) เนื่องจากการใส่ AMF กับพืช

สามารถช่วยเพิ่มการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร ช่วยลดสภาพเครียดจากสภาวะขาดน้ำและการได้รับแสงในปริมาณมาก (Azcón-Aguilar และคณะ, 2009) หลังย้ายปลูกลงแปลงได้ สอดคล้องกับ Yano-melo และคณะ (1999) รายงานว่า การใส่ AMF กับต้นกล้ากล้วยจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ศิริลักษณ์ และคณะ (2558) รายงานว่า การนำแหนแดงแห้งมาผสมดินปลูกต้นกล้ากล้วยทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตที่ดี ประกอบกับต้นกล้าได้รับธาตุอาหารจากแหนแดงที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจน (4.69 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัส (0.69 เปอร์เซ็นต์) และโพแทสเซียม (2.46 เปอร์เซ็นต์) ที่เป็นประโยชน์กับพืช นอกจากนี้ ประไพ และคณะ (2558) พบว่า สารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของผักกาดหอม เนื่องจากสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) ที่ช่วยให้พืชได้รับไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (ประไพ และคณะ, 2554) ดังนั้นเมื่อมีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาร่วมกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากปุ๋ยชีวภาพ จึงช่วยส่งเสริมให้ต้นกล้วยมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเมื่อย้ายปลูกในแปลง ส่งผลให้กล้วยมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ต้นกล้วยอาจสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้เหมาะสมและมีพัฒนาการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ ที่รวดเร็ว และมีความพร้อมของต้นสู่การสะสมอาหารเพื่อให้ผลผลิต (กัลยาณี และคณะ, 2558) ทำให้ต้นกล้วยที่ได้รับ AMF+DA มีจำนวนวันการแทงปลีเร็วที่สุด เท่ากับ 302.14 วัน รองลงมาคือ DA เท่ากับ 307.71 วัน (เฉลี่ยประมาณ 10 เดือนหลังย้ายปลูก) เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ๆ ในเดือนที่ 11 พบว่า ต้นกล้วยทุกทรีตเมนต์มีความสูงและเส้นรอบวงลำต้นเทียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากต้นกล้วยเมื่อแทงปลีจะหยุดการเจริญเติบโต ส่วนความกว้างใบและความยาวใบต้นกล้วยมีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่า ต้นกล้วยที่ได้รับ DA มีความกว้างใบมากที่สุด เท่ากับ 78.57 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกับ AMF AMF+DA AMF+BGA DA+BGA และ AMF+DA+BGA เท่ากับ 72.29 75.43 72.86 75.14 และ 77.71เซนติเมตร ตามลำดับ และความยาวใบต้นกล้วยที่ใช้ AMF+BGA มีความยาวใบมากที่สุด เท่ากับ 221.00 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ AMF เท่ากับ 220.14 เซนติเมตร (Table 2)

สรุปผล

ต้นกล้ากล้วยที่ได้รับแหนแดงแห้ง (DA) และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาร่วมกับแหนแดง (AMF+DA) มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด (100 เปอร์เซ็นต์) และมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ รวมถึงทำให้ระยะเวลาในการแทงปลีเร็ว (10 เดือน) กว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ

คำขอบคุณ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2560

เอกสารอ้างอิง

กัลยาณี สุวิทวัส ภาสันต์ ศารทูลทัต พินิจ กรินท์ธัญญกิจ พิมพ์นิภา เพ็งช่าง เรืองศักดิ์ กมขุนทด และขวัญหทัย ทะนงจิตร ,2558, อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า 8 พันธุ์ จากต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3) (พิเศษ): 213-216.

เบญจมาศ ศิลาย้อย กัลยาณี สุวิทวัส สายชล เกตุษา ฉลองชัย แบบประเสริฐ สมศักดิ์ อภิสิทธิวานิช ภิญญา ศิลาย้อย ธัชชัย ศรีสวัสดิ์ วินิจ วงกลม และวิมล วรพันธ์, 2548, การสร้างกระบวนการผลิตที่เป็นหลักประกันคุณภาพและปริมาณของอุปทานผลไม้ประเภทที่ได้รับการคัดเลือกจากโครงการ Branding Project Thai Produce and Grains: กล้วยไข่, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), กรุงเทพฯ, 137 หน้า.

ประไพ ทองระอา ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต นิศารัตน์ ทวีนุต กัลยกร โปร่งจันทึก เพทาย กาญจนาเกสร และสุภัค แสงทวี, 2558,ผลการใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชผัก (ผักกาดหอม), เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ 2558, กองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ประไพ ทองระอา สมปอง หมื่นแจ้ง ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต และกัลยากร โปร่งจันทึก, 2554, การผลิตปุ๋ยชีวภาพสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยใช้ปุ๋ยหมักมูลไก่และการใช้ประโยชน์กับข้าวระยะต้นกล้า, เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการประจำปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร วันที่ 11-13 กรกฎาคม 2554 ณ โรงแรมภูเขางามพาโนรา จ. นครนายก หน้า 1-9.

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ประไพ ทองระอา กัลยาณี สุวิทวัส กานดา ฉัตรไชยศิริ นิศารัตน์ ทวีนุต ภาสันต์ ศาลทูลทัต และพิมพ์นิภา เพ็งช่าง, 2558, การใช้แหนแดงเป็นวัสดุดินผสมเร่งการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 33(1): 289-595.

AzcÓn-Aguilar, C., Barea, J.M., Gianinazzi, S., and Gianinazzi-Pearson, V., 2009, Mycorrhizas: Functional processes and ecological impact, Springer-verlag Berlin Heidelberg, Germany, 239 p.

Majada, J.P., Centeno, M.L., Felto, I., Fernaadez, B., and Sanchez-Tames, R., 1998, Stomatal and cuticular traits on carnation tissue culture under different ventilation conditions, Plant Growth Regulation, 25:113-121.

Robinson, J.C, 1996, Bananas and Plantains, CAB International, UK pp, 238 p.

Varma, A., and Schuepp, H., 1995, Mycorrhiza of commercially important micropropagated plant, Critical Reviews in Biotechnology, 15:313-328.

Yano-Melo, A.M., Saggin, O.J., Lima, J.M., Melo, N.F., and Maia, L.C., 1999, Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets, Mycorrhiza 9: 119-123.

Table 1 Effect of mycorrhiza and biofertilizer products on survival of 'Namwa Pakchong 50' banana plantlets at 3 months after planting in field.

Treatment	Plantlet survival (%)
Control	80
AMF	90
DA	100
BGA	80
AMF+DA	100
AMF+BGA	100
DA+BGA	90
AMF+DA+BGA	100

AMF = Arbuscular mycorrhiza fungi; DA = Dry azolla; BGA = Blue green algae extract

Table 2 Effect of mycorrhiza and biofertilizer products on growth of 'Namwa Pakchong 50' banana plantlets at 3 months and 11 months after planting in field.

Treatment	Pseudostem height (cm)		Pseudostem circumference (cm)		Leaf width (cm)		Leaf length (cm)		Flowering (day)
	3 MAP	11 MAP	3 MAP	11 MAP	3 MAP	11 MAP	3 MAP	11 MAP	
Control	24.29[c]	321.57	12.29[c]	76.29	46.57[de]	63.14[b]	73.00[d]	192.29[b]	340.43[a]
AMF	21.43[c]	349.43	12.43[c]	81.86	48.57[cd]	72.29[a]	83.43[c]	220.14[a]	339.00[a]
DA	47.43[a]	353.71	19.71[a]	82.57	54.86[ab]	78.57[a]	115.43[a]	204.29[ab]	307.71[b]
BGA	24.43[c]	329.57	12.14[c]	74.71	43.71[e]	63.40[b]	72.71[d]	198.86[b]	348.00[a]
AMF+DA	44.43[a]	339.71	19.71[a]	81.71	55.43[a]	75.43[a]	117.43[a]	205.71[ab]	302.14[b]
AMF+BGA	13.86[d]	353.86	13.43[c]	81.29	44.57[e]	72.86[a]	84.29[c]	221.00[a]	336.00[a]
DA+BGA	36.14[b]	338.14	16.57[b]	81.71	51.71[bc]	75.14[a]	108.00[ab]	207.14[ab]	341.71[a]
AMF+DA+BGA	41.71[ab]	339.86	18.29[ab]	81.57	50.86[c]	77.71[a]	103.29[b]	210.00[ab]	317.00[b]
F-test	**	ns	**	ns	**	**	**	*	*
CV (%)	18.42	6.87	15.89	6.94	6.51	8.23	10.14	7.38	4.87

AMF = Arbuscular mycorrhiza fungi; DA = Dry azolla; BGA = Blue green algae extract; MAP = Month after planting

*,** Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

ศักยภาพผลผลิตเนื้อไม้ของลูกผสมข้ามชนิดในพืชสกุล Jatropha

Wood Yield Potential of Inter-specific Hybrids in Jatropha Plant Species

สินีนาฏ เกิดทรัพย์[1] **พัชรินทร์ ตัญญะ**[2] **พรศิริ เลี้ยงสกุล**[2] **และ อนุรักษ์ อรัญญนาค**[2]
Kerdsap, S.[1], Tanya, P.[2], Liangsakul, P.[2] and Arunyanark, A.[2]

Abstract

The objectives of this research were to assess genetic variation of inter-specific hybrids in Jatropha plant species and evaluate their potential as a biomass source. Wood yield was evaluated in three inter-specific hybrid crosses, *J. curcas* x *J. multifida*, *J. curcas* x *J. podagrica* and *J. curcas* x *J. integerrima*. Results showed genetic variation in wood yield traits. Hybrid of *J. curcas* x *J. integerrima* had the highest of wood yield and the lowest moisture and ash content. The best plant from *J. curcas* x *J. integerrima* showed wood yield of 21.70 kg/plant. Hybrids of *J. curcas* x *J. multifida* and *J. curcas* x *J. podagrica* showed the highest cellulose, hemi- cellulose, and lignin content. Heat values in the hybrids were ranged from 4,343 to 4,407 cal/g. Moreover, most of inter-specific hybrids gave better wood yield and wood quality than *J. curcas*.
Keywords: energy crop, wood yield, inter-specific hybridization, *Jatropha curcas*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมและประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตเนื้อไม้ของลูกผสมข้ามชนิดในพืชในสกุล *Jatropha* โดยปลูกทดสอบผลผลิตเนื้อไม้ของลูกผสมสบู่ดำ x ฝิ่นต้น, สบู่ดำ x หนุมานนั่งแท่น และ สบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย ผลการทดลองพบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตเนื้อไม้ในลูกผสม โดยลูกผสมสบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูงสุด แต่มีความชื้นและปริมาณเถ้าต่ำที่สุด โดยต้นที่ให้ผลผลิตสูงสุดให้เนื้อไม้ 21.70 กิโลกรัมต่อต้น ลูกผสมสบู่ดำ x ฝิ่นต้น และ สบู่ดำ x หนุมานนั่งแท่น มีคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้ดีที่สุด สบู่ดำ x ฝิ่นต้น มีปริมาณ cellulose, hemi- cellulose และ lignin เท่ากับ 45.07, 15.53 และ 15.12 % ตามลำดับ และ สบู่ดำ x หนุมานนั่งแท่น มีปริมาณ cellulose, hemi- cellulose และ lignin เท่ากับ 44.04, 13.68 และ 14.86 % ตามลำดับ ลูกผสมข้ามชนิดมีค่าความร้อนระหว่าง 4,343 ถึง 4,407 แคลลอรี่ต่อกรัม สูงกว่าสบู่ดำซึ่งมีค่า 4,238 แคลลอรี่ต่อกรัม แสดงว่าลูกผสมข้ามชนิดมีปริมาณและคุณสมบัติเนื้อไม้ดีกว่าสบู่ดำ
คำสำคัญ: พืชพลังงาน ผลผลิตเนื้อไม้ การผสมข้ามชนิด สบู่ดำ

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ส่งเสริมให้เอกชนลงทุนจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลขึ้นจำนวนมากทั่วประเทศ โดยวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล คือ ชีวมวลจากเพาะปลูกไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส กระถินยักษ์ กระถินเทพา กระถินณรงค์ และกระถินเทพณรงค์ เป็นต้น แต่พืชเหล่านี้เป็นที่ต้องการมากในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษและโรงงานแปรรูปไม้ จึงไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2552) ไม้โตเร็วอีกชนิดที่มีความน่าสนใจในการนำมาใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิง คือ สบู่ดำ เนื่องจากเป็นพืชที่มีการขยายพันธุ์ง่าย เจริญเติบโตรวดเร็ว ทนต่อสภาพแห้งแล้ง และปรับตัวเข้ากับสภาพเพาะปลูกได้อย่างกว้างขวาง (Becker และ Francis, 2000) ชีวมวลของสบู่ดำมีปริมาณใกล้เคียงกับผลผลิตชีวมวลของไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ เมื่อปลูกในระยะปลูกเดียวกัน แต่สบู่ดำสามารถตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลได้ทุกปี ในขณะที่ไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ อาจต้องใช้เวลาถึง 2 – 3 ปี จึงจะเก็บเกี่ยวได้ อย่างไรก็ตาม สบู่ดำเป็นไม้เนื้ออ่อน เนื้อไม้มีความชื้นสูงและมีความหนาแน่นต่ำ ทำให้เมื่อนำไปเผาจะมีปริมาณความร้อนต่ำ (Jingura และคณะ, 2010) จึงผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อย การพัฒนาพันธุ์สบู่ดำเพื่อผลิตพลังงานจากชีวมวลจึงต้องปรับปรุงลักษณะของ

[1] **หลักสูตรปรับปรุงพันธุ์พืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม** 73140
[1] Plant Breeding Program, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Nakhon Pathom 73140
[2] **ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม** 73140
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Nakhon Pathom 73140

สบู่ดำให้มีปริมาณเนื้อไม้และมีคุณสมบัติของเนื้อไม้ดีขึ้น สบู่ดำเป็นพืชที่สามารถผสมข้ามชนิดกับพืชในสกุลเดียวกันได้ (Sujatha และ Prabakaran, 2003; Parthiban และคณะ, 2009) โดยประเทศไทยพบว่ามีพืช 5 ชนิดที่อยู่ในสกุล Jatropha คือ สบู่ดำ (*Jatropha curcas*) สบู่แดง (*J. gossypifolia*) หนุมานนั่งแท่น (*J. podagrica*) มะละกอฝรั่ง (*J. multifida*) และเข็มปัตตาเวีย (*J. integerrima*) (Chayamarit และคณะ, 2001) ซึ่งสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสามารถสร้างลูกผสมข้ามชนิดชั่วรุ่นที่ 1 ระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวีย (Putranto และคณะ, 2014; Amkul และคณะ, 2016; Maurya และ Yadav, 2016) นอกจากนี้ยังพบว่าลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวียมีความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) สูงมากโดยเฉพาะลักษณะขนาดทรงพุ่มและปริมาณเนื้อไม้ (Muakrong และคณะ, 2013) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาศักยภาพด้านชีวมวลของสบู่ดำโดยอาศัยลักษณะความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่เกิดจากการผสมข้ามชนิด อย่างไรก็ตาม นอกจากลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวียแล้ว ยังไม่มีรายงานถึงปริมาณและคุณภาพของเนื้อไม้ในบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดชนิดอื่นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสร้างลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับพืชชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในสกุลเดียวกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมและประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตเนื้อไม้และคุณสมบัติทางเคมีของลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับพืชชนิดต่างๆ ในสกุล *Jatropha* ที่พบในประเทศไทย ข้อมูลและลูกผสมข้ามชนิดจากงานทดลองนี้สามารถใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำให้เหมาะสมสำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกทดสอบผลผลิตเนื้อไม้ของลูกผสมข้ามชนิดที่แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประกอบด้วยลูกผสมข้ามชนิดชั่วรุ่นที่ 1 (F_1) ระหว่าง สบู่ดำ (Jc) x ฝิ่นต้น (Jm) จำนวน 26 ต้น ลูกผสมข้ามชนิดชั่วรุ่นที่ 1 ระหว่างสบู่ดำ x หนุมานนั่งแท่น (Jp) จำนวน 22 ต้น และลูกผสมข้ามชนิด ชั่วรุ่นที่ 2 (F_2) ระหว่าง สบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย (Ji) จำนวน 213 ต้น ปลูกทดสอบร่วมกับสบู่ดำสายพันธุ์ชัยนาทซึ่งเป็นสายพันธุ์แม่ในการสร้างลูกผสม มีระยะปลูก 1 x 1.5 เมตร และเก็บเกี่ยวผลผลิตเนื้อไม้ของลูกผสมข้ามชนิดเมื่ออายุ 1 ปี โดยการตัดฟันลำต้นส่วนเหนือดินทั้งหมด ให้เหลือตอสูงจากพื้น 30 เซนติเมตร จากนั้นทิ้งส่วนลำต้นไว้ในแปลงเพื่อตากแดดเป็นเวลาประมาณ 15 วัน จนใบร่วงหมด ทำการชั่งน้ำหนักต้น และและบันทึกข้อมูลน้ำหนักสดของเนื้อไม้ หลังจากนั้นสุ่มตัดลำต้นท่อนละ 15 เซนติเมตร จำนวน 3 ท่อนจากแต่ละต้น ที่ตำแหน่งกิ่งหลัก กิ่งรอง และกิ่งย่อย นำไปชั่งน้ำหนักสดท่อนสุ่ม หลังจากนั้นนำไปอบแห้งด้วย Hot – air oven ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาทั้งหมด 72 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบเพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง บันทึกข้อมูล และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อไม้ จากนั้นจึงนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อไม้มาคำนวณหาน้ำหนักแห้งของเนื้อไม้

คัดเลือกต้นที่มีผลผลิตเนื้อไม้สูงสุด 10 ต้นในแต่ละคู่ผสม แล้วสุ่มตัวอย่างเนื้อไม้จากต้นดังกล่าวมาบดละเอียด แล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของ cellulose, hemi-cellulose และ lignin ตามวิธีการของ (Van Soest และคณะ, 1991) ด้วยเครื่อง ANKOM Fiber Analyzer รวมถึงวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนของเนื้อไม้ (calorific value) ด้วยเครื่อง Oxygen bomb calorimeter และวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (% Ash) ด้วยเครื่องเตาเผา (muffle furnaces) ตามวิธีการของ AOAC standard method (1990)

วิเคราะห์ข้อมูลแยกแต่ละประชากรของลูกผสมข้ามชนิด เพื่อประเมินค่าเฉลี่ยและขนาดความแปรปรวนของแต่ละประชากร จากนั้นนำข้อมูลจากต้นที่มีผลผลิตเนื้อไม้สูงสุด 10 ต้นของแต่ละลูกผสม ซึ่งได้ถูกคัดเลือกเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้มาวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตเนื้อไม้และคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้แบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 10 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละชนิดด้วยวิธี Duncan's multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบความแปรปรวนของปริมาณผลผลิตเนื้อไม้ในลูกผสมข้ามชนิดแต่ละชนิด (Table 1) โดยค่าเฉลี่ยของผลผลิตเนื้อไม้ในลูกผสมข้ามชนิดมีค่าระหว่าง 3.33 ถึง 3.89 กิโลกรัมต่อต้น ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของสบู่ดำที่นำมาทดสอบ ซึ่งมีผลผลิตเนื้อไม้เฉลี่ย 8.21 กิโลกรัมต่อต้น แต่เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตเนื้อไม้ในต้นที่มีค่าสูงสุดของลูกผสมข้ามชนิด พบว่ามีค่าสูงกว่าสบู่ดำ โดยเฉพาะต้นที่ได้จากคู่ผสมระหว่างสบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย มีผลผลิตสูงสุด คือ 21.70 กิโลกรัมต่อต้น นอกจากนี้ พบว่าลูกผสมข้ามชนิดทั้ง สบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย สบู่ดำ x ฝิ่นต้น และสบู่ดำ x หนุมานนั่งแท่น มีค่า standard deviation (SD) และ coefficient of variation (CV) สูงกว่าสบู่ดำที่นำมาทดสอบ แสดงให้เห็นว่าความ

แปรปรวนของปริมาณเนื้อไม้ในลูกผสมข้ามชนิดมีสูงกว่าสบู่ดำ เนื่องจากลูกผสมข้ามชนิดมีการกระจายตัวของลักษณะจึงทำให้แต่ละต้นมีลักษณะแตกต่างกัน

คัดเลือกต้นที่มีผลผลิตเนื้อไม้สูงสุด 10 ต้นในแต่ละคู่ผสม เพื่อเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของผลผลิตเนื้อไม้ ผลการทดสอบพบว่า ลูกผสมสบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย มีค่าเฉลี่ยผลผลิตเนื้อไม้สูงที่สุด โดยมีน้ำหนักสด 16.22 กิโลกรัมต่อต้น และน้ำหนักแห้ง 8.87 กิโลกรัมต่อต้น (Table 2) นอกจากนี้ ลูกผสมสบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย มีความชื้นของเนื้อไม้ต่ำที่สุด 54.95 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเถ้าต่ำที่สุด 4.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลูกผสมสบู่ดำ x ฝิ่นต้น และสบู่ดำ x หนุมานนั่งแท่น มีความชื้นของเนื้อไม้ค่อนข้างสูง และมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกับสบู่ดำพันธุ์เปรียบเทียบ แต่ลูกผสมสบู่ดำ x ฝิ่นต้น มีองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ดีกว่าลูกผสมชนิดอื่นๆ โดยมีปริมาณ cellulose 45.07 เปอร์เซ็นต์ hemi- cellulose 15.53 เปอร์เซ็นต์ และ lignin 15.12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าลูกผสมชนิดอื่นๆ สำหรับค่าพลังงานความร้อน (calorific value) ลูกผสมข้ามชนิดมีค่าระหว่าง 4,343 ถึง 4,407 แคลลอรี่ต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าสบู่ดำพันธุ์เปรียบเทียบ ซึ่งมีค่า 4,238 แคลลอรี่ต่อกรัม โดยเนื้อไม้ของลูกผสมสบู่ดำ x ฝิ่นต้น มีค่าความร้อนสูงสุด 4,407 แคลลอรี่ต่อกรัม

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าลูกผสมข้ามชนิดส่วนใหญ่มีปริมาณผลผลิตและคุณสมบัติเนื้อไม้ดีกว่าสบู่ดำ แสดงว่าลูกผสมข้ามชนิดมีลักษณะดีเด่นเหนือพ่อแม่ (Muakrong และคณะ, 2013) ซึ่งงานวิจัยนี้พบในทั้ง สบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย สบู่ดำ x ฝิ่นต้น และสบู่ดำ x หนุมานนั่งแท่น ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพเนื้อไม้ โดยลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย เป็นลูกผสมที่มีศักยภาพของผลผลิตเนื้อไม้สูงสุดเนื่องจากมีปริมาณเนื้อไม้สูงแต่เนื้อไม้มีความชื้นและเถ้าต่ำ จึงความสามารถนำไปเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้มีปริมาณมากกว่าลูกผสมข้ามชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ลูกผสมสบู่ดำ x ฝิ่นต้น มีความน่าสนใจในด้านคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้ เนื่องจากมีปริมาณ cellulose, hemi- cellulose และ lignin สูงสุด ส่งผลให้มีค่าความร้อนสูงสุดด้วย เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของชีวมวลที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ (Yang และคณะ, 2007) ซึ่งลักษณะเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำเพื่อเพิ่มศักยภาพของเนื้อไม้ นอกจากนี้ในลูกผสมข้ามชนิดแต่ละประเภทยังมีการกระจายตัวของลักษณะในแต่ละต้น จึงสามารถคัดเลือกเป็นรายต้นเพื่อขยายพันธุ์และปลูกทดสอบผลผลิตเนื้อไม้ได้ต่อไป

สรุปผล

ลูกผสมข้ามชนิดของพืชในสกุล Jatropha มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะปริมาณและคุณภาพของเนื้อไม้ ลูกผสมข้ามชนิดส่วนใหญ่มีปริมาณผลผลิตและคุณสมบัติเนื้อไม้ดีกว่าสบู่ดำ โดยลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำ x เข็มปัตตาเวีย เป็นลูกผสมที่มีศักยภาพของผลผลิตเนื้อไม้สูงสุด และลูกผสมสบู่ดำ x ฝิ่นต้น มีองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ดีที่สุด การสร้างลูกผสมข้ามชนิดระหว่างพืชในสกุล Jatropha จึงสามารถนำมาใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานชีวมวลสำหรับการผลิตไฟฟ้าต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการ NSTDA chair professor ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และทุนอุดหนุนวิจัยพืชไร่นา 2560 ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2552. การพัฒนาพลังงานทดแทนของไทยใน 15 ปีข้างหน้า. วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 83. 74 หน้า.

Amkul, K., Panngam, M., Tanya, P., Srinives, P., and Laosatit, K., 2016, Pollen viability and seed set of interspecific hybrids between *Jatropha curcas* × *Jatropha integerrima*, Genomics and Genetics, 9(1): 50–55.

AOAC. 1990. AOAC method 942.05 – ash in animal feeds. In: Helrick, K. (ed.). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol 70.

Becker, K., and Francis, G., 2000, Bio-diesel from Jatropha plantations on degraded land. Department of Aquaculture Systems and Animal Nutrition. University of Hohenheim Stuttgart, Germany.

Chayamarit, C., Santisuk, T., Larsen, K., Welzen, P., van, Esser H.J., Nanakorn, W., Chantaranothai, P., Boonthavikoon, T., Pooma, R., Phuphathanaphong, L., Chantharaprasong, C., and Larsen, S., 2001,

Systematic study of the family Euphorbiaceae in Thailand. In: Baimai, V. and Kumhom, R. (eds). Bus Rapid Transit Research Report 2001, Biodiversity Research and Training Program. Bangkok. Thailand.

Jingura, R., Musademba, D., and Matengaifa, R., 2010, An evaluation of utility of *Jatropha curcas* L. as a source of multiple energy carriers, International Journal of Engineering Science and Technology, 2: 115–122.

Maurya, R., and Yadav, H.K., 2016, Development of interspecific hybrid of *J. curcas* x *J. integerrima* and its molecular characterization using SSR markers, Journal of Agroecology and Natural Resource Management, 3(1): 101-105.

Muakrong, N., Thida One, K., Tanya, P., and Srinives, P., 2013, Interspecific jatropha hybrid as a new promising source of woody biomass, Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization, 12(1): 17 –20 .

Sujatha, M., and Prabakaran, A.J., 2003, New ornamental Jatropha hybrids through interspecific hybridization, Genetic Resources and Crop Evolution, 50: 75–82.

Parthiban, K.T., Kumar, R.S., Thiyagarajan, P., Subbulakshmi, V., Vennila, S., and Rao, M.G., 2009, Hybrid progenies in jatropha – a new development, Current Science, 96(6): 815–823.

Putranto, D.H., Tongkra, T., Chutteang, C., and Sridokchan, W., 2014, Growth and physiological response of Jatropha interspecific hybrid (*Jatropha curcas* x *J. integerrima*) under salt stress. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 4(2): 18-23.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A., 1991, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, Journal of Dairy Science, 74:3583–3597.

Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D.H., and Zheng, C., 2007, Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. Fuel. 86: 1781–1788

Table 1 Means, range of expected means (minimum and maximum), stand error (SE), standard deviation (SD) and coefficient of variation (CV) of fresh weight in inter-specific hybrids from Jatropha plant species.

Crosses	N	Mean (kg/plant)	Minimum (kg/plant)	Maximum (kg/plant)	SD	SE	CV
Jc x Jm-F_1	26	3.38	0.10	12.50	3.10	0.61	91.70
Jc x Jp-F_1	22	3.33	0.10	15.00	3.93	0.84	117.97
Jc x Ji-F_2	213	3.89	0.10	21.70	3.95	0.27	101.63
Jc	12	8.21	5.80	12.50	1.92	0.56	23.43

Jc = *J. curcas*, Jm = *J. multifida*, Jp = *J. podagrica*, Ji = *J. integerrima*

Table 2 Mean of biomass yield, chemical composition and heat value in the highest top ten of inter-specific hybrids from Jatropha plant species.

Crosses	Fresh weight (kg/plant)	Dry weight (kg/plant)	Moisture content (%)	Cellulose (%)
Jc x Jm-F_1	6.25 b	2.41 b	62.32 b	45.07 a
Jc x Jp-F_1	6.02 b	2.16 b	66.37 a	44.04 a
Jc x Ji-F_2	16.22 a	8.87 a	54.95 c	40.59 b
Jc	8.21 b	3.04 b	67.21 a	43.01 ab
F-test	**	**	**	**
CV (%)	36.57	37.47	6.50	6.28
Mean	9.17	4.12	62.71	43.18
	Hemi-cellulose (%)	Lignin (%)	Ash (%)	Calorific value (cal/g)
Jc x Jm-F_1	15.53 a	15.12 a	5.40 ab	4,407 a
Jc x Jp-F_1	13.68 b	14.86 a	5.55 a	4,381 a
Jc x Ji-F_2	14.00 b	13.09 b	4.62 b	4,343 ab
Jc	13.54 b	14.61 ab	6.13 a	4,238 b
F-test	*	*	*	*
CV (%)	10.37	10.44	17.44	2.21
Mean	14.19	14.42	5.43	4,342

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test.
Jc = *J. curcas*, Jm = *J. multifida*, Jp = *J. podagrica*, Ji = *J. integerrima*

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 365-367 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 365-367 (2016)

ผลของโพแทสเซียมไอโอเดตต่อการเจริญและการสะสมไอโอดีนในแครอท
Effects of Potassium Iodate on Root Growth and Iodine Accumulation in Carrot

ชลธิชา เสนาพันธ์[1] พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง[1] รัตนาวดี คูคำ[1] และ กิตติพจน์ เพิ่มพูล[1]
Senaphan, C.[1], Rungcharoenthong, P.[1], Kookum, R.[1] and Permpul, K.[1]

Abstract

The effect of potassium iodate at different concentrations on root growth and iodine accumulation in carrot cv. Karuda Improved 8501 was observed. Potassium iodate at 0, 5, 10, 15, 20 and 25 mg/L were applied into planting media for 2 times. Yield such as root fresh weight, root length, root diameter, total sugar and iodine accumulation in root were examined. The results showed that potassium iodate promoted root growth and total sugar content in carrot. Potassium iodate application at 15 mg/L was increased fresh weight and total sugar content higher than the other treatment. Potassium iodate at 25 mg/L was decreased root growth and total sugar content. The high concentration of potassium iodate, the more iodine accumulation in carrot root was.

Keywords: carrot, iodine, potassium iodate

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการให้โพแทสเซียมไอโอเดตในความเข้มข้นที่ต่างกันต่อการเจริญของหัว และการสะสมไอโอดีนในแครอท พันธุ์ Karuda Improved 8501 โดยใช้ ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต คือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการให้ 2 ครั้ง ทำการเก็บข้อมูล เช่น น้ำหนักสด ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางรากสะสมอาหาร ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณไอโอดีนที่สะสมในแครอท ผลการทดลองพบว่า การให้โพแทสเซียมไอโอเดตสามารถเพิ่มการเจริญของหัว และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยการให้โพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มน้ำหนักสด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าชุดทดลองอื่น ขณะที่การให้โพแทสเซียมไอโอเดต 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้การเจริญของหัว และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง ส่วนของการสะสมไอโอดีนพบว่าการให้โพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้การสะสมไอโอดีนในหัวแครอทเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: แครอท ไอโอดีน โพแทสเซียมไอโอเดต

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น ดังนั้นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช (biofortification) และผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารเหล่านั้นและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยสนใจศึกษาไอโอดีนเนื่องจากเป็นแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ และถ้าร่างกายได้รับไอโอดีนไม่เพียงพอจะมีผลต่อการทำงานของต่อมไทรอยด์ และส่งผลให้สติปัญญาบกพร่อง เหนื่อยง่าย และร่างกายเจริญเติบโตช้า โดยในประเทศไทยพบว่ามีบุคคลบางกลุ่มไม่มีโอกาสบริโภคอาหารที่มีไอโอดีนจากอาหารทะเล เนื่องจากประชากรอาศัยอยู่พื้นที่สูงห่างไกลทะเล โดยเฉพาะทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีภาวะการขาดสารไอโอดีน สูงถึง 58% (สำนักโภชนาการ, 2558) ดังนั้นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช น่าจะเป็นแนวทางในการเพิ่มไอโอดีนให้กับผู้บริโภคได้มากขึ้น และส่งผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดี มีรายงานของวาสนา และคณะ (2556) ศึกษาผลของการให้โพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดตในผักกาดหอม พบว่าการให้โพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดตทุกระดับความเข้มข้นส่งผลให้มีการสะสมไอโอดีนในเนื้อเยื่อของผักกาดหอมเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับกานต์พิชชา และคณะ (2555) ศึกษาการให้โพแทสเซียมไอโอเดตในผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่าโพแทสเซียมไอโอเดตมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตและการสะสมไอโอดีนในเนื้อเยื่อของผักกาดฮ่องเต้เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาไอโอดีนในพืชยังไม่แพร่หลายส่วนใหญ่มีการศึกษาในพืชบริโภคใบแต่ยังขาดข้อมูลของพืชบริโภคหัวหรือส่วนที่เป็นรากสะสมอาหารและอีกทั้งในประเทศไทย นอกจากนี้ในแครอทยังมีสารไทโอไกลโคสิ

[1] โครงการจัดตั้งวิชาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Department of Botany, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaenSaen campus, NakhonPathom, 73140
* Corresponding authors: faasprr@ku.ac.th

เดส (thyoglycosides) เป็นตัวเปลี่ยนสารก่อคอพอกในอาหารให้ออกฤทธิ์เป็นพิษ และขัดขวางการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมนแต่สามารถสูญเสียไปได้เมื่อโดนความร้อน (สิริพันธุ์, 2541) ดังนั้น จึงสนใจศึกษาการให้โพแทสเซียมไอโอเดตในความเข้มข้นที่ต่างกันต่อการเจริญของหัว และการสะสมไอโอดีนในแครอท

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการปลูกแครอทพันธุ์ Karuda improved 8510 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ จำนวน 6 ชุดทดลอง ชุดละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 6 กระถาง โดยความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต คือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเมล็ดแครอท ลงในกระดาษเพาะเมล็ด เมื่อรากงอกประมาณ 2 มิลลิเมตร ซึ่งใช้เวลา 2-3 วัน และทำการย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกสีดำขนาด 12 นิ้ว กระถางละ 3 ต้น ให้สารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตทางดินจำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เมื่อรากมีการพัฒนาเป็นรากสะสมอาหารขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร 50% ของตัวอย่างที่พัฒนาราก และครั้งที่ 2 หลังจากครั้งแรก 30 วัน และทำการใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 6 ครั้ง ห่างกัน 2 สัปดาห์ และทำการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดโรคแมลงตามความจำเป็น ทำการเก็บเกี่ยวหลังจากให้โพแทสเซียมไอโอเดต ครั้งที่ 2 เป็นเวลา 30 วัน โดยเก็บข้อมูล เช่น น้ำหนักสดของต้นและราก ความยาวราก และเส้นผ่านศูนย์กลางรากสะสมอาหาร ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Albatasmeh et al., 2013) และปริมาณไอโอดีนที่สะสมในแครอททั้งในผลผลิตดิบและผลิตที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 30 นาที โดยวิธี Colorimetry (Garry et al., 1993) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยโปรแกรม R statistics รุ่น Ri386 3.2.3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการให้โพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้นต่างกันต่อการเจริญเติบโตของแครอท พบว่า การให้โพแทสเซียมไอโอเดตส่งเสริมให้มีน้ำหนักต้น และรากของแครอทเพิ่มขึ้น และแตกต่างกันทางสถิติ ที่โดยความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมให้น้ำหนักสดของต้นและราก สูงสุดคือ 89.05, 47.78, 39.39 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความยาวรากที่มีความยาวมากสุด 9.50 เซนติเมตร (Table 1) ในส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางรากพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบมากสุดที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 158.92 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อได้รับความเข้นข้นโพแทสเซียมไอโอเดต 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดต้นและราก ความยาวราก เส้นผ่านศูนย์กลางราก และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง สอดคล้องกับรายงานของ วาสนา และคณะ (2556) ศึกษาผลของการให้โพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้นต่างกันในผักกาดหอม พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดตเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมลดลง ซึ่งนพดล (2538) กล่าวว่าถ้าพืชดูดซึมไอโอดีนเข้าสู่ต้นมากเกินไปจะส่งผลให้พืชชะงักการเจริญเติบโต เพราะการให้ไอโอดีนในปริมาณที่สูงเกินไปอาจไปยับยั้งการดูดซึมธาตุอาหารของพืชส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของพืชลดลง ดังรายงานของ Zhu et al. (2003) พบว่าการให้โพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้นที่มากเกินไปมีผลทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากปวยเล้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อศึกษาผลของการให้โพแทสเซียมไอโอเดตต่อปริมาณการสะสมไอโอดีนของแครอทพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอโอเดตที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมให้มีการสะสมไอโอดีนของรากแครอทมากที่สุดทั้งในแบบสดและที่ผ่านกระบวนการนึ่ง คือ 105.32 และ 84.69 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ สุมาลี (2547) พบว่าการให้ไอโอดีนทางดินเมื่อเพิ่มปริมาณไอโอดีนที่ให้ทางดินจะทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ Smolen et al., (2014) รายงานว่าการให้ไอโอดีนร่วมกับปุ๋ยในโตรเจนสามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิตและการสะสมไอโอดีนในแครอท และมีปริมาณไอโอดีนเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายมนุษย์ในแต่ละวัน จากข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Thailand Recommended Daily Dietary Allowance; RDA) ได้กำหนดปริมาณสารไอโอดีนที่ร่างกายควรได้รับใน 1 วันสำหรับผู้ใหญ่ควรได้รับในปริมาณ 150 ไมโครกรัม (สิริพันธุ์, 2541; กองโภชนาการ, 2536)

สรุปผล

การให้โพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด รวมถึงปริมาณคุณภาพผลผลิต และการให้โพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะที่จะนำไปใช้ในการเพิ่มปริมาณคุณภาพผลผลิตและปริมาณไอโอดีนในแครอท

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ, 2536, แนวทางการควบคุมและป้องกันโรคขาดสารไอโอดีน, กองโภชนาการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

กานต์พิชชา ปัญญา, บุญร่วม คิดค้า และ วาสนา พิทักษ์พล, 2555, ผลของไอโอเดตต่อผลผลิตและการสะสมไอโอดีนของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยพะเยา.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ, 2538, การปลูกพืชไร้ดิน, รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

วาสนา พิทักษ์พล, เบญจมาภรณ์ จิตอารีย์ และ กานต์พิชชา ปัญญา, 2556, ผลของการฉีดพ่นไอโอไดด์และไอโอเดตต่อผลผลิตและการสะสมไอโอดีนในผักกาดหอม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยพะเยา.

สำนักโภชนาการ, 2558, ปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะหญิงตั้งครรภ์ปี 2557, สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ, 2541, โภชนศาสตร์เบื้องต้น, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุมาลี พบบ่อเงิน, 2547, การศึกษาปริมาณไอโอดีนที่ใส่ในดินในรูปของโพแทสเซียมไอโอเดตต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีน, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Albatasmeh, A., 2013, A new method for rapid determination of carbohydrate and total carbon concentrations using uv spectrophotometry, Carbohydrate Polymers, 97: 253-261.

Garry, P., J. D. Wayne Lashley and G. M. Owen, 1993, Automated measurement of urinary iodine, Clin Chem, 19: 950-953.

Zhu, Y. G., Y. Z. Huang, Y. Hu and Y. X. Liu, 2003, Iodine uptake by spinach (Spinacia oleracea L.) plants grown in solution culture effects of iodine species and solution concentrations, Environ. Int., 29: 33-37.

Smolen, S., W. Sady, I. Ledwozyw-Smolen, P. Strzetelski, M. Liszka-Skoczylas and S. Rozek, 2014, Quality of fresh and stored carrots depending on iodine and nitrogen fertilization, Food Chem, 159: 316-322.

Table 1 Effect of potassium iodate on root growth, total sugar and iodine accumulation in carrot cv. Karuda Improved 8501.

Potassium iodate (mg/L)	Fresh weight (g)			Root length (cm)	Root diameter (cm)	Total sugar (mg/100 g)	Iodine accumulation (µg/100 g fresh weight)	
	Shoot and root	Shoot	Root				Fresh	Stream
0	56.82cd	26.32e	27.20c	7.70ab	2.14	117.81bc	34.69c	35.83b
5	60.86bc	31.35cd	29.48bc	7.57b	2.39	104.60c	70.23b	48.80b
10	55.24d	39.32b	32.76b	9.27ab	2.17	158.92a	74.61b	51.94b
15	89.05a	47.78a	39.39a	9.50a	2.68	146.92ab	75.71b	75.50a
20	63.93b	31.81c	32.41b	9.47ab	2.39	144.56ab	81.34b	76.63a
25	58.64cd	26.88de	31.85b	2.39c	2.38	95.20c	105.32a	84.69a
F-test	0.05	0.05	0.05	0.05	ns	0.05	0.05	0.05
C.V. (%)	4.26	7.26	6.45	12.75	13.44	13.07	8.55	14.82

Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT at P< 0.05.

การศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชนเผ่ากะเลิงและภูไท จังหวัดสกลนคร

A Study on Ethnobotany of Ka-Laung and Phu Tai Tribe in Sakon Nakhon Province

หทัยรัตน์ โชคทวีพาณิชย์[1] ศุภาวรรณ ประพันธ์[1] ธนากร พูลทวี[1] และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา[2]

Chokthaweepanich, H.[1] Prapan, S.[1] Pooltawee, T.[1] and Paisooksantivattana, Y.[2]

Abstract

A study on ethnobotany of Ka-Laung tribe at Ban Nongkha, Kut Bak district and Phu Tai tribe at Ban Bungtawai, Tao Ngoi district, Sakon Nakhon province, were carried on during June 2006-Fabuary 2007. Specimens were collected and presented to the villagers for interviewing of plant uses and their methods of preparation. Total of 113 samples were collected. They are classified into 51 families, 91 genera, and 106 species. Four samples are unidentified. Thirty five families of 50 genera, 52 species were recorded from Ka-Laung tribe's village. Thirty three families of 52 genera, 57 species were recorded from Phu Tai tribe. The highest percentage of knowledge on plant uses was obtained from the informants with 50 year old or older. Regard to gender, female retains their knowledge on plant uses at higher percentage than male. Medicinal plant is the main use (78.76%) by both tribes follow by miscellaneous uses (16.81%), vegetables (11.50), and fruit (10.62%), respectively.

Keywords: ethnobotany, plant utilization, local community, local knowledge, Sakon Nakhon province

บทคัดย่อ

การศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชุมชนเผ่ากะเลิง บ้านหนองค้า ตำบลนาม่อง อำเภอกุดบาก จังหวัดสกลนคร และชุมชนเผ่าภูไท บ้านบึงทวาย อำเภอเต่างอย จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2550 โดยเก็บตัวอย่างพรรณพืช และสอบถามถึงวิธีการใช้ประโยชน์ สามารถเก็บตัวอย่างได้ทั้งสิ้น 113 ตัวอย่าง จำแนกชนิดได้ 106 ชนิด 91 สกุล 51 วงศ์ ไม่สามารถตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ได้ 4 ตัวอย่าง แบ่งเป็นพรรณพืชของชุมชนเผ่ากะเลิง 52 ชนิด 50 สกุล 35 วงศ์ และเป็นพรรณพืชของชุมชนเผ่าภูไท 57 ชนิด 52 สกุล 33 วงศ์ พบว่าทั้งสองชนเผ่า ช่วงอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป รู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชมากที่สุด เพศหญิงรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชมากกว่าเพศชาย และทั้งสองชนเผ่ามีรูปแบบการนำพรรณพืชมา ใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพรมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 78.76 รองลงมานำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ร้อยละ 16.81ด้านผักร้อยละ 11.50 และผลไม้ ใช้ประโยชน์น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 10.62

คำสำคัญ: พฤกษศาสตร์พื้นบ้าน การใช้ประโยชน์จากพืช ชุมชนพื้นเมือง ภูมิปัญญาท้องถิ่น จังหวัดสกลนคร

คำนำ

ในกลุ่มชนพื้นเมืองของท้องถิ่นต่างๆ ได้ดำรงชีวิตโดยอาศัยปัจจัยหลักจากธรรมชาติที่อยู่รอบตัว ส่วนใหญ่ได้จากพืช มีการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงที่จะนำพืชมาใช้ประโยชน์เพื่อความอยู่รอด โดยอาจดัดแปลงด้วยสติปัญญาความสามารถของแต่ละกลุ่มชนเพื่อให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น และได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้แก่ชนรุ่นหลังสืบต่อกันมาเป็นความรู้เฉพาะของกลุ่มชน เรียกว่า "ภูมิปัญญาพื้นบ้าน" (ชูศรี, 2544) จังหวัดสกลนครมีสภาพภูมิประเทศเหมาะแก่การตั้งถิ่นฐานของผู้คน จึงทำให้มีกลุ่มชนชาติพันธุ์ที่ปรากฏอยู่ในจังหวัดสกลนคร ดังนี้ ชาวไทยอีสาน ชาวผู้ไทยหรือชาวภูไท ชาวไทยกะเลิง ชายไทย้อ ชายไทยโย้ย ชาวไทยแสก ชาวไทยโส้ และยังมีกลุ่มชาวจีน และชาวเวียดนาม (ชัยมงคล, ม.ป.ป.) ซึ่งการดำรงชีวิตของกลุ่มชนเหล่านี้ยังคงมีลักษณะที่พึ่งพาอาศัยธรรมชาติเป็นหลัก ปัจจุบันความเจริญและเทคโนโลยีทำให้วิถีทาง ในการดำรงชีวิตของกลุ่มชนเปลี่ยนไป และกำลังละทิ้งภูมิปัญญาพื้นบ้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์จากพืช หรือเรียกว่า "พฤกษศาสตร์พื้นบ้าน" (ชูศรีและปริทรรศน์, 2552; Alcorn, 1995) จึงควรสำรวจและบันทึกข้อมูลความรู้เหล่านี้ไว้เพื่อนำมา

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, 47000

[2] คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak Bankok, 10900

พัฒนาต่อไปด้วยวิชาการทาง วิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น ดังนั้น การสำรวจครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ และเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชของชนเผ่าภูไทและเผ่ากะเลิงในจังหวัดสกลนคร

อุปกรณ์และวิธีการ

สำรวจพืชพื้นบ้านต่างๆ ที่ชาวบ้านเก็บนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันในเขตพื้นที่ชนเผ่าภูไท บ้านบึงทวาย ตำบลบึงทวาย อำเภอเต่างอย จังหวัดสกลนคร และชนเผ่ากะเลิง บ้านหนองค้า ตำบลนาหม่อง อำเภอกุดบาก จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2550 โดยเก็บตัวอย่างพรรณพืช พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลลักษณะของพืช ได้แก่ ลำต้น ใบ ดอก และผล ตลอดจนสอบถามวิธีการใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ เก็บตัวอย่างพืชโดยการอัดแห้ง เพื่อนำมาจำแนกชนิด และตรวจระบุชื่อวิทยาศาสตร์ โดยใช้หนังสือพรรณพฤกษชาติแห่งประเทศไทย ชื่อหนังสือพรรณไม้แห่งประเทศไทย (เต็ม, 2544) และเอกสารพรรณไม้พื้นบ้านอื่นๆ จากนั้นนำตัวอย่างแห้งไปสัมภาษณ์ชาวบ้านเพื่อสอบถามการใช้ประโยชน์จากพืชชนิดนั้นๆ โดยใช้แบบสอบถามจำนวน 20 ชุด แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างและความเหมือนของการใช้ประโยชน์จากพืชชนิดนั้นๆ

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

การสำรวจพรรณพืชในชุมชนเผ่ากะเลิงและเผ่าภูไท สามารถเก็บตัวอย่างได้ทั้งสิ้น 113 ตัวอย่าง จำแนกได้ 106 ชนิด 91 สกุล 51 วงศ์ ไม่สามารถตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ได้ 4 ชนิด ซึ่งพบพรรณพืชในพื้นที่ชนเผ่าภูไทมากกว่าในพื้นที่ชนเผ่ากะเลิง โดยแบ่งเป็นพรรณพืชของชนเผ่ากะเลิง 52 ชนิด 50 สกุล 35 วงศ์ ประกอบด้วย ไม่สามารถตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ได้ 1 ชนิด และเป็นพรรณพืชของชนเผ่าภูไท 57 ชนิด 52 สกุล 33 วงศ์ ไม่สามารถตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ได้ 3 ชนิด โดยพืชพบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือวงศ์ Leguminosae จำนวน 12 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 11.32 เนื่องจากพืชวงศ์นี้มีจำนวนสมาชิกมาก มีความสามารถในการกระจายพันธุ์ได้ดี และส่วนใหญ่มีเมล็ดจำนวนมาก ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้เนื่องจากมีระยะพักตัวยาวนาน (จันทรารักษ์, 2538) รองลงมาคือวงศ์ Euphobiaceae จำนวน 6 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 5.66 Acanthaceae, Rubiaceae และ Zingiberaceae วงศ์ละ 5 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 4.72 (Table 1)

Table 1 Plant utilization methods from Ka Laung and Phu Tai tribes

No.	Scientific name	Family	Common name	Utilization				Utilization method
				V	F	H	Ot	
1	*Acanthus ebracteatus*	Acanthaceae	เหงือกปลาหมอ			/		ใบนำมาต้มดื่มแก้โรคเบาหวาน และโรคทั่วไป (กะเลิง)
2	*Andrograhis paniculata*	Acanthaceae	ฟ้าทะลายโจร			/		ทั้ง 5 ส่วนนำมาทำยาลูกกลอนแก้โรคเบาหวาน แก้เมา (ภูไท)
3	*Barleria prionitis*	Acanthaceae	อังกาบหนู			/		ใบขยี้ทาแก้คัน (ภูไท)
4	*Barleria lupulina*	Acanthaceae	เสลดพังพอน			/		ใบขยี้ทาแก้แมลงสัตว์กัดต่อย (ภูไท)
5	*Rhinacanthus nasutus*	Acanthaceae	ทองพันชั่ง			/		ทั้ง 5 ส่วนแช่เหล้าขาวทาแก้โรคผิวหนัง (ภูไท)
6	*Amanita hemibapha*	Amanitaceae	เห็ดระโงกเหลือง	/				เป็นอาหาร (กะเลิง)
7	*Achyranthes aspera*	Amaranthaceae	หญ้าพันงูแดง			/		ทั้งต้นนำมาต้มดื่มขับปัสสาวะ รากนำมาต้มดื่มแก้ไอ (ภูไท)
8	*Amaranthus tricolor*	Amaranthaceae	ผักขมสวน	/		/		ใบนำมาต้มดื่มแก้กระเพาะและเป็นยาถ่าย (ภูไท)
9	*Cyathula prostrata*	Amaranthaceae	หญ้าพันงู			/		ทั้งต้นนำมาต้มดื่มขับเสมหะ (ภูไท)
10	*Annona reticulata*	Annonaceae	น้อยโหน่ง		/	/		ผลไม้ / ใบรมควันอบแก้อัมพฤกษ์ (ภูไท)
11	*Artabotrys spinosus*	Annonaceae	นมวัว			/		ใบ ต้น ดอก ราก นำมาต้มช่วยให้น้ำนมไหล (กะเลิง)
12	*Dasymaschalon* sp.	Annonaceae	โปร่งกิ่ว		/	/		ผลไม้ / รากนำมาต้มดื่มบำรุงกำลัง (ภูไท)
13	*Ellipeiopsis cherrevensis*	Annonaceae	นมแมวป่า		/	/		ผลไม้ / รากนำมาต้มดื่มแก้ร้อนใน (กะเลิง)
14	*Polyalthia* sp.	Annonaceae	นมน้อย		/	/		ผลไม้ / รากนำมาต้มดื่มบำรุงกำลัง และขับลม (ภูไท)
15	Unidentified 1	Apocynaceae	-			/		ทั้งต้นนำมาต้มดื่มแก้ไข้ แก้ร้อนใน (ภูไท)
16	*Aglaonema* sp.	Araceae	-				/	ไม้ประดับ (กะเลิง)
17	*Alocasia* sp.	Araceae	-				/	ไม้ประดับ (ภูไท)
18	*Schefflera* sp.	Araliaceae	หนุมานประสานกาย			/		ทั้ง 5 ส่วนต้มแก้หอบ หืด บำรุงกำลัง (กะเลิง)
19	*Myriopteron extensum*	Asclepiadaceae	อ้อยสามสวน		/			ผลใช้รับประทานกับเมี่ยง (กะเลิง)
20	*Ageralum conyzoides*	Asteraceae	หญ้าหมอน้อย			/		ทั้งต้นนำมาต้มดื่มแก้อัมพฤกษ์ขั้นแรก (ภูไท)
21	*Chromolaena odoratum*	Asteraceae	สาบเสือ			/		ใบกับลำต้นคั้นเอาน้ำผสมกับน้ำตาลใช้ดื่มแก้เจ็บคอ (ภูไท)
22	*Eclipta porstrata*	Asteraceae	ต้นกะเม็ง			/		ต้นต้มแก้โรคกระเพาะ ใบขยี้ห้ามเลือด รักษารังแค (ภูไท)
23	*Blumea* sp.	Asteraceae	โสนกินดอก	/				ยอดอ่อนใส่อ่อมหมู (กะเลิง)
24	*Connarae* sp.	Connaraceae	หมาตายซากราก				/	เมล็ดใช้เป็นยาพิษ (ภูไท)
25	*Tupistra* sp.	Convallariaceae	กำลังช้างสาร			/		ต้มบำรุงกำลัง เป็นยาอายุวัฒนะ (กะเลิง)
26	*Merremia bambusetorum*	Convolvulaceae	จิงจ้อ			/		ลำต้นนำมาต้มดื่มแก้ไอ (ภูไท)
27	*Momordica charantia*	Cucurbitaceae	มะระขี้นก	/				ยอดอ่อนและผลใช้เป็นผัก (ภูไท)
28	*Cycas siamensis*	Cycadaceae	ปรง			/		หัวแก้ไข้จับสั่น เป็นยาอายุวัฒนะ หรือฝนทาแมลงสัตว์กัดต่อย (กะเลิง)
29	*Actnoscirpus grossus*	Cyperaceae	หญ้าคมบาง			/		หัวต้มดื่มแก้ปัสสาวะขัด (กะเลิง) หัวต้มดื่มขับลมในกระเพาะ (ภูไท)

30	*Dioscorea bulbifera*	Dioscoreaceae	มันเครือบิด				/	หัวนำมาทำอาหาร (กะเลิง)
31	*Sansevieria trifasciata*	Draceanaceae	ลิ้นมังกร				/	เป็นไม้ประดับ (กะเลิง)
32	*Eriocaulon cinereum*	Eriocaulaceae	หญ้าหัวไม้ขีดไฟ			/		ทั้งต้นนำมาต้มเป็นยาอายุวัฒนะ (กะเลิง)
33	*Antidesma ghaesembilla*	Euphobiaceae	เม่าไข่ปลา		/			รับประทานผลสด (กะเลิง, ภูไท)
34	*Bridelia ovata*	Euphobiaceae	มะกา			/		รับประทานผลสดกับเกลือแก้ไอ ขับเสมหะ (ภูไท)
35	*Croton* sp.	Euphobiaceae	เปล้าใหญ่			/		ลำต้นต้มดื่มแก้โรคกระเพาะ (กะเลิง)
36	*Mallotus barbatus*	Euphobiaceae	ตองเต๊าะ	/		/		ใบใช้ทำห่อหมก / รากนำมาต้มดื่มขับรก (ภูไท)
37	*Sauropus androgynus*	Euphobiaceae	ผักหวานบ้าน	/		/		ใบอ่อนใช้เป็นอาหาร / ใบต้มแก้มะเร็ง (ภูไท)
38	Unidentified 2	Euphobiaceae	คอแมงม้า			/		ลำต้นต้มดื่มแก้โรคกระเพาะ (ภูไท)
39	*Hypoxis* sp.	Hypoxidaceae	ว่านดิน			/		ทั้งต้นต้มเป็นยาอายุวัฒนะ (กะเลิง)
40	*Hydrolea zeylanica*	Hydrophyllaceae	เทียน			/		ทั้งต้นต้มขับเสมหะ (ภูไท)
41	*Ocinum tenuiflorum*	Labiatae	กระเพรา	/		/		ผัก / ทั้งต้นนำมาต้มขับลม (ภูไท)
42	*Clerodendrum* sp.	Labiatae	-			/		ทั้งต้นนำมาต้มแก้โรคกระเพาะ (กะเลิง)
43	*Phyllodium elegans*	Labiatae	-			/		ทั้งต้นนำมาต้มแก้โรคกระเพาะ (กะเลิง)
44	*Cassytha filiormis*	Lauraceae	สังวาลพระอินทร์			/		ทั้งต้นนำมาต้มแก้โรคกระเพาะ (กะเลิง) / เครือต้มน้ำดื่มแก้หวัด (ภูไท)
45	*Leea indica*	Leeaceae	กะตังบาย				/	รากผูกกับผ้าดำแขวนคอความที่ตาเจ็บและมีขี้ตาไหล (กะเลิง)
46	*Bauhinia strychnifolia*	Leguminosae	ย่านางแดง			/		แก้เบื่อ แก้เมา บำรุงเลือด (กะเลิง)
47	*Bauhinia* sp.	Leguminosae	เสี้ยว			/		รากต้มเป็นยาอายุวัฒนะ (กะเลิง)
48	*Caesalpinia sappan*	Leguminosae	ฝาง			/	/	แก่นต้มบำรุงโลหิต / เปลือกทำสีย้อมผ้าได้สีเหลือง (กะเลิง)
49	*Clitoria ternatea*	Leguminosae	อัญชัน			/	/	ดอกทำยาแก้โรคประสาท สีผสมอาหาร ใบใช้เป็นอาหารวัว (ภูไท)
50	*Crotaralia pallida*	Leguminosae	หิ่งเม่น			/		รากต้มแก้ปัสสาวะขุ่นแดง (กะเลิง)
51	*Dunbaria* sp.	Leguminosae	ถั่ว			/		รากต้มเป็นยาอายุวัฒนะ (กะเลิง)
52	*Phyllodium elegans*	Leguminosae	เกล็ดปลาหมอ			/		รากแก้หอบหืด (กะเลิง) / ต้นต้มแก้ไข้มาลาเรีย (ภูไท)
53	*Tadehagi triquetrum*	Leguminosae	ถั่ว			/		ทั้งต้นต้มแก้โรคกระเพาะ (ภูไท)
54	*Uraria crinita*	Leguminosae	หางกระรอก				/	ใบใส่ลงในไหปลาร้าช่วยฆ่าหนอนแมลงวัน (ภูไท)
55	*Vigna* sp.	Leguminosae	ถั่วผี			/		รากต้มแก้ไป แก้โรคกระเพาะ (กะเลิง)
56	*Vigna luteola*	Leguminosae	ถั่วผี			/		รากต้มแก้ไอ แก้ไข้ (กะเลิง)
57	*Flemingia* sp.	Leguminosae	ถั่วผี			/		ทั้งต้นต้มแก้ไข้ (กะเลิง)
58	*Lilium* sp.	Liliaceae	ลิลลี่			/		ทั้งต้นต้มบำรุงกำลัง (ภูไท)
59	*Abelmoschus* sp.	Malvaceae	ฝ้ายผี			/		รากต้มขับปัสสาวะ บำรุงไต (กะเลิง)
60	*Sida cordifolia*	Malvaceae	หญ้าขัดมอญ			/		รากต้มแก้โรคเลือดออกตามเนื้อตัวและฝนทาแผล (กะเลิง) / ทั้งต้นต้มแก้โรคเบาหวาน ใบใช้ขยี้ห้ามเลือด (ภูไท)
61	*Ureana lobata*	Malvaceae	ขี้ครอก			/		รากต้มขับปัสสาวะ ใบใช้พอกแก้ปวดข้อ (ภูไท)
62	Unidentified 3	Malvaceae	-			/		ทั้งต้นนำมาต้มดื่มแก้ไอ หอบหืด ขับเสลด (กะเลิง)
63	*Stephania* sp.	Menispermaceae	บอระเพ็ดพุงช้าง			/		รากต้มแก้โรคประสาท บำรุงสมอง (กะเลิง)
64	*Ficus hirta*	Moraceae	มะเดื่อ			/		รากต้มแก้กระหาย ผลใช้แก้พิษฝี (ภูไท)
65	*Ficus* sp.	Moraceae	มะเดื่อ		/	/		ผลไม้ / เปลือกเข้ายา แก้ประดง แก้ลมพิษ ขับปัสสาวะ (ภูไท)
66	*Ardisia helferiana*	Myrsinaceae	พวงตุ้มหู		/			รับประทานผลสด (ภูไท)
67	*Ardisia pilosa*	Myrsinaceae	พวงตุ้มหู		/	/		ผลไม้ / รากต้มแก้ไข้ (กะเลิง) ลำต้นต้มแก้โรคกระเพาะ (ภูไท)
68	*Gomphia serrata*	Ochnaceae	ช้างน้าว			/		รากและต้นต้มน้ำดื่มบำรุงร่างกาย ใบต้มแก้ไข้ (ภูไท)
69	*Jasminum* sp.	Oleaceae	ไส้ไก่			/		ลำต้นอมแก้แผลในช่องปาก (กะเลิง)
70	*Jasminum annamense*	Oleaceae	มะลิป่า			/		รากนำมาต้มดื่มแก้ไข้ (ภูไท)
71	*Ludwigia hyssopifolia*	Onagraceae	เทียนนา			/		รากต้มแก้โรคกระเพาะ (กะเลิง)
72	*Habenaria dentata*	Orchidaceae	นางอั้ว				/	ไม้ประดับ (กะเลิง)
73	*Nervilia* sp.	Orchidaceae	บัวสันโดษ			/		รับประทานหัวสดหรือนำมาต้มดื่มแก้ไอและแก้ช้ำใน (กะเลิง)
74	Unidentified 4	Orchidaceae	บัวดิน			/		ทั้งต้นต้มแก้โรคกระเพาะ (ภูไท)
75	*Pandanus* sp.	Pandanaceae	เตยหนาม				/	ใบนำมาทอเสื่อ (กะเลิง)
76	*Peperomia pellucida*	Piperaceae	ผักกระสัง			/		ทั้งต้นขยี้ทาที่แผลน้ำร้อนลวกและไฟไหม้ (ภูไท)
77	*Zea mays*	Poaceae	ข้าวโพด	/		/	/	ฝักกินเป็นอาหาร ซังแห้งต้มขับปัสสาวะ ใบใช้เป็นอาหารสัตว์ (ภูไท)
78	*Drynaria bonii*	Polypodiaceae	กระแตไต่ไม้				/	ไม้ประดับ (กะเลิง)
79	*Dynaria* sp.	Polypodiaceae	กระแตไต่ไม้			/	/	ต้นต้มขับปัสาวะ เบาหวาน ใบใช้มวนยาสูบ แก้ริดสีดวงทวาร (ภูไท)
80	*Lentinus* sp.	Polyporaceae	เห็ดนางฟ้า	/				เป็นผักทำอาหาร (กะเลิง)
81	*Zizyphus oenoplia*	Rhamanceae	เล็บเหยี่ยว		/	/		ผลไม้ / ใช้ทั้งต้นต้มขับน้ำนม (ภูไท)
82	*Ixora finlaysoniana*	Rubiaceae	เข็มขาว			/	/	ใบต้มแล้วนำมาอมเพื่อรักษาแผลในปาก (ภูไท)
83	*Ixora* sp.	Rubiaceae	เข็มป่า			/		ใบตำผสมน้ำหยอดตาแก้ตาแดง (ภูไท)
84	*Morinda citrifolia*	Rubiaceae	ยอ	/		/		ใบอ่อนเป็นผักนำมาทำห่อหมก / ผลต้มแก้นิ่ว (ภูไท)
85	*Oxyceros horridus*	Rubiaceae	คัดเค้า			/		ต้นต้มแก้เจ็บเอว ผลใช้บำรุงโลหิต เมล็ดบดผสมน้ำผึ้งปั้นทำยาลูกกลอน (ภูไท)
86	*Oldenlandia* sp.	Rubiaceae	-				/	ไม้ประดับ (ภูไท)
87	*Glycosmis pentaphylla*	Rutaceae	เขยตาย			/		รากต้มแก้ฝีภายใน ดอกและผลแก้เมาร้อน ขับน้ำนม (ภูไท)
88	*Micromelum minutum*	Rutaceae	สะมัด			/		รากและต้นต้มขับลม (ภูไท)
89	*Lygodium flexousum*	Schizaeaceae	หญ้ายายเภา			/		รากต้มแก้ปวดสันหลัง เส้น แขน และขา (กะเลิง) / รากต้มบำรุงร่างกาย (ภูไท)
90	*Smilax* sp.	Smilacaceae	เขืองกระแต			/		รากต้มเป็นยาอายุวัฒนะ (กะเลิง)
91	*Solanum indicum*	Solanaceae	มะแว้ง	/		/		ผลสดใช้เป็นผัก หรือรับประทานแก้ไอ ใบต้มลดความดัน (ภูไท)
92	*Solanum torvum*	Solanaceae	มะเขือพวง	/		/		ผลสดใช้เป็นผัก หรือรับประทานแก้ไอ ใบต้มลดความดันเบาหวาน (ภูไท)
93	*Helicteres hirsuta*	Sterculiaceae	ปอเต่าไห้			/		ทั้งต้นต้มดื่มขับปัสสาวะ (ภูไท)

94	*Helicteres* sp.	Sterculiaceae	ขี้หนอน			/		รากต้มดื่มแก้โรคกระเพาะ (กะเลิง)
95	*Stemona collinsae*	Stermonaceae	หนอนตายอยาก				/	หัวนำมาต้มน้ำดื่มขับพยาธิ (กะเลิง)
96	*Colona auriculata*	Tiliaceae	ปอพราน			/		รากและเปลือกต้มแก้โรคกระเพาะ (ภูไท)
97	*Microcos paniculata*	Tiliaceae	คอม			/		ลำต้นรับประทานแก้โรคกระเพาะ (ภูไท)
98	*Clerodendrum serratum*	Verbenaceae	อัคคีทวาร			/		ทั้งต้นต้มเป็นยาอายุวัฒนะ (กะเลิง)
99	*Sphenodesme involucrata*	Verbenaceae	เถาวัลย์ปูน			/		เถานำมาต้มน้ำดื่มแก้ปวดเส้น (ภูไท)
100	*Tectona grandis*	Verbenaceae	สัก			/	/	ใบต้มแก้โรคกระเพาะ / กิ่งอ่อนใช้ทำหลอดและเครื่องประดับ (ภูไท)
101	*Cissus* sp.	Vitaceae	ออบแอบ	/				ยอดอ่อนใส่แกงส้มหรือต้มส้ม (กะเลิง)
102	*Boesenbergia* sp.	Zingiberaceae	กระชายป่า			/		หัวต้มแก้ท้องอืดท้องเฟ้อ (กะเลิง)
103	*Curcuma* sp.	Zingiberaceae	พญาว่าน			/		หัวนำมาต้มน้ำดื่มแก้พิษสัตว์ แก้ปวดท้อง (กะเลิง)
104	*Kaempferia galangal*	Zingiberaceae	ว่านหอม				/	นำหัวมาขยี้ใช้ทาตัวแทนน้ำหอม (กะเลิง)
105	*Zingiber* sp.	Zingiberaceae	กระทือ			/		รากต้มดื่มแก้ท้องอืด (กะเลิง)
106	*Zingiber zerumbet*	Zingiberaceae	กระทือ			/		รากต้มดื่มแก้ท้องอืดท้องเฟ้อ (กะเลิง)

Note: V = Vegetable F = Fruit H = Herb Ot = Other

การใช้ประโยชน์พรรณพืชของชุมชนเผ่ากะเลิงและเผ่าภูไท ในจังหวัดสกลนคร

จากผลการศึกษาการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชทั้งสองชนเผ่า พบว่า เพศหญิงรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชมากกว่าเพศชาย โดยเพศหญิงเผ่ากะเลิงรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชร้อยละ 50.72 ส่วนเพศชายรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชร้อยละ 49.28 ทั้งนี้เพศหญิงเผ่าภูไทรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชร้อยละ 51.73 ส่วนเพศชายรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชร้อยละ 48.27 ซึ่งสาเหตุที่เพศหญิงรู้จักการใช้ประโยชน์มากกว่าเพศชาย เนื่องจากเพศหญิงมีหน้าที่ดูแลความเป็นอยู่ของคนในครอบครัว เช่น จัดเตรียมอาหาร ดูแลสุขภาพสมาชิกในครอบครัว การจัดเตรียมเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มและของใช้ที่จำเป็นในครัวเรือน นอกจากนี้ การประกอบอาชีพส่วนใหญ่คือ การทำการเกษตร โดยมีการสืบทอดความรู้การใช้ประโยชน์จากพรรณพืชเพื่อนำมาใช้ในการรักษาโรคจากคนรุ่นก่อน (ปิยวรรณ, 2539) ส่วนสาเหตุที่เพศชายรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชน้อย เนื่องจาก ส่วนใหญ่ (ยกเว้นคนสูงอายุ) มักออกไปประกอบอาชีพนอกบ้าน (เยาวนิตย์, 2538; สุมาลี, 2546)

การใช้ประโยชน์ของพรรณพืชเมื่อพิจารณาเพศและอายุ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไปของทั้ง 2 ชนเผ่า รู้จักการใช้ประโยชน์มากที่สุด เนื่องจาก มีความรู้ ประสบการณ์ และรู้จักวิธีการใช้ประโยชน์จากพรรณพืช โดยความเป็นอยู่ของทั้ง 2 ชนเผ่าคล้ายคลึงกัน คือ เพศชายจะออกไปประกอบอาชีพนอกบ้าน ส่วนเพศหญิงและคนสูงอายุที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไปส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม และเฝ้าบ้านดูแลบุตรหลานจึงทำให้รู้จักวิธีการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชมากกว่าทุกวัย (เยาวนิตย์, 2538) ส่วนผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุต่ำกว่า 30 ปี ของทั้งสองชนเผ่ารู้จักวิธีการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชน้อยที่สุด เนื่องจากมีประสบการณ์น้อย ไม่รู้จักสรรพคุณของพรรณพืชมากนัก โดยเฉพาะเรื่องสมุนไพร (ปิยวรรณ, 2539)

การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์พรรณพืชของชุมชนเผ่ากะเลิงและเผ่าภูไท

จากผลการศึกษา พบว่า ทั้งสองชนเผ่ารู้จักการใช้ประโยชน์พรรณพืชในด้านสมุนไพรมากที่สุด โดยชนเผ่าภูไทรู้จักใช้ประโยชน์จากพืชด้านสมุนไพร 51 ชนิด จากพืชที่สำรวจพบ 60 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 85.00 ขณะที่ชนเผ่ากะเลิงรู้จักใช้ประโยชน์จากพืชด้านสมุนไพร 38 ชนิด จากพืชที่สำรวจพบ 53 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 71.70 โดยการใช้พืชสมุนไพรส่วนใหญ่เป็นการรักษาโรคที่มีอาการไม่มากนัก เช่น การเกิดบาดแผล เป็นไข้ ปวดเมื่อย ปวดท้อง ท้องผูก แมลงสัตว์กัดต่อย เป็นต้น ทั้งนี้เพราะสรรพคุณดีและราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับยาแผนปัจจุบัน (ทัศนีเวศ, 2538) รองลงมาคือ การใช้ประโยชน์จากพรรณพืชด้านอื่นๆ เช่น ปลูกเป็นไม้ประดับ ใช้ในพิธีกรรมต่างๆ สีย้อม สีผสมอาหาร เครื่องสำอาง และเครื่องประดับ เป็นต้น ซึ่งชนเผ่ากะเลิงรู้จักใช้ประโยชน์จากพืชด้านอื่นๆ จำนวน 10 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 18.87 จากจำนวนพืชที่สำรวจพบจากพื้นที่ชนเผ่ากะเลิง ส่วนชนเผ่าภูไทรู้จักใช้ประโยชน์จากพืชด้านอื่นๆ จำนวน 9 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 15.00 จากจำนวนพืชที่สำรวจพบจากพื้นที่ชนเผ่าภูไท และในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้ปลูกพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นในพื้นที่กว้าง มีผลทำให้ผักและผลไม้สามารถพบทั่วไปตามตลาด ซึ่งหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก และสะดวกสบาย ไม่จำเป็นต้องเข้าไปเก็บในป่า (ทัศนีเวศ, 2538) จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สองชนเผ่ารู้จักใช้ประโยชน์ด้านผักและผลไม้น้อยกว่าด้านสมุนไพรและด้านอื่นๆ (Table 1 และ Figure 1)

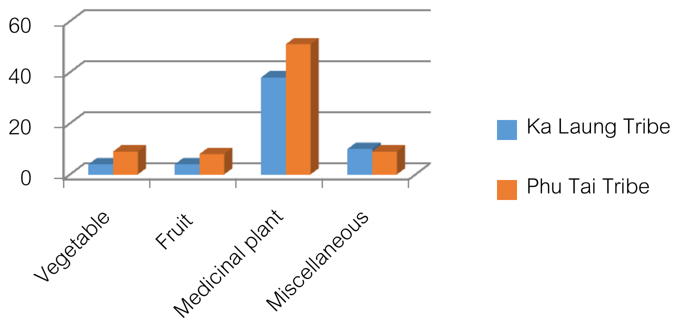


Figure1 Comparison of plant utilization methods in daily life between Ka Laung and Phu Tai tribes in Sakon Nakhon Province

สรุปผล

จากการสำรวจพรรณพืชในชุมชนเผ่ากะเลิง และชุมชนเผ่าภูไท พบว่า เก็บตัวอย่างได้ทั้งสิ้น 113 ตัวอย่าง จำแนกชนิดได้ 106 ชนิด 91 สกุล 51 วงศ์ เป็นพรรณพืชของเผ่ากะเลิง 52 ชนิด 50 สกุล 35 วงศ์ และไม่สามารถตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ได้ 1 ชนิด เป็นพรรณพืชของชนเผ่าภูไท 57 ชนิด 52 สกุล 33 วงศ์ และไม่สามารถตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ได้ 3 ชนิด โดยพืชที่พบมากที่สุดของชนเผ่ากะเลิง คือวงศ์ Leguminosae และของชนเผ่าภูไท คือวงศ์ Rubiaceae ทั้งสองชนเผ่าเพศหญิงรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชมากกว่าเพศชาย และช่วงอายุ 50 ปีขึ้นไปรู้จักการใช้ประโยชน์จากพรรณพืชมากที่สุด นอกจากนี้ทั้งสองชนเผ่ามีรูปแบบการนำพรรณพืชมาใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพรมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 78.76

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณชาวบ้านชนเผ่าภูไท บ้านบึงทวาย ตำบลบึงทวาย อำเภอเต่างอย และชนเผ่ากะเลิง บ้านหนองค้า ตำบลนาหม่อง อำเภอกุดบาก จังหวัดสกลนคร ที่กรุณาให้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพรรณพืช

เอกสารอ้างอิง

จันทรารักษ์ โตวรานนท์, 2538, พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวไทลื้อ ชาวม้ง และชาวเย้า ในบางพื้นที่ของจังหวัดน่าน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ชูศรี ไตรสนธิ, 2544, พฤกษศาสตร์พื้นบ้าน. แหล่งที่มา: http://www.science.cmu.ac.th/bio19.html, 13 กรกฎาคม 2559.

ชูศรี ไตรสนธิ และปริทรรศ์ ไตรสนธิ, 2552, การศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านในประเทศไทยกรณีศึกษาในอำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน, วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 1(1): 1-23.

ชัยมงคล จินดาสวัสดิ์, ม.ป.ป., ชาติพันธุ์ในจังหวัดสกลนคร. (เอกสารสำเนา)

เต็ม สมิตินันท์, 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. บริษัท ประชาชน จำกัด, กรุงเทพฯ, 810 น.

ทัศนียเวศ ยะโส, 2538, พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวถิ่นและชาวลั๊วะ ในเขตตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

ปิยวรรณ วินิจชัยนันท์, 2539, พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวกะเหรี่ยง ในจังหวัดเชียงใหม่, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่

เยาวนิตย์ พลพิมพ์, 2538, การศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวเขาเผ่าต่าง ๆ ในเขตศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก้น้อยและหนองเขียว จังหวัดเชียงใหม่, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

สุมาลี ทองดอนแอ, 2546, การศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชุมชนไทยทรงดำในจังหวัดกาญจนบุรี และ จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Alcorn, J.B., 1995, The scope and aims of ethnobotany in a developing world. P. 23-39. In: R.E. Schultes & S. von Reis. Ethnobotany evolution of a discipline. Chapman & Hall, London.

นิเวศวิทยา และการเจริญเติบโตของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำบนสังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำที่กระจายตามสันเขาหินปูนในพื้นที่ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

Ecology and Plantlet Growth of *Holcoglossum kimballianum* (Rchb.f.) Garay in a Limestone Forest at Doi Ang khang, Chiang Mai, Thailand

วิทยา ทีโสดา[1] ชิต อินปรา[1] วิชญ์ภาส สังพาลี[2] และ ประนอม ยังคำมั่น[1]

Teesoda, W.[1], Inpar, C.[1], Sungpalee, W.[2] and Yangkhamman, P.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the types and bark traits of *Holcoglossum kimballianum* (Rchb.f.) Garay grown in various habitats as well as the growth performance in a limestone forest at Doi Ang khang, Chiang Mai, Thailand. Obtained data were used for the conservation of natural *H. kimballianum*. Four 50×50 meters plots were prepared in the area of dense *H. kimballianum* scattered around the limestone crest forest. There have been 26 plant varieties (16 kinds of perennial and 10 kinds of liana) with 6 different bark traits of fissured-bark, peeling-stripping bark, scaly-dippled scaly bark, smooth-bark, thorny-bark, and limestone in this habitat. There have been 1,405 orchids grown on tree barks in the area where smooth bark were mostly attached by orchids (526 orchids). In terms of growth performance, it was found that the mature orchids grown on scaly-dippled scaly bark expressed the best attributes in leaf width, leaf length, and root diameter.

Keywords: orchid, *Holcoglossum kimballianum*, limestone

บทคัดย่อ

การศึกษานิเวศวิทยาและความสามารถของการเติบโตของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ เป็นการศึกษาชนิดและลักษณะผิวของแหล่งอาศัย รวมถึงความสามารถของการเติบโตบนแหล่งอาศัยแต่ละชนิดตามสันเขาหินปูนในป่าดิบเขาบนดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำข้อมูลไปใช้อนุรักษ์ประชากรธรรมชาติ วางแปลงขนาด 50×50 เมตร จำนวน 4 แปลง ในบริเวณที่พบกล้วยไม้อาศัยหนาแน่น ซึ่งเป็นสังคมพืชแบบป่าดิบเขาระดับต่ำกระจายตามสันเขาหินปูน พบว่ากล้วยไม้สามารถเกาะอาศัยได้ทั้งบนหินปูน เถาวัลย์และไม้ยืนต้น พบพรรณไม้ที่เป็นแหล่งอาศัย 26 ชนิด (ไม้ยืนต้น 16 ชนิด เถาวัลย์ 10 ชนิด) ลักษณะผิวต่างกัน 6 แบบ (ผิวแตกเป็นร่อง ผิวแตกเป็นแผ่นล่อน ผิวแตกเป็นเกล็ด ผิวเรียบ ผิวหนาม และผิวหินปูน) มีกล้วยไม้เกาะอาศัยทั้งสิ้น 1,405 ต้น ผิวเรียบมีกล้วยไม้เกาะอาศัยมากที่สุด (526 ต้น) ส่วนความสามารถของการเติบโตบนแหล่งอาศัยแต่ละชนิด พบว่า ระยะต้นเต็มวัยที่เกาะอาศัยบนไม้ยืนต้นที่ผิวแตกเป็นเกล็ด มีความยาวใบ ความกว้างใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางรากมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: กล้วยไม้ เอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ เขาหินปูน

คำนำ

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพและพรรณพืชสูง โดยเฉพาะพืชวงศ์กล้วยไม้ (Orchidaceae) สามารถพบได้ในสภาพนิเวศที่หลายหลาก บางชนิดมีขอบเขตการกระจายพันธุ์ที่จำกัด บางชนิดพบได้ทั่วไปขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสภาพป่าที่พบกล้วยไม้ชนิดนั้นๆ (Schuiteman และ de Vogel, 2000) *Holcoglossum* เป็นกล้วยไม้อิงอาศัยสกุลหนึ่ง พบทั้งสิ้น 12 ชนิด กระจายพันธุ์จาก มาเลเซีย เมียนมาร์ เวียดนาม ไทยไปจนถึงทางตะวันตกเฉียงใต้ของจีน มีถึง 8 ชนิดที่เป็นพืชอาศัยเฉพาะถิ่น (endemic species) (Jin และ Wood, 2009) *Holcoglossum kimballianum* (Rchb.f.) Garay (เอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ) เป็นหนึ่งชนิดที่มีความสวยงาม หายาก และใกล้จะสูญพันธุ์จากสภาพป่าธรรมชาติ แหล่งที่พบ

[1] **สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290**

[1] Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, 50290

[2] **คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290**

[2] Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, 50290

ในประเทศไทยเป็นป่าดิบตามภูเขา สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,400 เมตร แต่ข้อมูลจากการสำรวจในแต่ละแหล่งอาศัยยังมีน้อยมาก การศึกษาครั้งนี้เพื่อรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโตของเอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำในป่าดิบเขาบนดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่และหวังเป็นส่วนหนึ่งของการอนุรักษ์กล้วยไม้ให้คงอยู่ในพื้นที่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษา ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตำบลแม่งอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ เครื่องมือค้นหาพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) เทปวัดระยะ แผ่นป้ายเขียนสัญลักษณ์ (tag) เครื่องมือวัดขนาด (vernier caliper) กล้องถ่ายรูปและแบบบันทึกข้อมูลต่างๆ พื้นที่เป็นแอ่งหุบเขาเกิดจากเขาหินปูน สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,400 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 3 ปี (2556-2558) 20.11°C สูงสุดเฉลี่ย 28.11°C (เมษายน) ต่ำสุดเฉลี่ย 12.10°C (ธันวาคม) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,938 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.1 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะสังคมพืชธรรมชาติเป็นสังคมพืชป่าดิบเขา ชนิดย่อยแบบสังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำ วางแปลงขนาด 50 × 50 เมตร จำนวน 4 แปลง (พิกัด UTM แปลงที่ 1 X 502445 Y 2160945 แปลงที่ 2 X 502361 Y 2160878 แปลงที่ 3 X 502449 Y 2160801 และแปลงที่ 4 X 502354 Y 2160059) ในบริเวณที่พบกล้วยไม้อาศัยหนาแน่น เพื่อเป็นตัวแทนในการบันทึกข้อมูลการเติบโต (จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และเส้นผ่านทางศูนย์กลางราก) ช่วงการเติบโต 3 ระยะ ได้แก่ ระยะต้นกล้า (ใบแบน เล็ก ไม่เกิน 2 ใบ สีเขียวอ่อน รากและลำต้นสั้น) ระยะต้นหนุ่ม (ใบกลมหรือเกือบกลม ยาว มี 2 ใบขึ้นไป สีเขียวถึงเขียวเข้ม ลำต้นสั้น รากใหญ่ยาว ไม่เคยออกดอก) และระยะต้นเต็มวัย (รากและใบใหญ่ยาว เป็นเส้นกลมหรือเกือบกลมห้อยลง สีเขียวเข้มหรือม่วงเข้ม เคยออกดอกแล้ว) ที่อาศัยบนสิ่งยึดเกาะ (ไม้ยืนต้น เถาวัลย์ และหินปูน) รวมถึงลักษณะผิวของสิ่งยึดเกาะ (ผิวแตกเป็นร่อง ผิวแตกเป็นแผ่นล่อน ผิวแตกเป็นเกล็ด ผิวเรียบ ผิวหนาม และผิวหินปูน) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของแต่ละค่าการเติบโต ของแต่ละช่วงการเติบโต และของแหล่งอาศัยแต่ละชนิดรวมถึงลักษณะผิวของสิ่งยึดเกาะ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Honestly significant difference (HSD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะสังคมพืชเป็นสังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำที่กระจายตามสันเขาหินปูน ต้นไม้ขึ้นตามซอกหิน ลำต้นคดงอ สภาพป่าทั่วไปแน่นทึบเพราะมีไม้เลื้อยหลายชนิดขึ้นปกคลุม พบพรรณไม้ที่เอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำเกาะอาศัยทั้งสิ้น 26 ชนิด (ไม้ยืนต้น 16 ชนิด เถาวัลย์ 10 ชนิด) ใน 16 วงศ์ 24 สกุล (Table 1) อาจกล่าวได้ว่ากล้วยไม้ชนิดนี้สามารถเกาะอาศัยบนสิ่งยึดเกาะที่หลากหลาย สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า กล้วยไม้ส่วนใหญ่ไม่มีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดต้นไม้ที่ให้อาศัย แต่มีแนวโน้มที่จะชอบขึ้นอยู่บนต้นไม้บางชนิด (Watthana และ Pedersen, 2008) ซึ่งจำแนกตามลักษณะผิวที่ต่างกันได้ 6 ลักษณะ คือ ผิวเรียบ (smooth bark) ผิวแตกเป็นร่อง (fissured bark) ผิวแตกเป็นแผ่นล่อน (peeling-stripping bark) ผิวแตกเป็นเกล็ด (scaly-dippled scaly bark) ผิวหนาม (thorny bark) และผิวหินปูน (limestone) มีกล้วยไม้เกาะอาศัยทั้งสิ้น 1,405 ต้น ผิวที่มีกล้วยไม้เกาะอาศัยมากที่สุด คือ ผิวเรียบ (smooth bark) จำนวน 526 ต้น (Table 2) อาจเป็นเพราะลักษณะผิวดังกล่าวเหมาะสมต่อการยึดเกาะและอยู่อาศัย สอดคล้องกับ ปัญญาและดวงใจ (2551) ที่ศึกษา Hosts ของกล้วยไม้อิงอาศัยในป่าดิบเขาบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง พบว่ากล้วยไม้เกาะอาศัยอยู่มากบนต้นไม้ที่มีผิวเปลือกแบบเรียบ จนถึงขรุขระ ผสมกับการแตกเป็นเกล็ด (scaly bark) ของต้นหว้า (*Cleistocalyx nervosum* (DC.) A.J.D.H. Kostermans) และช่วงการเติบโตในแต่ละแหล่งอาศัย พบว่า ทุกช่วงระยะของการเติบโตบนต้นไม้จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรากใหญ่ที่สุด (Table 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกล้วยไม้ชนิดนี้เป็นกล้วยไม้รากอากาศซึ่งเป็นรากพิเศษที่สามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารเองได้ และต้นไม้ยังมีผิวเปลือกที่สามารถเก็บความชื้นและอินทรียวัตถุให้รากได้ใช้ประโยชน์ทำให้รากเติบโตได้ดี ซึ่งผิวเปลือกที่เอื้อต่อการเติบโต คือ ผิวแตกเป็นเกล็ด (scaly-dippled scaly bark) โดยเฉพาะระยะต้นเต็มวัยที่อาศัยอยู่บนผิวเปลือกลักษณะนี้จะมีความกว้างใบ ความยาวใบ และเส้นผ่าศูนย์กลางราก มากที่สุด (Table 4) อาจกล่าวได้ว่าการเกาะอาศัยและการเติบโตของกล้วยไม้ชนิดนี้ไม่ได้มีปัจจัยของชนิดพรรณไม้เป็นตัวกำหนด แต่เป็นลักษณะผิวหรือเปลือกเป็นตัวกำหนดว่ากล้วยไม้จะเติบโตบนแหล่งอาศัยนั้นๆได้หรือไม่ ซึ่งอันที่จริงแล้วกล้วยไม้ต้องการเพียงซากอินทรีย์ที่สะสมอยู่บนผิวเปลือกที่กล้วยไม้ขึ้นอยู่จากต้นไม้ที่ขึ้นอิงอาศัยเท่านั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ (Goh และ Kluge, 1989) ดังนั้นลักษณะผิวดังกล่าวจึงน่าจะมีปัจจัยที่เอื้อต่อการเติบโตเพราะ

มีลักษณะค่อนข้างนุ่ม ซึมซับน้ำและรักษาความชื้นได้ดี มีพื้นที่ในการเก็บอินทรียวัตถุที่เป็นปัจจัยในการเติบโต ทำให้กล้วยไม้สามารถเจริญเติบโตได้ดี

สรุปผล

เอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำสามารถอาศัยอยู่บนไม้ยืนต้น เถาวัลย์ และหินปูน จำนวน 387 627 และ 391 ต้น ตามลำดับ แยกเป็นไม้ยืนต้น 16 ชนิด เถาวัลย์ 10 ชนิด ใน 16 วงศ์ 24 สกุล จำแนกเป็นลักษณะผิวที่ต่างกันได้ 6 ลักษณะ รวมทั้งผิวของหินปูน ได้แก่ ผิวเรียบ ผิวแตกเป็นร่อง ผิวแตกเป็นแผ่นล่อน ผิวแตกเป็นเกล็ด ผิวหนาม และผิวหินปูน และยังพบว่ากล้วยไม้ชนิดนี้เกาะอาศัยอยู่บนพรรณไม้ที่มีลักษณะผิวแบบเรียบ จำนวนมากที่สุด (526 ต้น) แต่มีการเจริญเติบโตบนพรรณไม้ที่มีผิวแตกเป็นเกล็ด ดีที่สุดในระยะต้นเต็มวัย (ความยาวใบ 32.90 ซม. ความกว้างใบ 0.38 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางราก 0.37 ซม.)

เอกสารอ้างอิง

ปัญญา สุขสมกิจ และดวงใจ ศุขเฉลิม, 2551. Hosts ของกล้วยไม้อิงอาศัยในป่าดิบเขาบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. วารสารวิจัยพืชเขตร้อน, 1:83-92.

Goh, C.J., and Kluge, M., 1989, Gas Exchange and Water Relations in Epiphytic Orchid, pp. 139-166. *In* U. Luttge (ed), Vascular Plant as Epiphytes: Evoluation and Ecophysiology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. *Cited* F.W. Went. 1940. Soziologie der epiphyten eines tropischen Urwaldes. Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg. 50: 1-98.

Jin XH, Wood JJ., 2009, *Holcoglossum*. In: *Flola of Chaina*, Vol. 25. (eds Wu ZY & Raven PH), pp. 499-502. Science Press, Beijing, Missouri Botanical Garden, St. Louis.

Schuiteman, A., and de Vogel, E. F., 2000, Orchid Genera of Thailand, Laos, Cambodia,and Vietnam. Nationaal

Watthana, S., and Pedersen, H. A., 2008, Phorophyte diversity, substrate requirements and fruit set in *Dendrobium scabrilingue* (Orchidaceae): basic observation for re-introduction experiments. Nat. Hist. J. Chulalongkorn Univ. 8(2): 135-142.

Table 1 Shows the types of plants, bark and population surveyed in the study area.

Family	Species list		Habitat	Orchid population	Bark
	Botanical name	Local name			
URTICACEAE	*Debregeasia wallichiana* Wedd.	เต้ามด	T	***	Peeling
MELIACEAE	*Chukrasia tabularis* A. Juss.	ยมหิน	T	*	fissured
	Aphanamixis polystachya (Wall.) R. Parker	ตาเสือ	T	*	fissured
RUBIACEAE	*Tarennoidea wallichii* (Hook. f.) Tirveng. & Sastre	คอไก่	T	*	Smooth
	Pavetta indica L. var. *indica*	เข็มโคม	T	*	Smooth
	Rothmannia sootepensis (Craib) Bremek.	สะแล่งหอมไก๋	T	*	Stripping
CLUSIACEAE	*Garcinia speciosa* Wall.	พะวา	T	**	Scaly
EUPHORBIACEAE	*Mallotus philippensis* (Lam.) Müll. Arg.	มะกายคัด	T	*	Smooth
MALVACEAE	*Microcos paniculata* L.	ขนาน	T	*	fissured
MAGNOLIACEAE	*Magnolia baillonii* Pierre	จำปีป่า	T	*	fissured
LAMIACEAE	*Scheffera elliptica* (Blume) Harms	หนวดปลาหมึกเขา	T	*	Smooth
ROSACEAE	*Prunus cerasoides* D.Don	นางพญาเสือโคร่ง	T	**	Stripping
AGAVACEAE	*Dracaena loureiri* Gagnep.	จันทน์ผา	T	**	fissured
SAPINDACEAE	*Sapindus rarak*	มะค่าดีควาย	T	*	fissured
BOMBACACEAE	*Bombax ceiba* L.	งิ้ว	T	*	Thorny
FABACEAE	*Erythrina stricta* Roxb.	ทองหลางป่า	T	*	Thorny
FABACEAE	*Spatholobus parviflorus* Kuntze.	เถาพันซ้าย	WC	**	Dippled scaly
	Acacia concinna DC.	ส้มป่อย	WC	**	Thorny
	Acacia comosa Gagnep.	หนามหัน	WC	**	Thorny
	Acacia megaladena Desv. var. *megaladena*	หนามขี้แรด	WC	**	Thorny
	Entada macrocarpa	สะบ้าใหญ่	WC	***	Smooth
	Caesalpinia mimosoides Lamk.	หนามปู่ย่า	WC	**	Thorny
	Pterolobium integrum Craib	แก้วมือไว	WC	**	Thorny
OLEACEAE	*Jasminum dispermum* Wall. Ssp. *forrestianum* P.S. Green	มะลิดอย	WC	***	Smooth
PRIMULACEAE	*Embelia grandifolia H. R. Fletcher*	เครือขีมด	WC	*	Smooth
ICAINACEAE	*Nothapodytes nimmoniana (J.Graham) Mabb.*	งุ้นผิงดอย	WC	*	Scaly

Note; Habitat: T = tree, WC = woody climber

Orchid populations/Habitat: * = < 5 orchids, ** = 5-10 orchids, *** = > 10 orchids

Table 2 Shows the growth stage of *Holcoglossum kimballianum* was found on trees, woody climber and the rock.

Growth stage	Trees	Woody climbers	Rocks	Totals
Seedling	64	122	35	221
Young plant	142	234	175	551
Mature plant	181	271	181	633
Barks				
Peeling & Stripping	209			209
Fissured	46			46
Smooth	55	471		526
Thorny	10	136		146
Scaly-Dippled scaly	67	20		87
Limestone			391	391
Totals	387	627	391	1405

Table 3 Shows the growth stage of *Holcoglossum kimballianum* on the various habitat types.

Growth stage/Habitat	Leaf length (cm±SD)	Leaf width (cm±SD)	Stem diameter (cm±SD)	Root diameter (cm±SD)
Seedling				
Woody climber	9.93±0.53	0.20±0.01	0.23±0.01	0.21±0.01^{b}
Limestone	11.34±0.75	0.20±0.01	0.24±0.01	0.24±0.02^{ab}
Tree	9.23±0.49	0.21±0.01	0.24±0.01	0.26±0.01^{a}
F-value	1.9066^{ns}	0.5571^{ns}	0.4528^{ns}	6.7822**
Young plant				
Woody climber	24.09±0.50	0.29±0.01	0.37±0.01^{ab}	0.27±0.00^{b}
Limestone	23.09±0.49	0.28±0.01	0.36±0.01^{b}	0.27±0.01^{b}
Tree	24.84±0.60	0.30±0.01	0.39±0.01^{a}	0.29±0.01^{a}
F-value	2.4136^{ns}	1.5534^{ns}	3.2056*	5.7873**
Mature plant				
Woody climber	30.12±0.40	0.34±0.01^{b}	0.49±0.01	0.34±0.01^{b}
Limestone	29.48±0.43	0.37±0.01^{a}	0.49±0.01	0.35±0.01^{ab}
Tree	30.77±0.58	0.37±0.01^{a}	0.50±0.01	0.36±0.01^{a}
F-value	1.7005^{ns}	10.9940***	1.0740^{ns}	3.8016*

Table 4 Shows the growth stage of *Holcoglossum kimballianum* on the various bark types.

Growth stage/Barks	Leaf length (cm±SD)	Leaf width (cm±SD)	Stem diameter (cm±SD)	Root diameter (cm±SD)
Seedling				
Smooth	9.19±0.53	9.19±0.53	0.22±0.01	0.21±0.01^{b}
Fissured	13.40±3.17	13.40±3.17	0.30±0.04	0.27±0.05^{a}
Peeling-Stripping	9.76±0.62	9.76±0.62	0.24±0.01	0.26±0.02^{ab}
Scaly-Dippled scaly	9.27±1.00	9.27±1.00	0.24±0.02	0.28±0.03^{a}
Thorny	12.18±1.26	12.18±1.26	0.26±0.01	0.21±0.01^{b}
Limestone	11.34±0.75	11.34±0.75	0.24±0.01	0.24±0.02^{ab}
F-value	2.2066^{ns}	2.2066^{ns}	1.5815^{ns}	3.9401**
Young plant				
Smooth	24.27±0.55	0.29±0.01	0.38±0.01	0.27±0.00
Fissured	26.27±1.76	0.33±0.06	0.39±0.03	0.29±0.02
Peeling-Stripping	23.71±0.68	0.30±0.01	0.39±0.01	0.29±0.01
Scaly-Dippled scaly	27.35±1.59	0.27±0.02	0.38±0.02	0.29±0.02
Thorny	24.00±1.09	0.30±0.02	0.38±0.01	0.27±0.01
Limestone	23.09±0.49	0.28±0.01	0.36±0.01	0.27±0.02
F-value	1.9688^{ns}	1.2354^{ns}	1.0606^{ns}	0.7602^{ns}
Mature plant				
Smooth	30.02±0.47^{abc}	0.34±0.01^{c}	0.48±0.01	0.33±0.01^{b}
Fissured	27.65±1.63^{c}	0.35±0.02^{bc}	0.49±0.02	0.35±0.02^{ab}
Peeling-Stripping	31.04±0.78^{ab}	0.37±0.01^{ab}	0.49±0.01	0.36±0.01^{ab}
Scaly-Dippled scaly	32.90±1.13^{a}	0.38±0.01^{a}	0.51±0.01	0.37±0.01^{a}
Thorny	29.92±0.65^{abc}	0.34±0.01^{c}	0.50±0.01	0.35±0.01^{ab}
Limestone	29.48±0.43^{bc}	0.37±0.01^{abc}	0.49±0.01	0.35±0.01^{ab}
F-value	3.1378**	3.8285**	0.9325^{ns}	2.5145*

ผลของปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

Effect of Soy Protein Isolate Content on Quality of Foi-Thong with Carboxymethylcellulose

นิสานารถ กระแสร์ชล[1] ชัชส์ พงกะคันธ์[1] และ กมลฉัตร พูลเพิ่ม[1]

Krasaechol, N.[1], Pongkakan, C.[1] and Poolperm, K.[1]

Abstract

This research studied the effect of soy protein isolate (SPI) content on quality of Foi-Thong added with carboxymethylcellulose. The SPI was varied at 0, 0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 g/100 g of egg yolk. It was found that SPI effected on viscosity, moisture content, water activity, L*, b*, Chroma and Hue ($p<0.05$) of Foi-Thong, but its sugar contents and a* values were not significantly different ($p\geq 0.05$). The quantity of Foi-Thong with SPI at 0.6 and 1.2 g/ 100 g egg yolk received the highest overall liking. However, the Foi-Thong added SPI 0.6 g/100 g egg yolk consisted less moisture content and water activity less than the Foi-Thong with 1.2 g/100 g egg yolk. Therefore, the Foi Thong added with SPI 0.6 g/ 100 g egg yolk was selected for shelf life investigation, which its shelf life was 6 days at 3±1°C, and sensory evaluations was acceptable as moderately like.

Keywords: Foi-Thong, pasteurized egg yolk, carboxymethylcellulose, soy protein isolate

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) ต่อคุณภาพฝอยทองที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยแปรปริมาณ SPI 0, 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 g/น้ำหนักไข่แดง 100 g พบว่าปริมาณ SPI มีผลต่อค่าความหนืด ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ค่า L* b* Chroma และ Hue แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ปริมาณน้ำตาล และค่า a* แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq 0.05$) โดยปริมาณ SPI 0.6 และ 1.2 g/น้ำหนักไข่แดง 100 g ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด อย่างไรก็ตามฝอยทองที่เติม SPI 0.6 g/น้ำหนักไข่แดง 100 g มีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์ แอคติวิตีต่ำกว่าที่เติม SPI 1.2 g/น้ำหนักไข่แดง 100 g จึงเลือกฝอยทองที่มีปริมาณ SPI 0.6 g/น้ำหนักไข่แดง 100 g ไปศึกษาอายุการเก็บรักษา ซึ่งพบว่า อายุการเก็บรักษาที่ 3±1°C สามารถเก็บได้ 6 วัน และเมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

คำสำคัญ: ฝอยทอง ไข่แดงพาสเจอไรซ์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โปรตีนถั่วเหลืองสกัด

คำนำ

ฝอยทองเป็นขนมไทยที่นิยมบริโภคกันมากให้รสหวาน หอม อร่อย (ศิริลักษณ์, 2533) การทำฝอยทองนิยมใช้ไข่แดงจากไข่เป็ดและไข่แดงจากไข่ไก่ ปัจจุบันมีการผลิตไข่ไก่พาสเจอร์ไรซ์ทางการค้าที่มีการแยกไข่ขาว ไข่แดง และไข่ทั้งฟอง ง่ายต่อการใช้งาน สะดวกต่อการขนส่ง สามารถเลือกใช้ชนิดของไข่ได้ตามความต้องการ แต่การผลิตฝอยทองมักมีปัญหาเมื่อใช้ไข่แดงของไข่ไก่เพียงอย่างเดียวจะส่งผลให้เส้นฝอยทองขาดง่ายเมื่อสุกและมีเนื้อที่ร่วน จึงต้องมีการเติมไข่น้ำค้างหรือไข่ขาวใสชั้นนอก (ไข่ขาวส่วนที่เป็นน้ำใสมีลักษณะเหลวติดอยู่กับเปลือกไข่ด้านป้าน) เพื่อเพิ่มความหนืดและช่วยให้การโรยเป็นเส้นไม่ขาดง่าย (ศิริลักษณ์, 2533) โดยในระดับอุตสาหกรรมนั้นยังไม่มีการแยกไข่น้ำค้างจำหน่าย เนื่องจากปริมาณไข่น้ำค้างนั้นมีติดเปลือกไข่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในอุตสาหกรรมจึงมีการใช้สารที่มีความข้นหนืด มีความคงตัว และมีคุณสมบัติทางการใช้งานใกล้เคียงกับไข่น้ำค้างมากที่สุด คือสารไฮโดรคอลลอยด์ (ภัคมน, 2549) จากงานวิจัยของภัคมน (2549) พบว่าฝอยทองที่ผลิตจากไข่แดงพาสเจอไรซ์ที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ร้อยละ 0.12 โดยน้ำหนักไข่แดง ทำให้ฝอยทองมีลักษณะเส้นเหนียวนุ่มและมีคุณภาพใกล้เคียงฝอยทองทางการค้า และจากการศึกษาของ ชนิดา และอรสา (2553) ที่พบว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) ลงในขนมเม็ดขนุนกวนช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อ ความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ทั้งนี้เนื่องจาก SPI มีสมบัติที่ดีในการอุ้มน้ำ ซึ่งในผลิตภัณฑ์ฝอยทองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความชุ่มฉ่ำน้ำ จึงได้สนใจนำ SPI มาผสมในผลิตภัณฑ์ฝอยทองเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่ผลิตจากไข่แดงจากไข่ไก่พาสเจอไรซ์ที่เติม CMC

---

[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

ศึกษาโดยแปรปริมาณ SPI (PRO-FAM® 974 ผลิตโดย Archer Daniels Midland Company ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่เติมลงในฝอยทองที่มี CMC เป็น 5 ระดับคือ 0 0.3 0.6 0.9 และ 1.2 กรัมต่อน้ำหนักไข่แดง 100 กรัม ผสมลงในไข่แดงจากไข่ไก่พาสเจอไรซ์ 100 กรัม และ CMC ร้อยละ 0.12 ของน้ำหนักไข่แดง (ภัคมน , 2549) ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้ความเร็ว 300 rpm นาน 10 นาที จากนั้นโรยบนน้ำเชื่อม (60 $^{\circ}$Brix) ในกระทะทองเหลืองที่มีการเติมกลิ่นมะลิ อุณหภูมิ 85±5 $^{\circ}$C โดยให้ระดับรูกรวยที่ใช้โรยฝอยทองสูงจากน้ำเชื่อม 2 เซนติเมตร จำนวน 20 รอบ ทิ้งไว้ 30 วินาที จนสุกจึงใช้ไม้ปลายแหลมสอดใต้ฝอยทองและส่ายไปมาในน้ำเชื่อมจนเส้นฝอยทองเรียบ พักไว้บนตะแกรง ทิ้งให้เย็น นำไปวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ แล้วคัดเลือกผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ผสม SPI ที่มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ไปศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยนำผลิตภัณฑ์ฝอยทองบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC เก็บในตู้เย็น (3±1°C) โดยวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดทุก 2 วัน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด (มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $1x10^{6}$ CFU/g) ตามข้อกำหนดด้านจุลินทรีย์ของขนมไทย มผช. 1/2552)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ มีดังนี้ ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำตาล และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 1990) ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DVIII ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ด้วยเครื่อง Novasina รุ่น thermo constanter TH 200 ความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2) ค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น MiniScan XE Plus ในระบบ CIE Lab และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนตามวิธี 9–point hedonic scale ในด้านสี (color) กลิ่นรส (flavor) ความเหนียวในขณะเคี้ยว (chewiness) ความนุ่มชุ่มฉ่ำ (juiciness) และความชอบโดยรวม (overall liking) โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน โดย 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

ในการศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ฝอยทอง วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ ยกเว้นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ผสม SPI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการแปรปริมาณ SPI ที่มากขึ้น โดย SPI ที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้มีผลต่อค่าการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ในขณะโรยส่วนผสมลงบนน้ำเชื่อมส่วนผสมจะถูกน้ำล้อมไว้และมีการทำปฏิกิริยากับน้ำเชื่อมและดูดซับน้ำไว้ เนื่องจากกรดอะมิโนที่ชอบน้ำมีมากขึ้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ฝอยทองสามารถดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเพิ่มปริมาณ SPI จึงทำให้มีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ฝอยทองเพิ่มขึ้น และสำหรับค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่มีค่า อยู่ในช่วง 0.88-0.92 มีผลการทดลองเช่นเดียวกันกับปริมาณความชื้น ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลของทุกสิ่งทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วงร้อยละ 24.12-24.19 เนื่องจากในการทดลองทำผลิตภัณฑ์ฝอยทองได้ใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้น 60 $^{\circ}$Brix เท่ากันและมีการควบคุมระดับความเข้มข้นของน้ำตาลตลอดการทำผลิตภัณฑ์

สำหรับค่าความหนืดนั้นพบว่าเมื่อมีการเพิ่ม SPI จะมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจาก SPI มีกรดอะมิโนที่ชอบน้ำทำให้สามารถจับกับน้ำได้ดี และการเพิ่มปริมาณ SPI สูงเป็นการเพิ่มกรดอะมิโนที่ชอบน้ำมากขึ้น และสามารถดูดซับน้ำเกิดโครงสร้างร่างแห (นิธิยา, 2539) ทำให้โปรตีนมีโครงสร้างที่แข็งแรงจึงทำให้ค่าความหนืดยิ่งมากขึ้น

ผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ที่แปรปริมาณ SPI 1.2 กรัมต่อน้ำหนักไข่แดง 100 กรัม ที่มีค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุด ซึ่งการเกิดลักษณะเป็นเส้นของฝอยทองเนื่องจากไลโพโปรตีนในไข่แดงจะเสียสภาพธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนของไข่หรือเกิดเจล (ศิริลักษณ์, 2533) โดย CMC และ SPI ต่างมีคุณสมบัติที่ดีในการอุ้มน้ำทำให้ภายในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ฝอยทองมีน้ำอยู่สูง แต่ข้อเสียของ SPI คือ เมื่อมีการสูญเสียสภาพธรรมชาติจากความร้อนจะไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้เหมือนโปรตีนจากไข่ (วันชัย, 2527) อาจมีผลให้เส้นฝอยทองขาดได้ง่ายได้ ทั้งนี้เมื่อไลโพโปรตีนของไข่เกิดการเสียสภาพจากความร้อนทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนของไข่หรือเกิดเจลเป็นแบบหลวมๆ เนื่องจากภายในโครงสร้างมีน้ำแทรกอยู่เป็นจำนวนมาก (มนัส, 2554) จากการมีปริมาณ SPI ที่อุ้มน้ำได้มากจึงทำให้ความแข็งแรงของพันธะที่จับกันระหว่าง SPI กับโปรตีนในไข่ลดลง จึงทำให้ค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ฝอยทองลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ SPI มากขึ้น

Table1 Effect of SPI content on physicochemical properties of Foi-Thong with CMC

SPI content (g/100g egg yolk)	Moisture content (%)	Water activity	Sugar content^{ns} (%)	Viscosity (cP)	Firmness (g force)
0	21.40 ± 0.52^{c}	0.86 ± 0.00^{c}	24.12 ± 0.29	982.5947 ±	1174.68 ±
0.3	22.10 ± 1.09^{c}	0.88 ± 0.00^{b}	24.18 ± 0.29	1216.1787 ±	1067.28 ±
0.6	23.59 ± 1.18^{bc}	0.89 ± 0.01^{b}	24.17 ± 0.24	1438.8433 ±	949.79 ± 50.73^{c}
0.9	25.59 ± 1.44^{ab}	0.89 ± 0.01^{b}	24.17 ± 0.24	1874.0087 ±	846.96 ± 6.77^{d}
1.2	27.74 ± 1.51^{a}	0.92 ± 0.00^{a}	24.19 ± 0.24	2146.4890 ±	712.83 ± 23.82^{e}

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

^{ns} Mean values in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

จากผลการทดลองใน Table 2 พบว่า SPI ทำให้ค่า L* b* Chroma และ Hue ลดลง เนื่องจากการผสม SPI ทำให้เกิดสีที่คล้ำกว่าจากสีของ SPI ที่ค่อนข้างคล้ำ ค่า L* b* จึงลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่า a* และจากการที่ค่า b* ลดลง จึงทำให้ค่า Chroma และ Hue ลดลง เนื่องจากเป็นค่าที่คำนวณได้จาก a* และ b*

Table 2 Effect of SPI content on color value of Foi-Thong with CMC

SPI content (g/100g egg yolk)	L^{*}	a^{*ns}	b^{*}	Chroma	Hue
0	60.55 ± 0.35^{a}	20.71 ± 0.22	60.62 ± 0.12^{a}	64.06 ± 0.09^{a}	71.14 ± 0.21^{a}
0.3	58.72 ± 0.35^{b}	20.79 ± 0.65	60.54 ± 0.10^{a}	64.00 ± 0.12^{a}	71.04 ± 0.04^{ab}
0.6	58.97 ± 0.15^{b}	20.85 ± 0.08	60.14 ± 0.20^{b}	63.66 ± 0.17^{b}	70.88 ± 0.11^{b}
0.9	57.83 ± 0.19^{c}	20.85 ± 0.09	59.22 ± 0.15^{c}	62.78 ± 0.12^{c}	70.60 ± 0.12^{c}
1.2	57.91 ± 0.41^{c}	20.95 ± 0.06	58.49 ± 0.16^{d}	62.13 ± 0.14^{d}	70.29 ± 0.10^{d}

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

^{ns} Mean values in the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

จากผลการทดลองดังแสดงใน Table 3 คะแนนการประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ผสม SPI ที่แปรปริมาณ SPI ที่ระดับต่างๆ คือ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 กรัมต่อน้ำหนักไข่แดง 100 กรัม พบว่าด้านสีและกลิ่นรส มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ด้านความเหนียวในขณะเคี้ยวและด้านความนุ่มชุ่มฉ่ำมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณ SPI ที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เนื่องจากปริมาณ SPI มีผลต่อการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ (วันชัย, 2527) การเพิ่มปริมาณ SPI จึงมีผลต่อโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์ฝอยทอง ทำให้โครงสร้างภายในมีน้ำอยู่มากจึงมีลักษณะที่นุ่มชุ่มฉ่ำน้ำมากขึ้น ความแข็งแรงของพันธะโปรตีนไข่ที่จับกันจะไม่แข็งแรงสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย ความเหนียวและความนุ่มชุ่มฉ่ำของเส้นฝอยทองจึงลดลง สำหรับด้านความชอบโดยรวมผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ที่แปรปริมาณ SPI 0.6 และ 1.2 กรัมต่อน้ำหนักไข่แดง 100 กรัม มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ผสม SPI 0.6 และ 1.2 กรัมต่อน้ำหนักไข่แดง 100 กรัม มีลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เหมือนกัน แต่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่แตกต่างกัน โดยผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ผสม SPI 0.6 กรัมต่อน้ำหนักไข่แดง 100 กรัม จะมีความเป็นเส้นที่เหนียวกว่า และมีเนื้อสัมผัสที่เป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ฝอยทองมากกว่า ขณะที่ผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ผสม SPI 1.2 กรัมต่อน้ำหนักไข่แดง 100 กรัม มีความนุ่มชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์มากเกินไปทำให้เนื้อสัมผัสไม่เหมือนเนื้อสัมผัสที่เป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ฝอยทอง จึงพิจารณาปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตีซึ่งมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่อาจส่งผลต่ออายุในการเก็บรักษาร่วมด้วย จึงเลือกผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่เติม CMC ผสม SPI 0.6 กรัมต่อน้ำหนักไข่แดง 100 กรัม ไป

ศึกษาอายุการเก็บรักษาและพบว่าผลิตภัณฑ์ฝอยทองสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น 3±1 °C ได้ไม่เกิน 6 วัน โดยยังได้มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

Table 3 Effect of SPI content on sensory properties of Foi-Thong with CMC

SPI content (g/100g egg yolk)	Color[ns]	Flavor[ns]	Chewiness	Juiciness	Overall liking
0.3	7.23 ± 0.97	6.57 ± 1.28	6.80 ± 1.24[a]	5.73 ± 0.91[b]	6.60 ± 1.00[b]
0.6	7.20 ± 1.16	6.93 ± 1.11	6.43 ± 1.00[a]	5.83 ± 1.95[b]	7.43 ± 1.07[a]
0.9	7.27 ± 1.08	6.93 ± 1.38	5.67 ± 1.09[b]	7.23 ± 1.19[a]	6.73 ± 1.14[b]
1.2	7.30 ± 0.75	6.97 ± 1.13	5.53 ± 1.92[b]	7.43 ± 1.16[a]	7.13 ± 1.36[ab]

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

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

1 = Extremely dislike, 5 = Neither like nor dislike and 9 = Extremely like

สรุปผล

จากการศึกษาปริมาณ SPI ต่อคุณภาพฝอยทองที่เติม CMC พบว่าปริมาณ SPI ที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด คือ 0.6 g/น้ำหนักไข่แดง 100 g แต่ไม่แตกต่างกับ 1.2 g/น้ำหนักไข่แดง 100 g ($p \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ฝอยทองที่มีปริมาณ SPI 0.6 g/น้ำหนักไข่แดง 100 g มีปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำกว่า จึงเลือกไปศึกษาอายุการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าที่ 3±1°C มีอายุการเก็บรักษาได้ 6 วัน และเมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

เอกสารอ้างอิง

ชนิดา ครูส่ง และ อรสา สุริยาพันธ์, 2553, ผลของ SPI ต่อคุณภาพของขนมเมล็ดขนุนกวน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ), 253-256.

ภัคมน ธีระวัฒนศิริ, 2549, คุณภาพของฝอยทองที่ผลิตจากไข่แดงพาสเจอร์ไรส์โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์แทนไข่ขาวใสชั้นนอก, ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

มนัส ชัยจันทร์, 2554, เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และไข่. นครศรีธรรมราช : สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 339 หน้า.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2552, ขนมไทย, วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก https://law.resource.org/pub/th/ibr/th.ps.1.2552.pdf

วันชัย สมชิต, 2527, ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สยามออฟเซ็ท.

ศิริลักษณ์ เชาว์ชำนาญ, 2533, ปัจจัยที่ผลคุณภาพและอายุการเก็บของฝอยทอง, วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาคหกรรมศาสตร์, บัณฑิตวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 381-384 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 381-384 (2559)

การคัดเลือกและการเปรียบเทียบสายพันธุ์ถั่วฝักยาวพื้นเมือง

Line Selection and Comparison of Yard Long Bean Local Cultivars

อภิญดา ก่านหงษ์[1] ปราโมทย์ พรสุริยา[1] และ สรรลาภ สงวนดีกุล[1]

Kanhong, A.[1], Pornsuriya, P.[1] and Sanguandeekul, S.[1]

Abstract

This research was conducted to compare local yard-long-bean cultivars with commercial cultivars. They were grown in two seasons at Faculty of Agriculture and Natural-Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chonburi province. Results of the first season showed that all 4 local cultivars had the longest pod of 68 cm, and the highest number of pod/plant was 134 pods. In the second season, pod length, pod width, pod weight, marketable pods per plant of commercial cultivars were different *(P<0.01)* and marketable yield per rai was different at P<0.05. For pod length ranked of 1-6, The M1, Wangchao, Nawanghin, BPLB-N-16, BPLB-N-14 and BPLB-N-12 cultivars were ranked of 1-6, which their pod length was >60 cm. For marketable yield, B1, Taiwan, M1, BPLB-N-12, BPLB-N-10 and BPLB-N-9-2 cultivars were ranked of 1-6 (2.767–3.872 tons/rai). Furthermore, correlations between pod characters and yield showed that pod length and pods/plant were positively correlated with yield *(P<0.01).*

Keywords: Yard long bean, line, local cultivar, selection

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบถั่วฝักยาวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์การค้า โดยปลูก 2 ฤดูปลูก ที่คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี ผลการทดลองในฤดูปลูกที่ 1 จากพันธุ์พื้นเมืองทั้ง 4 พันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์ BPLB-9, พันธุ์ BPLB-11, พันธุ์ BPLB-12 และ พันธุ์นาวังหิน(N) พบว่าพันธุ์นาวังหิน (N) มีความยาวฝักมากที่สุดคือ 68 เซนติเมตร และมีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุดคือ 134 ฝักต่อต้น ในฤดูปลูกที่ 2 นำสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากฤดูปลูกที่ 1 จำนวน 33 สายพันธุ์ พันธุ์ที่คัดแบบเก็บรวม 5 พันธุ์ประกอบด้วย 9-R1, 9-R2, 10-R1, N32-R1 และ สายพันธุ์นาวังหิน, พันธุ์ที่คัดแบบเก็บรวมจากพันธุ์นำเข้าจากประเทศจีน 2 สายพันธุ์ (สายพันธุ์ M1 และ B1), พันธุ์การค้า 4 พันธุ์ประกอบด้วย พันธุ์ลำน้ำชี (ตราศรแดง) พันธุ์ไต้หวัน (ตราสิงโต) พันธุ์สุดสาคร (ตราเรือบิน) และพันธุ์วังเจ้า (ตราปลาวาฬ) พบว่า พันธุ์การค้ามีความต่างกันทั้งความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักต่อฝัก จำนวนฝักดีต่อต้น *(P<0.01)* และผลผลิตฝักดีต่อไร่ *(P<0.05)* และพบว่าสายพันธุ์ M1, พันธุ์วังเจ้า, สายพันธุ์นาวังหิน, BPLB-N-16, BPLB-N-14 และ BPLB-N-12 มีความยาวฝักยาวเป็นอันดับ 1-6 และมีฝักยาวมากกว่า 60 เซนติเมตร สายพันธุ์/พันธุ์ที่มีผลผลิตฝักต่อไร่สูง อันดับ 1-6 ได้แก่ สายพันธุ์ B1, พันธุ์ไต้หวัน, สายพันธุ์ M1, BPLB-N-12, BPLB-N-10 และ BPLB-N-9 ตามลำดับ โดยมีผลผลิตฝักตั้งแต่ 2.767-3.872 ตันต่อไร่ เมื่อศึกษาสหสัมพันธ์ของลักษณะฝักกับผลผลิต พบว่าความยาวฝักและจำนวนฝักต่อต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิต *(P<0.01)* ควรสรุปตามวัตถุประสงค์

คำสำคัญ: ถั่วฝักยาว สายพันธุ์ พันธุ์พื้นเมือง การคัดเลือก

คำนำ

ถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) เป็นพืชผักที่นิยมปลูกและบริโภคทั่วทุกภาคของประเทศไทย ข้อมูลการผลิตพืชรายจังหวัดของกรมส่งเสริมการเกษตร ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 มีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาว 92,638.65 ไร่ ผลผลิตรวม 113,638 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559ก) และจากข้อมูลการส่งออกพืชผักตระกูลถั่วแช่แข็ง เดือนมกราคม-พฤษภาคม 2557 มูลค่า 26.70 ล้านเหรียญสหรัฐ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.58 ของการส่งออกผัก ผลไม้สด แช่เย็นแช่แข็ง และแห้ง (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2558) ถั่วฝักยาวสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และทั่วทุกภาคของประเทศไทย แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดราชบุรี นครปฐม สระบุรี ปทุมธานี อ่างทอง นครนายก นครราชสีมา หนองคาย อุดรธานี บุรีรัมย์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี ตรัง นครสวรรค์ เชียงใหม่ ลำปาง เป็นต้น (กรมส่งเสริม

---

[1] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ต. บางพระ อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี 20110

[1] Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangpra, Sriracha, Chonburi, 20110

การเกษตร, 2559ข) โดยมีตลาดที่สำคัญ คือ กรุงเทพมหานคร และตลาดขายส่งในจังหวัดต่าง ๆ เช่น ตลาดไทย ตลาดสี่มุมเมือง ตลาดสุรนคร จังหวัดนครราชสีมา เป็นต้น ซึ่งในเดือนกุมภาพันธุ์ถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นช่วงที่ปลูกได้ผลผลิตดีที่สุด ถั่วฝักยาวเป็นผักที่ปลูกง่าย และเจริญได้ดีในดินทุกชนิด แต่ปลูกได้ดีในดินร่วนปนทรายจนถึงดินเหนียว (Tindall, 1983) สภาพความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5.5-6.0 เป็นพืชที่ต้องการแสงแดดตลอดวัน ชอบอากาศค่อนข้างร้อน เจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส ถั่วฝักยาวจัดเป็นพืชผสมตัวเองเนื่องจากมีดอกสมบูรณ์เพศและเนื่องจากเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียถูกห่อหุ้มด้วยกลีบดอก 3 ชั้น จึงเกิดการผสมในดอกเดียวกัน (Porcher, 2005) อย่างไรก็ตามโอกาสในการผสมข้ามก็อาจเกิดขึ้นได้บ้าง โดยในถั่วฝักยาวมีการผสมข้ามประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ (เสถียร, 2530) ประชากรคละของพืชผสมตัวเองมักพบในพันธุ์ท้องถิ่นหรือพันธุ์พื้นเมือง (land races or local cultivars) การผสมตัวเองติดต่อกันหลายๆ รุ่น จะทำให้ประชากรเข้าสู่การคงตัวทางพันธุกรรมได้ในที่สุด เนื่องจากลูกหลานของต้นที่มีพันธุกรรมของยีนคู่ผสม จะเข้าสู่สภาพยีนคู่แฝดเพิ่มมากขึ้นในแต่ละรุ่น จนได้เป็นประชากรย่อย (subpopulation) หลายประชากรย่อยที่มีจีโนไทป์แตกต่างกัน โดยในแต่ละต้นในประชากรย่อยมีจีโนไทป์เหมือนกัน กระบวนการคัดเลือกที่ทำในประชากรคละของพืชผสมตัวเองมี 2 วิธีใหญ่ๆ คือ การคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) และ การคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure-line selection) โดยพันธุ์หรือประชากรที่ได้มาจากการคัดเลือกนี้เรียกว่า mass selections และ pure-lines ตามลำดับ (Poehlman and Sleper, 1995) ปราโมทย์ และพรทิพย์ (2556) ได้เปรียบเทียบถั่วฝักยาวพื้นเมือง 11 สายพันธุ์ โดยมีพันธุ์การค้า (สุดสาคร) เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าสายพันธุ์เบอร์ 6 มีความยาวฝักมากที่สุดคือ 67.90 เซนติเมตร ส่วนผลผลิตต่อไร่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์ *(P>0.05)* โดยที่พันธุ์การค้าสุดสาครมีแนวโน้มให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 2,0.69 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่สายพันธุ์เบอร์ 11, 27, 12 และ 9 ที่ให้ผลผลิต 1,795, 1,779, 1,763 และ 1,711 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จังหวัดชลบุรีมีพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พื้นเมืองที่เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีได้แก่พันธุ์พนัสนิคม ซึ่งมีลักษณะเด่นคือ มีฝักที่ยาวมาก และเกษตรกรได้มีการคัดและเก็บเมล็ดพันธุ์ปลูกต่อกันมา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์การค้าอื่นๆ เข้ามาปลูกเพิ่มมากขึ้นในแปลงเกษตรกร ส่งผลให้พันธุกรรมของถั่วฝักยาวที่ปลูกในพื้นที่ทางภาคตะวันออกมีความหลากหลายมากขึ้น และพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมอาจปะปนกับพันธุ์ใหม่และสูญหายไปได้ การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและเปรียบเทียบสายพันธุ์ถั่วฝักยาวจากพันธุ์พื้นเมืองโดยมีพันธุ์การค้าเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ฤดูปลูกที่ 1 การปลูกคัดเลือกแบบแยกต้น (pure line) โดยนำตัวอย่างพันธุ์พื้นเมืองเบอร์ BPLB-9, BPLB-11, BPLB-12 และพันธุ์ “นาวังหิน” มาปลูกตัวอย่างพันธุ์ละ 1 แปลง ขนาดแปลง 1x10 เมตร ระยะต้น 0.50 เมตร และระยะแถว 0.50 เมตร โดยปลูกแบบสลับฟันปลา หลุมละ 1 ต้น สำหรับการคัดเลือกและเก็บเมล็ดแยกต้น บันทึกข้อมูลรายต้นในลักษณะความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้น ฤดูปลูกที่ 2 นำเมล็ดพันธุ์ของสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากฤดูปลูกที่ 1 มาปลูกเพื่อทดสอบผลผลิต และลักษณะทางพืชสวน จำนวน 33 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่คัดแบบเก็บรวมจากพันธุ์นำเข้าจากประเทศจีน 2 สายพันธุ์ (M1 และ B1) รวมทั้งหมด 40 สายพันธุ์ โดยมีพันธุ์การค้า 4 พันธุ์ใช้เป็นพันธุ์มาตรฐาน ได้แก่ พันธุ์ลำน้ำชี (ตราศรแดง) พันธุ์ไต้หวัน (ตราสิงโต) พันธุ์สุดสาคร (ตราเรือบิน) และพันธุ์วังเจ้า (ตราปลาวาฬ) ใช้แผนการทดลองแบบ augmented randomized complete block design มี 5 บล็อก แต่ละบล็อกมี 12 แปลงย่อย ประกอบด้วยสายพันธุ์คัดเลือก 8 แปลงย่อย และพันธุ์มาตรฐาน 4 แปลงย่อย รวมทั้งการทดลอง 60 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 3.5 เมตร ระยะระหว่างแปลงย่อย 0.5 เมตร ระยะปลูก 50x75 เซนติเมตร (ระยะต้นxระยะแถว) เก็บเกี่ยวฝักสดวันเว้นวัน ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 35 วัน บันทึกข้อมูลลักษณะฝักและผลผลิต วิเคราะห์ข้อมูลตามวิธีการ augmented randomized complete block design (Federer และ Raghavarao, 1975; Petersen, 1985) โดยมีการปรับค่าข้อมูลของสายพันธุ์ใหม่ และเปรียบเทียบความแตกต่างของสายพันธุ์ใหม่และพันธุ์ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลอง

การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาว จากการปลูกเพื่อคัดเลือกแบบแยกต้นของถั่วฝักยาวพันธ์พื้นเมือง 4 สายพันธุ์ในฤดูปลูกที่1 ในแต่ละสายพันธุ์พบว่าสายพันธุ์ BPLB9 ต้นที่ 8 มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด 71 ฝัก และต้นที่ 9 มีความยาวฝักมากที่สุด 58.67 เซนติเมตร สายพันธุ์เบอร์ 11 ต้นที่ 1 มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด 65 ฝัก และต้นที่ 10 มีความยาวฝักมากที่สุด 61.33 เซนติเมตร สายพันธุ์ BPLB-12 ต้นที่ 10 มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด 63 ฝัก และต้นที่ 2 มีความยาวฝักมากที่สุด 52.00 เซนติเมตร สายพันธุ์นาวังหิน ต้นที่ 12 มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด 134 ฝัก และต้นที่ 10 มีความยาวฝักเฉลี่ยมากที่สุด 68.00

เซนติเมตร ดังนั้นจากการคัดเลือกโดยพิจารณาจากจำนวนฝักต่อต้นและความยาวฝัก จึงได้สายพันธุ์ที่คัดแบบแยกต้นมาปลูกทดสอบในฤดูปลูกที่ 2 การปลูกเปรียบเทียบสายพันธุ์ที่คัดเลือกกับพันธุ์มาตรฐาน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างพันธุ์มาตรฐาน 4 พันธุ์ ที่เป็นพันธุ์การค้า พบว่าลักษณะที่ไม่มีความแตกต่างกัน (*P>0.05*) ได้แก่ น้ำหนักต้น ความยาวต้น จำนวนข้อต่อต้น ผลผลิตฝักเสียต่อไร่ เปอร์เซ็นต์จำนวนฝักดีต่อต้น และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักดีต่อไร่ ลักษณะที่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (*P<0.05*) ได้แก่ จำนวนข้อต่อต้น ผลผลิตฝักดีต่อไร่ และผลผลิตฝักทั้งหมดต่อไร่ และลักษณะที่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (*P<0.01*) ได้แก่ อายุดอกแรกบาน อายุดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักต่อฝัก จำนวนฝักดีต่อต้น จำนวนฝักเสียต่อต้น และจำนวนฝักทั้งหมดต่อต้น โดยในลักษณะที่สำคัญมีผลดังต่อไปนี้ ความยาวต้น สายพันธุ์ที่มีความยาวต้นมากเป็นอันดับ 1 ถึง 5 ได้แก่ สายพันธุ์ BPLB-N-14, BPLB-N-1, BPLB-9-8, BPLB-9-16 และ BPLB-9-11 (425.29, 423.09, 420.89, 412.69 และ 411.99 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่าง (*P>0.05)* จากอันดับแรกของพันธุ์มาตรฐานคือพันธุ์ลำน้ำชี (364.52 เซนติเมตร) จำนวนข้อต่อต้น สายพันธุ์ที่มีจำนวนข้อต่อต้นมากเป็นอันดับ 1 ถึง 5 ได้แก่ สายพันธุ์ BPLB-9-11, BPLB-12-16, BPLB-9-15, 9-R2 และ BPLB-N-1 (23.50, 23.50, 23.10, 22.10 และ 21.80 ข้อต่อต้น ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่าง (*P>0.05)* จากอันดับแรกของพันธุ์มาตรฐานคือพันธุ์ลำน้ำชี (19.76 ข้อต่อต้น) อายุดอกแรกบาน และอายุดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์มาตรฐานที่มีอายุดอกแรกบาน และอายุดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์น้อยที่สุดคือพันธุ์ไต้หวัน (32 และ 35 วัน ตามลำดับ) สายพันธุ์ที่มีอายุดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์น้อยกว่าแต่ไม่แตกต่างจากพันธุ์ไต้หวัน (*P>0.05)* ได้แก่ สายพันธุ์ BPLB-N-14, BPLB-N-1, BPLB-9-16 และ BPLB-12-6 ความยาวฝัก สายพันธุ์ M1 มีความยาวฝักมากเป็นอันดับ 1 คือ 64.55 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์วังเจ้า, สายพันธุ์นาวังหิน, BPLB-N-16, BPLB-N-14 และ BPLB-N-12 (63.69, 62.62, 62.32, 61.58 และ 61.40 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยทั้ง 5 สายพันธุ์ดังกล่าวมีความยาวฝักไม่แตกต่าง จากพันธุ์วังเจ้า (*P>0.05)* ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานที่มีความยาวฝักสูงสุด ส่วนพันธุ์มาตรฐานและสายพันธุ์อื่นๆ ที่เหลือ มีความยาวฝักตั้งแต่ 44.56 – 58.45 เซนติเมตร ความกว้างฝัก สายพันธุ์ BPLB-12-1 มีความกว้างฝักมากเป็นอันดับ 1 คือ 1.02 เซนติเมตร รองลงมาคือสายพันธุ์ 10-R1, BPLB-12-2, BPLB-12-12 และพันธุ์ลำน้ำชี (0.91, 0.88, 0.88 และ 0.84 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยมีเพียงสายพันธุ์อันดับ 1 ที่แตกต่างจากพันธุ์ลำน้ำชี (*P<0.05)* ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐาน ส่วนพันธุ์มาตรฐานที่เหลือ ได้แก่ สุดสาคร, วังเจ้า และไต้หวันมีความกว้างฝัก 0.82, 0.74 และ 0.64 เซนติเมตร อยู่ในอันดับ 9, 27 และ 41 ตามลำดับ น้ำหนักฝักพันธุ์ BPLB-12-1 มีน้ำหนักฝักมากเป็นอันดับ 1 คือ 37.29 กรัม รองลงมาได้แก่สายพันธุ์ 9-R2, BPLB-9-3, BPLB-12-16, BPLB-12-12 และ 9R1 (29.83, 28.89, 27.83, 27.45 และ 27.15 กรัม ตามลำดับ) ส่วนพันธุ์มาตรฐาน วังเจ้า, ลำน้ำชี, สุดสาคร และไต้หวัน มีน้ำหนักฝักอยู่ในอันดับ 8, 15, 20 และ 39 ตามลำดับ (26.75, 25.48, 23.95 และ 18.26 กรัม ตามลำดับ) จำนวนฝักดีต่อต้น พันธุ์ไต้หวันมีจำนวนฝักดีต่อต้นมากเป็นอันดับ 1 คือ 23.89 ฝักต่อต้น รองลงมาได้แก่สายพันธุ์ B1, นาวังหิน, BPLB-N-10, BPLB- N-11 และ BPLB-N-12 (19.12, 16.88, 16.38 และ 16.12 ฝักต่อต้น ตามลำดับ) ส่วนพันธุ์มาตรฐาน ลำน้ำชี, สุดสาคร และ วังเจ้า อยู่ในอันดับ 18, 22 และ 24 คือ 10.96, 9.51 และ 9.38 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ผลผลิตฝักดีต่อไร่ สายพันธุ์ B1 ให้ผลผลิตฝักดีต่อไร่มากเป็นอันดับ 1 คือ 3.872 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่พันธุ์ไต้หวัน, สายพันธุ์ M1, BPLB-N-12, BPLB-N-10 และ BPLB-9-2 (3.562, 3.475, 3.032, 2.817 และ 2.767 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) โดยพันธุ์มาตรฐานที่เหลือ ได้แก่ ลำน้ำชี, สุดสาคร และวังเจ้า มีผลผลิตฝักดี 2.414, 2.110 และ 1.964 ตันต่อไร่ ซึ่งอยู่ในอันดับ 12, 19 และ 24 ตามลำดับ สหสัมพันธ์ของลักษณะฝักกับผลผลิต พบว่าความยาวฝักและจำนวนฝักต่อต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิต (*P<0.01*) ในขณะที่ความกว้างฝักและน้ำหนักฝักมีความสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิต (*P<0.05*)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าสายพันธุ์คัดเลือก 10 สายพันธุ์แรกที่ควรนำมาพิจารณาในการทดสอบและคัดเลือกต่อไปได้แก่สายพันธุ์ B1, M1, BPLB-N-12, BPLB-N-10, BPLB-9-2, BPLB-12-15, BPLB-N-11, BPLB-N-7, BPLB-12-14 และ BPLB-9-15 เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตฝักดีสูง มีจำนวนฝักต่อต้นมาก และมีความยาวฝักมากกว่า 50 เซนติเมตร โดยที่สายพันธุ์ M1 และพันธุ์วังเจ้ามีความโดดเด่นในด้านความยาวฝัก ในขณะที่พันธุ์ไต้หวันและสายพันธุ์ B1 มีจำนวนฝักต่อต้นสูง ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ความยาวฝักและจำนวนฝักต่อต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกสูงกับผลผลิตต่อไร่ ในขณะที่ความกว้างฝักและน้ำหนักต่อฝักกลับมีความสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิตต่อไร่และจำนวนฝักต่อต้น ดังนั้นในการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงในการทดลองนี้จึงควรพิจารณาจากจำนวนฝักต่อต้นและความยาวฝักเป็นอันดับแรก อย่างไรก็ตาม จากการที่สายพันธุ์คัดเลือกในอันดับสูงสุดให้ความยาวฝัก จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อไร่ ไม่แตกต่างจากพันธุ์มาตรฐานที่มีอันดับสูงสุด ดังนั้นในการที่จะปรับปรุงพันธุ์ให้ได้ผลผลิตหรือลักษณะที่ดีกว่าเดิมได้นั้น จึงเป็นไปได้ที่ควรจะนำสายพันธุ์ที่ดีที่มีแหล่ง

พันธุกรรมต่างกันมาผสมข้ามกัน หรือผสมข้ามกับพันธุ์การค้า แล้วคัดเลือกตามวิธีการมาตรฐานทั่วไป เช่น วิธีการบันทึกประวัติ (pedigree) หรือวิธีการหนึ่งเมล็ดต่อต้น (single seed descent) ซึ่ง 2 วิธีการนี้ให้ผลไม่แตกต่างกันในการคัดเลือกในถั่วฝักยาว 2 ประชากร (Sarutayophat และ Nualsri, 2010) และจากรายงานของ ปราโมทย์ และพรทิพย์ (2544) พบว่าถั่วฝักยาว 4 สายพันธุ์ ที่ได้จากการคัดเลือกจากคู่ผสมข้ามระหว่างพันธุ์พนัสนิคมและพันธุ์เขียวดก ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่อย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผล

เมื่อพิจารณาในแต่ลักษณะของสายพันธุ์และพันธุ์มาตรฐานที่เรียงจากมากไปน้อย พบว่าสายพันธุ์ M1, พันธุ์วังเจ้า, สายพันธุ์นาวังหิน, BPLB-N-16, BPLB-N-14 และ BPLB-N-12 มีความยาวฝักยาวเป็นอันดับ 1-6 และมีฝักยาวมากกว่า 60 เซนติเมตร สายพันธุ์/พันธุ์ที่มีจำนวนฝักดีต่อต้นมากเป็นอันดับ 1-6 ได้แก่ พันธุ์ไต้หวัน สายพันธุ์ B1, นาวังหิน, BPLB-N-10, BPLB-N-11 และ BPLB-N-12 ตามลำดับ โดยมีจำนวนฝักดีตั้งแต่ 15.88- 23.89 ฝักต่อต้น ส่วนสายพันธุ์/พันธุ์ที่มีผลผลิตฝักดีต่อไร่มากเป็นอันดับ 1-6 ได้แก่ สายพันธุ์ B1, พันธุ์ไต้หวัน, สายพันธุ์ M1, BPLB-N-12, BPLB-N-10 และ BPLB-9-2 ตามลำดับ โดยมีผลผลิตฝักดีตั้งแต่ 2.767 – 3.872 ตันต่อไร่ อย่างไรก็ตามในทุกลักษณะสายพันธุ์คัดเลือกที่มีอันดับสูงมีค่าไม่แตกต่างจากพันธุ์มาตรฐานที่มีอันดับสูงสุด (*P>0.05*) โดยที่สายพันธุ์นาวังหินถูกพิจารณาว่ามีลักษณะที่ใกล้เคียงกับพันธุ์พนัสนิคมซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมของจังหวัดชลบุรี

Table1 ผลผลิตฝักดีต่อไร่ จำนวนฝักดีต่อไร่ ความยาวฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนข้อ (ที่ปรับค่าแล้ว) โดยเรียงตามลำดับผลผลิตต่อไร่

อันดับ	สายพันธุ์/พันธุ์	ผลผลิตฝักดีตันต่อไร่	จำนวนฝักดีต่อไร่	ความยาวฝัก(เซนติเมตร)	น้ำหนักฝัก(กรัม)	จำนวนข้อ
1	B1	3.872	19.12	24.21	20.10	17.85
2	**ไต้หวัน**	**3.562**	23.89	**57.60**	**18.26**	**18.68**
3	M1	3.475	13.29	64.55	25.90	21.00
4	BPLB-N-12	3.032	15.88	61.40	18.65	17.85
5	BPLB-N-10	2.817	16.38	54.01	18.13	17.95
6	BPLB-9-2	2.767	13.98	57.79	20.18	17.75
7	BPLB-12-15	2.717	13.13	50.49	23.33	16.75
8	BPLB-N-11	2.700	16.12	58.42	18.64	14.50
9	BPLB-N-7	2.627	15.70	55.29	16.08	18.35
10	BPLB-12-14	2.590	11.26	52.63	25.59	21.70
11	BPLB-9-15	2.425	9.08	53.31	26.63	23.10
12	**ลำน้ำชี**	**2.414**	**10.96**	**51.44**	**25.48**	**19.76**
13	BPLB-9-12	2.402	11.76	53.30	25.30	17.45
14	นาวังหิน	2.327	16.88	62.62	19.73	18.95
15	BPLB-N-14	2.285	13.04	61.58	24.20	20.80
16	BPLB-9-1	2.267	12.23	51.47	21.13	18.95
17	BPLB-N-4	2.240	13.30	58.27	23.24	16.10
18	BPLB-N-3	2.115	13.53	58.45	17.08	21.10
19	**สุดสาคร**	**2.110**	**9.51**	**52.15**	**23.95**	**17.80**
20	BPLB-9-16	2.075	7.54	54.96	24.20	20.80

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559ข, การปลูกถั่วฝักยาว, เอกสารคำแนะนำที่ 167, [สืบค้น], http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/t_fakyao.pdf. [19/May/16].

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2558, สำนักพัฒนาการค้าและธุรกิจการเกษตรและอุตสาหกรรม, [สืบค้น], http://www.ditp.go.th/contents_attach/92378/92378.pdf. [13/May/16].

ปราโมทย์ พรสุริยา และ พรทิพย์ พรสุริยา, 2544, การเปรียบเทียบสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่คัดเลือกจากคู่ผสม พนัสนิคม x เขียวดก #3, การประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 18, 15-17 กุมภาพันธ์ 2544, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี, หน้า 58-65.

ปราโมทย์ พรสุริยา และ พรทิพย์ พรสุริยา, 2556, การเปรียบเทียบสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่คัดเลือกจากพันธุ์ท้องถิ่นในจังหวัดชลบุรี, เอกสารการประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 6 "ทรัพยากรไทย : นำสิ่งดีงานสู่ตาโลก", 21-23 ธันวาคม 2556, เขื่อนศรีนครินทร์ อ. ศรีสวัสดิ์ จ. กาญจนบุรี, หน้า 163-168.

เสถียร บุญฤทธิ์, 2530, หลักการทั่วไปในการจัดทำแปลงขยายพันธุ์พืชผักบางชนิด, เอกสารประกอบการบรรยายเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร, โครงการนำร่องส่งเสริมการผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 7, เชียงใหม่.

Federer, W.T., and Raghavarao, D., 1975, On augmented designs. Biometrics 31: 29-35.

Petersen, R.G., 1985, Augmented designs for preliminary yield trials (Revised), RACHIS 4: 29-35.

Poehlman, J.M., and Sleper, D.A., 1995, Breeding Field Crops: Fourth Edition, Iowa State University Press, Ames. 494 p.

Porcher, M.H., 2007, Sorting Vigna names, The University of Melbourne. [Online], available:http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Vigna.html. [March 10, 2007].

Sarutayophat T., and Nualsri, C. 2010, The efficiency of pedigree and single seed descent selections for yield improvement at generation 4 (F_4) of two yard long bean populations. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 44: 343-352.

Tindall, H. D., 1983, Vegetable Growing in the Tropics, Hong Kong: Macmillan Education. 533 p.

ผลของสายพันธุ์งาขาวที่มีต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้จากผลิตผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา

Effect of Sesame Cultivars on Physio-chemical Properties of Tofu from By-product of Sacha Inchi Oil Extraction

สายพิน แสงสุข[1] ธัญญ์นลิน วิญญูประสิทธิ์[2] พรพรรณ ดีระพัฒน์[1] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]
Saengsuk, S.[1], Winuprasith, T.[2] Diraphat, P.[3] Hudthagosol, C[1] and Somboonpanyakul, P[1]

Abstract

The objective of this research was to determine the effect of sesame cultivars on physio-chemical properties of tofu from Sacha inchi residue (SR). Four formulas of tofu were prepared. The 1st formula was SR tofu. The second, third and fourth formulas were SR tofu mixed with three sesames cultivar, namely (CM-53, C plus-1 and C plus-2) at ratio of 1:1. The results showed that tofu prepared mixed with SR and sesame C plus-2 cultivar showed the highest yield (52.28%). The sesame species had no effect on the moisture content of tofu. The L* of tofu prepared from SR and all sesame species were lower, but a* and b* were higher than SR tofu ($p<0.05$). The hardness and cohesiveness of SR tofu were higher than the SR and sesame tofu but the springiness of the SR and all sesame tofus were higher than SR tofu ($p<0.05$).

Keywords: Sacha inchi, tofu, sesame, by-product

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสายพันธุ์ของงาขาวต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของเต้าหู้จากกากถั่วดาวอินคา เตรียมเต้าหู้ 4 สูตร คือ สูตร 1 ใช้กากถั่วดาวอินคา และสูตรที่ 2 ถึง 4 ใช้กากถั่วดาวอินคาร่วมกับงาขาวในอัตราส่วน 1:1 แปรงาขาว 3 สายพันธุ์ คือ CM-53, C plus-1 และ C plus-2 ตามลำดับ พบว่า เต้าหู้สูตรที่ใช้กากถั่วดาวอินคาและงาขาวสายพันธุ์ C plus-2 ให้ผลผลิตสูงสุด (52.28%) งาขาวทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่มีผลต่อความชื้นของเต้าหู้ เต้าหู้กากถั่วดาวอินคาและงาขาวทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่าเต้าหู้กากถั่วดาวอินคา แต่มีค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มากกว่าเต้าหู้กากถั่วดาวอินคา ($p<0.05$) จากการวัดค่าเนื้อสัมผัส พบว่า เต้าหู้กากถั่วดาวอินคาและงาขาวทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่าความแข็ง และความสามารถในการเกาะกันน้อยกว่าเต้าหู้กากถั่วดาวอินคา แต่มีค่าความยืดหยุ่นมากกว่าเต้าหู้กากถั่วดาวอินคา ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ถั่วดาวอินคา เต้าหู้ งาขาว ผลิตผลพลอยได้

คำนำ

ถั่วดาวอินคา หรือ Sacha inchi มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plukenetia volubilis* L. เป็นพืชในวงศ์ Euphorbiaceae มีถิ่นกำเนิดและพบได้ทั่วไปที่ป่าอะเมซอนของชาวเปรู ในทวีปอเมริกาใต้ (Chirinos และคณะ, 2013) ถั่วชนิดนี้เป็นแหล่งของน้ำมันและมีโปรตีนสูง กรดไขมันที่พบได้มากเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) โดยเฉพาะโอเมก้า 3 (α-linolenic acid; ALA) และโอเมก้า 6 (Linoleic acid; LA) (Sathe และคณะ, 2002) การสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคาจะมีกากเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ซึ่งมีลักษณะเป็นผงแป้งสีขาวนวล ส่วนกากเหลือทิ้งนี้มีคุณค่าทางโภชนาการ คือมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 46.11 สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนสูงได้ ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่า กากที่เหลือทิ้งจากการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคานี้ สามารถฟอร์มเจลได้เมื่อให้ความร้อน มีลักษณะเป็นเจลสีขาว นิ่มคล้ายเต้าหู้ การให้ความร้อนยังเป็นการช่วยลดความฝาดจากกากเหลือทิ้ง เนื่องจากความร้อนทำลายสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดความฝาด (Makkar และ Becker, 1996) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์

[1]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[1]Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchawithi Distric, Bangkok 10400
[2]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 พุทธมณฑล สาย 4 ตาบลศาลายา อาเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170
[2] Insitute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

เต้าหู้ที่มีโปรตีนสูง จากการทดลองผลิตเต้าหู้จากกากถั่วดาวอินคาเบื้องต้นของผู้วิจัย พบว่า ผลิตภัณฑ์เต้าหู้จากกากถั่วดาวอินคามี เนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับ จึงมีการผสมงาขาว เนื่องจากงาขาวเป็นเมล็ดพืชที่มีรสหวานเล็กน้อย และมีกลิ่นหอม นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมัน โดยเฉพาะโปรตีนจากงาจะมีกรดอะมิโนเมธไทโอนิน (Methionine) และทริปโตเฟน (Tryptophan) สูง (ศัลยา, 2546) ซึ่งตามปกติจะพบกรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้น้อยในโปรตีนจากพืชชนิดอื่นๆ และโปรตีนในเมล็ดงาอยู่ในรูปโกลบูลินสูงถึงร้อยละ 67.3 ชนิดที่พบมากที่สุด คือ 11S โกลบูลิน (11S Globulin) ร้อยละ 60-70 ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำ มีความสามารถในการเกิดเจลได้ดี และทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ดีขึ้น (Rajendran และ Prakash, 1988) จึงเหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นเต้าหู้เพื่อพัฒนาเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติของเต้าหู้จากกากถั่วดาวอินคา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสายพันธุ์ของงาขาวต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของเต้าหู้จากกากถั่วดาวอินคา เพื่อพัฒนาเต้าหู้จากกากถั่วดาวอินคาให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมกากถั่วดาวอินคา และเมล็ดงาขาว โดยนำกากถั่วดาวอินคา และเมล็ดงาขาวมาบดละเอียด โดยใช้เครื่องบดความละเอียดสูงแบบต่อเนื่อง (M20, IKA, Germany) แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และ 25 เมช ตามลำดับ บรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ถุงละ 500 กรัม เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วดาวอินคา และเมล็ดงาขาว ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคำนวณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีการของ AOAC (2012)

ผลิตเต้าหู้จากกากถั่วดาวอินคาดัดแปลงตามวิธีการของ Liu, 1999 มีส่วนประกอบหลักคือ กากถั่วดาวอินคา และน้ำ ปั่นกากถั่วดาวอินคาที่ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:10 เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นกรองของเหลวผสมระหว่างกากถั่วดาวอินคาและน้ำด้วยผ้าขาวบาง และนำของเหลวผสมที่ได้ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ชั่งสารตกตะกอนคือ แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ร้อยละ 1 ของน้ำหนักกากถั่วดาวอินคา ใส่ลงไปของเหลวผสมระหว่างกากถั่วดาวอินคาและน้ำ ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 10 นาที กรองส่วนที่เป็นตะกอนใส่ลงในแม่พิมพ์ และกดทับด้วยน้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 20 นาที พักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บรรจุลงในกล่องพลาสติกปิดสนิท

ศึกษาสายพันธุ์ของงาขาวที่มีผลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของเต้าหู้จากกากถั่วดาวอินคา วางแผนการทดลองโดยวิธี Factorial in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ แปรสายพันธุ์ของงาขาวเป็น 3 สายพันธุ์ ซึ่งได้รับจากภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ งาขาวฝักต้านทานการแตกสายพันธุ์ Cm-53 (KUAOX24), งาขาวฝักไม่แตกสายพันธุ์ C plus-1 (KUsr6662) และ งาขาวฝักไม่แตกสายพันธุ์ C plus-2 (KUds6111 x S20) โดยผสมกากถั่วดาวอินคาและงาขาวในแต่ละสายพันธุ์ในอัตราส่วน 1:1 สำหรับวิธีการผลิตเต้าหู้ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว นำเต้าหู้ที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC (2012) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (Model, Mettler-Toledo International Inc., Switzerland) ค่าสีระบบ (L*, a*, b*) วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer (ColorFlex EZ, Hunter Associates Laboratory Inc., USA) ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความสามารถในการเกาะกัน (Cohesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT plus, Stable Micro Systems Ltd., UK) คำนวณปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ โดย ปริมาณผลผลิต (%) = (น้ำหนักของเต้าหู้ที่ได้/น้ำหนักของวัตถุดิบ) × 100 และทดสอบประสาทสัมผัสความพอดีในด้านความแข็ง ด้วย 5 point just-about-right scale ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ด้วย 9 point hedonic scale เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 17

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กากถั่วดาวอินคามีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ ร้อยละ 46.11 และงาขาวสายพันธุ์ Cm-53, C plus-1 และ C plus-2 มีปริมาณไขมันสูง คือ ร้อยละ 50.12, 49.15 และ 50.92 ตามลำดับ (Table 1) จาก Table 2 พบว่าการผสม งาขาวทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีผลต่อความชื้นของเต้าหู้กากถั่วดาวอินคา และเต้าหู้สูตรที่ใช้กากถั่วดาวอินคาและงาขาวสายพันธุ์ C plus-2 ให้ผลผลิตสูงสุด คือ ร้อยละ 52.28 อย่างไรก็ตามเต้าหู้กากถั่วดาวอินคาและเต้าหู้สูตรที่ใช้กากถั่วดาวอินคาและงาขาวมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5-6.0 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เลขที่ 461 พ.ศ. 2556 และจาก Figure 1 พบว่าเต้าหู้สูตรผสมงาขาว มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง แต่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นจากเต้าหู้กากถั่วดาวอินคา ($p<0.05$) ซึ่งความสว่างที่ลดลงของเต้าหู้สูตรที่ใช้กากถั่วดาวอินคาและงาขาว เป็นผลมาจากงาขาวที่มีสีเข้มกว่ากากถั่วดาวอินคา สำหรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเต้าหู้กาก ถั่วดาวอินคามีค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความสามารถในการเกาะกัน

(Cohesiveness) สูงสุด แต่มีความยืดหยุ่น (Springiness) ต่ำสุด ($p<0.05$) จากการผสมงาขาวในเต้าหู้กากถั่วดาวอินคาทำให้ค่าความแข็งลดลง และมีค่าความยืดหยุ่นสูงขึ้น เป็นผลมาจากใน งาขาวมีโปรตีนน้อยกว่าในกากถั่วดาวอินคา จึงทำให้เคิร์ดโปรตีนที่ตกตะกอนมีความแข็งลดลง และมีความยืดหยุ่นสูงขึ้น และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 3) พบว่าเมื่อผสมงาขาวทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่งผลให้คะแนนความแข็งของเต้าหู้อยู่ในเกณฑ์พอดี และได้รับคะแนนความชอบในด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าเต้าหู้กากถั่วดาวอินคาที่ไม่ได้ผสมงาขาว ($p<0.05$)

สรุปผล

งาขาวมีผลต่อปริมาณผลผลิตของเต้าหู้กากถั่วดาวอินคา โดยส่งผลให้มีผลผลิตสูงขึ้น ซึ่งเต้าหู้สูตรกากถั่วดาวอินคาผสมงาขาวสายพันธุ์ C plus-2 จะให้ผลผลิตสูงที่สุด ($p<0.05$) และการผสมงาขาวทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะค่าความแข็งลดลง และความยืดหยุ่นสูงขึ้น เมื่อเทียบกับเต้าหู้กากถั่วดาวอินคาที่ไม่ได้ผสมงาขาว ($p<0.05$)การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการผสมงาขาวทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่งผลให้คะแนนความแข็งของเต้าหู้อยู่ในเกณฑ์พอดี และได้รับคะแนนในด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าเต้าหู้กากถั่วดาวอินคาที่ไม่ได้ผสมงาขาว ($p<0.05$) โดยเต้าหู้สูตรกากถั่วดาวอินคาผสมงาขาวสายพันธุ์ C plus-1 ได้คะแนนความแข็งอยู่ในเกณฑ์พอดีมากที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบในด้าน กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงสุด แต่เต้าหู้กากถั่วดาวอินคาได้รับคะแนนความชอบด้านสีสูงกว่าเต้าหู้ที่ผสมงาขาวทั้ง 3 สายพันธุ์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท อยุร จำกัด ภายใต้ชื่อ โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท ปี พ.ศ. 2558 และได้รับความอนุเคราะห์พันธุ์งาขาวจากภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2546, งาธัญพืชที่มากด้วยคุณค่า, วารสารอาหาร, 33(3): 181-185.

Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y. and Campos, D., 2013, Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*): A Seed Source of Polyunsaturated Fatty Acids, Tocopherols, Phytosterols, Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity, Food Chemistry, 141(3): 1732-1739.

Makkar, S. and Becker, K., 1996, Effect of pH, Temperature, and Time on Inactivation of Tannins and Possible Implications in Detannification Studies, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 44: 1291-1295.

Sathe, S., Hamaker, B., Sze-Tao, K. and Venkatachalam, M., 2002, Isolation, Purification, and Biochemical Characterization of a Novel Water Soluble Protein from Inca Peanut (*Plukenetia volubilis* L.), Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50(17): 4906-4908.

Liu, K., 1999, Soybean: Chemistry, Technology and Utilization, Maryland, Aspen Publishers.

Rajendran, S. and Prakash, V., 1988, Isolation and Characterization of β-globulin Low Molecular Weight Protein Fraction from Sesame Seeds (*Sessamum indicum* L.), Journal of Agriculture and Food Chemistry, 36: 269-75.

Table 1 Proximate compositions of Sacha inchi residue and three sesame seed cultivars.

Compositions (%)*	Sesame seed cultivars			
	SR	Cm-53	C plus-1	C plus-2
Moisture	8.83±0.05	4.06±0.03	4.08±0.04	3.98±0.02
Protein	46.11±0.03	22.45±0.02	25.39±0.05	21.95±0.03
Fat	32.93±0.02	50.12±0.03	49.15±0.03	50.92±0.02
Ash	2.3±0.05	5.40±0.04	5.54±0.05	5.20±0.04
Crude fiber	3.10±0.02	11.59±0.03	12.76±0.02	12.89±0.02
Carbohydrate	6.75±0.02	6.38±0.02	3.08±0.02	5.06±0.05

*Mean ± SD

Table 2 Yield, moisture contents and pH values of tofu made from Sacha inchi residue and Sacha inchi residue mixed with three sesame seed cultivars.

	Yield (%)	Moisture (%)	pH
SR	50.70±0.07^{b}	68.87±0.02^{b}	5.64±0.02^{a}
SR+Cm-53	51.02±0.35^{b}	68.13±0.14^{c}	5.63±0.01^{ab}
SR+C plus-1	50.70±0.20^{b}	68.50±0.45^{bc}	5.61±0.01^{b}
SR+cplus-2	52.28±0.31^{a}	69.02±0.34^{ab}	5.63±0.01^{ab}

^{a,b,c} Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3 Sensory attribute scores of tofu made from Sacha inchi residue and Sacha inchi residue mixed with three sesame seed cultivars.

	Hardness	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
SR	4.15±0.44*	6.73±1.34^{a}	4.50±1.50^{b}	3.65±0.53^{c}	3.00±0.76^{b}	3.45±0.82^{b}
SR+Cm-53	3.30±0.47*	5.86±1.21^{b}	5.00±1.14^{b}	4.50±0.41^{ab}	3.85±0.51^{a}	5.00±0.79^{a}
SR+C plus-1	3.05±0.75	5.90±0.60^{b}	6.20±1.60^{a}	4.90±0.14^{a}	4.55±0.56^{a}	5.65±0.25a
SR+cplus-2	3.20±0.87	5.95±0.78^{b}	5.40±1.02^{ab}	3.95±0.51^{bc}	4.37±0.18^{a}	5.20±0.46^{a}

^{a,b,c} Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$). *Significant difference from the score of 3 (just-about-right score) ($p < 0.05$), 1Five-point just-about-right scale (5 = too much, 3 = just-about-right, 1 = not enough), 2 Nine-point hedonic scale (9 = like extremely, 1 = dislike extremely)

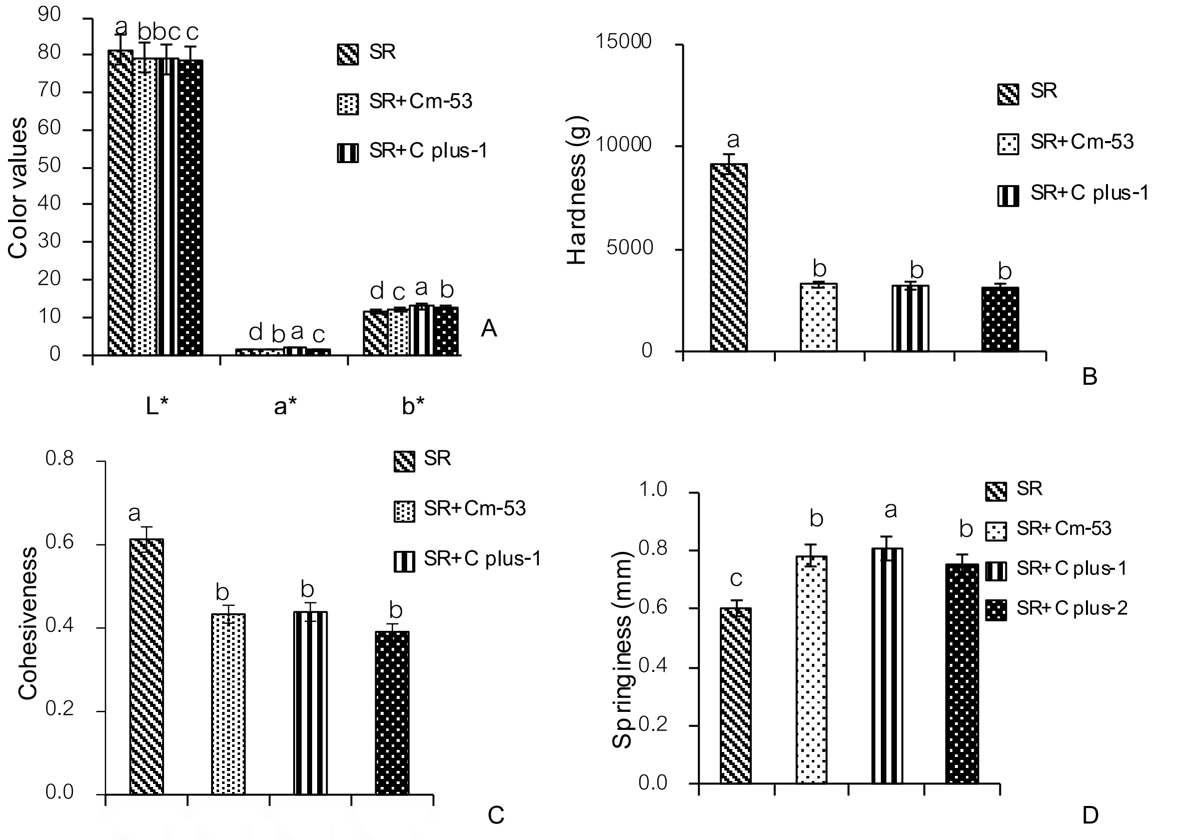


Figure 1 Physical properties of tofu made from Sacha inchi residue and SR tofu mixed with three sesame cultivars; (A) Color values, (B) Hardness, (C) Cohesiveness, (D) Springiness. ^{a,b,c} The different letters on each bar graphs are significantly different ($p < 0.05$).

บทบาทของไซโตไคนินและน้ำตาลต่อการชะลอการเหลืองของก้านดอกเอื้องหมายนาหลังการเก็บเกี่ยว

Roles of Cytokinin and Sugar on Delaying the Yellowing Stem of Cut *Coctus* Flowers (*Coctus* sp.) after Harvest

ธันชนก ใหมทอง[1,2] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1,2] และ มัณฑนา บัวหนอง[1,2]

Tanchanok Maithong[1,2], Panida Boonyaritthongchai[1,2], Apiradee Uthairattanakij[1,2], Chalermchai Wongs-Aree[1,2] and Mantana Buanong[1,2]

Abstract

The main postharvest of cut *Coctus* flowers are stems yellowing within 4 days, bract desiccation and bract color fading, therefore, Roles of cytokinin and sugar on delaying the yellowing stem of cut coctus flowers (*Coctus spp*). After harvest were investigated by holding coctus flowers in distilled water + 50 ppm Sodium dichloroisocyanurate (DICA) (control), 1 % sucrose (SU) + DICA, 50 ppm 6-Benzyl alanine (BA) + DICA, and 1 SU + BA + DICA in an observation room (21±2 ^{O}C, 70-80% RH under cool-white fluorescence lights for 12 h/d throughout the experimental period. It was revealed that the treatments of BA and sucrose alone gave the best results in delaying the yellowing stem of cut *Coctus* about 11 days after harvest while the stem of control flowers became yellowing within 4 days of the vase period. The stem yellowing was also closely related to the content of total chlorophyll in *Coctus* flower which found that BA and sucrose better maintain the content of total chlorophyll in the stem than the control flowers with the continuous decrease in chlorophyll content until the end of vase life. However, holding flowers in BA + Sucrose + DICA also delayed the stem yellowing but accelerated the desiccation of bracts and the opaque white vase solution. Besides/ treatment of BA and sucrose improved the quality of *Coctus* flowers by delaying the desiccation of bract, resulting in the longer vase life than other treatments.

Keywords: *Coctus* flower, sucrose, cytokinin, stem yellowing

บทคัดย่อ

ปัญหาหลักของดอกเอื้องหมายนาหลังการเก็บเกี่ยว คือ ก้านดอกเหลืองภายใน 4 วัน กลีบประดับเหี่ยวแห้ง และสีกลีบประดับซีดจางลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาบทบาทของไซโตไคนินและน้ำตาลต่อการชะลอการเหลืองของก้านดอกเอื้องหมายนา โดยทำการปักแช่ดอกเอื้องหมายนาในน้ำกลั่น + Sodium dichloroisocyanurate (DICA) ความเข้มข้น 50 ppm (ชุดควบคุม), สารละลายน้ำตาล sucrose (SU) ความเข้มข้น 1 % + DICA, สารละลาย 6-Benzyl alanine (BA) ความเข้มข้น 50 ppm + DICA, และสารละลาย BA + SU + DICA ตลอดระยะเวลาการทดลอง ณ ห้องควบคุมอุณหภูมิ 21±2 ^{O}C ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 % ภายใต้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนส์ 12 ชม./วัน พบว่า การใช้ BA และ Sucrose สามารถชะลอการเหลืองของก้านดอกเอื้องหมายนาได้ดีที่สุดและนานถึง 11 วัน ในขณะที่ดอกเอื้องหมายนาในชุดควบคุมมีการเหลืองของก้านดอกมากกว่า 50 % ภายใน 4 วันหลังการเก็บเกี่ยว การเหลืองของก้านดอกยังสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด โดยพบว่า การปักแช่ใน BA และ sucrose นั้นสามารถคงปริมาณของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดได้ดีกว่าการปักแช่ในน้ำกลั่น + DICA (ชุดควบคุม) ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันสิ้นสุดอายุการปักแจกัน ส่วนการปักแช่ดอกไม้ในสารละลาย BA + Sucrose + DICA สามารถชะลอการเหลืองของก้านดอกได้ดีเช่นเดียวกัน แต่กลับมีผลไปเร่งให้กลีบประดับดอกเหี่ยวแห้งและทำให้น้ำปักแจกันขุ่นเร็วขึ้น นอกจากนั้น BA และ Sucrose ยังปรับปรุงคุณภาพของดอกโดยสามารถชะลอการเหี่ยวแห้งของกลีบประดับดอกเอื้องหมายนา จึงทำให้มีอายุการปักแจกันนานกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ

คำสำคัญ: ดอกเอื้องหมายนา น้ำตาลซูโครส ไซโตไคนิน การเหลืองของก้านดอก

[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

คำนำ

เอื้องหมายนา (*Costus speciosus Smith*) เป็นพรรณไม้ชนิดหนึ่งที่กรมป่าไม้ส่งเสริมให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ในปัจจุบันมีเอื้องหมายนาอยู่ทั่วโลกประมาณ 90 ชนิด เอื้องหมายนานิยมปลูกเพื่อใช้ตกแต่งสถานที่ได้ หรือตัดช่อดอกเพื่อใช้ในการประดับตกแต่งเพื่อสวยงามได้ เนื่องจากลำต้นของเอื้องหมายนามีความสวยงามแปลกตา ลำต้นสวยงามไม่เหมือนช่อไม้อื่นๆ ซึ่งลำต้นมีลักษณะเป็นใบม้วนพันรอบลำต้นก่อให้เกิดการบิดโค้งงอ ดอกมีสีแดงสด โดยที่มีดอกแท้สีเหลืองสด ทำให้เกิดการตัดสีกันระหว่างลำต้นก่อให้เกิดความสวยงาม ซึ่งส่งผลให้เอื้องหมายนากลายเป็นพืชเศรษฐกิจอีกประเภทหนึ่ง โดยปกติเอื้องหมายนาจะพบมากในบริเวณภาคใต้ เพราะเป็นพืชที่ชอบความชื้น จึงพบได้มากบริเวณชายป่าที่มีความชุ่มชื้น (ศูนย์ศึกษาและพัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 10) แต่ปัญหาหลักหลังการเก็บเกี่ยวของเอื้องหมายนาตัดดอกคือ ก้านของดอกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (yellowing stem) ภายใน 4 วันหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้อายุการใช้งานของดอกเอื้องหมายนาตัดดอกสั้นลง โดยปัญหาการเกิดก้านเหลืองเกิดจากการที่คลอโรฟิลด์ถูกทำลาย(ฐิติมา, 2541) การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น สารในกลุ่มไซโตไคนิน เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เป็นสารส่งเสริมสารส่งเสริมคุณภาพดอกไม้และไม้ใบ โดยเฉพาระสารสังเคราะห์ในกลุ่มของไซโตไคนิน เช่น 6-benzylaminopurine (BA) เป็นสารตัวแรกในกลุ่มของไซโตไคนินที่มีการสังเคราะห์ขึ้น มีผลต่อการชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ สามารถลดอัตราการหายใจและชะลอการเสื่อมสภาพในดอกเบญจมาศและดอกคาร์เนชั่นได้ (Baker, 1983) นอกจากนั้น ยังพบว่า น้ำตาลนิยมใช้เป็นองค์ประกอบของสารส่งเสริมคุณภาพ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของดอกไม้ โดยดอกไม้จะใช้น้ำตาลในกระบวนการหายใจและได้พลังงาน (ATP) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ (Halevy and Mayak, 1979) จึงมีการเติมน้ำตาลลงไปในน้ำที่ใช้แช่ดอกไม้ เพื่อทดแทนอาหารที่เคยได้รับจากต้นและรักษาคุณภาพหรืออายุการใช้งานของดอกไม้ให้นานขึ้น ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมรการเติมน้ำตาลซูโครสลงในน้ำยาปักแจกันเพื่อช่วยให้อายุการเก็บรักษาของดอกเอื้องหมายนามีมากขึ้น เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดและเป็นน้ำตาลที่พืชสามารถลำเลียงไปยังส่วนต่างๆได้ง่าย และยังพบว่าเมื่อใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 2% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาดอกทานตะวันออกไปได้เป็นเวลา 5วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Chain-Shin, 2006) ซึ่งในปกติน้ำยาจะมีการเติมสารฆ่าเชื้อลงไปผสมกับน้ำยาปักแจกันเพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันจากเชื้อจุลินทรีย์ในท่อลำเลียงของไม้ตัดดอก ในการทดลองนี้จึงมีการเติมสาร Sodium Dichloroisocyanurate (DICA) ซึ่งเป็นสารีเมื่อละลายน้ำแล้วจะได้คลอรีนออกมา เพื่อใช้ควบคุมเชื้อจุลินทรีย์มนน้ำยาปักแจกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาบทบาทของไซโตไคนินและน้ำตาลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่งและการเก็บรักษาของเอื้องหมายนาตัดดอก

อุปกรณ์และวิธีการ

ดอกเอื้องหมายนาที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นดอกเอื้องหมายนาที่ปลูกในพื้นที่หมู่บ้านทับคริสต์ อ.พนม จ.สุราษฎร์ธานี โดยคัดเลือกดอกเอื้องหมายนาที่มีขนาด 3 นิ้วและคุณภาพใกล้เคียงกัน แช่ดอกเอื้องหมายนาในน้ำกลั่นทันทีหลังจากคัดเลือกและขนย้ายมาศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการจะตัดก้านดอกใต้น้ำสะอาดให้มีความยาว 55 เซนติเมตร แล้วนำไปปักแชในน้ำยาปักแจกัน ได้แก่ น้ำกลั่น + DICA ความเข้มข้น 50 ppm (Sodium Dichloroisocyanurate ที่มีส่วนประกอบของคลอรีน, DW; (ชุดควบคุม), น้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 1% + DICA (SU), 6-Benzylaminopurine (BA) ความเข้มข้น 50 ppm + DICA และ BA ความเข้มข้น 50 ppm + น้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 1 + DICA (BA + SU) แล้วน้ำไปเก็บรักษาที่ห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 21± 2 $^{\circ}$C ความชื้นที่ 70-80% ให้แสงฟลูออเรสเซ้นส์ นาน 12 ชั่วโมง/วัน ประเมินคุณภาพโดยวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) อัตราการดูดน้ำ (มิลลิลิตร / ดอก/ วัน) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/ 100 g FW) ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/ 100 g FW) และประเมินอายุการปักแจกันโดยการให้คะแนนก้านเหลืองของก้านดอก เมื่อดอกเอื้องหมายนาได้รับคะแนนก้านเหลือง = 3 จะถือว่าสิ้นสุดอายุการปักแจกัน โดยอายุการปักแจกันจะมีระดับ 1-5 (1= ความเหลืองของก้านดอก 0-11 เซนติเมตร, 2= ความเหลืงของก้านดอก 12-22 เซนติเมตร, 3= ความเหลืองของก้านดอก23-33 เซนติเมตร, 4= ความเหลืองของก้านดอก 34-44 เซนติเมตร และ 5= ความเหลืองของก้านดอก 45-55 เซนติเมตร) ทำการทดลองทุกสองวัน จนกระทั่งหมดอายุการใช้งานโดยพิจารณาจากการเหลืองของก้านดอกที่มากกว่า 50 % หรือมีคะแนนการเหลืองของก้านดอก เท่ากับ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษา พบว่า ดอกเอื้องหมายนาที่ปักแช่ในสารละลาย BA เพียงเดียว และ BA + SU ผลชะลอการเหลืองของก้านดอก ได้นานเป็น 2 เท่า โดยมีคะแนนการเหลืองของก้านดอก เท่ากับ 1.2 และ 1.4 ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการปักแจกันในขณะที่ชุดควบคุมมีคะแนน เท่ากับ 3.5 (Figure 1A) การเหลืองของก้านดอกยังสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดซึ่งพบว่า การใช้ BA และ BA + Su ทำให้ก้านดอกมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงกว่าก้านดอกเอื้องหมายนาที่ปักแช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (Figure 1B) และมีอายุการใช้งานนานกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (Figure 2) เท่ากับ 9.2 และ 7.8 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ดอกเอื้องหมายนาที่ปักแช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) มีอายุการใช้งานเพียง 4.0 วัน แสดงให้เห็นว่าการปักแช่ดอกไม้ในสารละลาย BA สามารถยืดอายุการใช้งาน โดยช่วยปรับปรุงคุณภาพ และชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ngamkham et al . (2554) พบว่าการพัลซิ่งใบเฟินนาคราชด้วย BA ความเข้มข้น 100 mg/L นาน 24 ชั่วโมงแล้วน้ำมาปักในน้ำกลั่นสามารถชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลด์ทั้งหมดและชะลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของใบเฟินได้ดีกว่าการพัลซิ่งด้วยน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) โดยการเติม BA ในน้ำยาปักแจกัน อาจจะเป็นการเติม adenine เข้าไปเพื่อให้โมเลกุลของ soluble RNA คงสภาพเดิม จึงสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกไม้ได้ เช่น ดอกเบญจมาศ และดอกคาร์เนชั่นได้ (Baker, 1983) ในดอกซ่อนกลิ่น (*Polianthe tuberose L.*) การพัลซิ่งด้วยสารละลาย BA ที่ความเข้มข้น 25 mg/L สามารถยืดอายุการปักแจกันได้นาน 15.8 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับดอกซ่อนกลิ่นที่ปักในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) ซึ่งมีอายุการปักแจกัน 13.2 วัน (Hutchinson et al, 2003) อย่างไรก็ตาม การใช้สารในกลุ่มไซโตไคนินเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในดอกเอื้องหมายนา ซึ่งพบว่ามี ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและแอนโทไซยานินค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการปักแจกัน (Figure 1C, D) ในขณะที่การเติมน้ำตาลลงไปในน้ำยาปักแจกันหรือการใช้สารไซโตไคนินร่วมกับน้ำตาลกลับทำให้กลีบประดับมีการสะสมปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้น้ำกลั่นและ BA เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$)

สรุปผล

BA ความเข้มข้น 50 ppm สามารถชะลอการเหลืองของก้านดอกเอื้องหมายนาได้นานเป็น 2 เท่าของชุดควบคุม โดยมีผลไปคงปริมาณคลอโรฟิลลทั้งหมดในก้านดอก และยืดอายุการใช้นานได้ถึง 9.2วัน แต่การใช้ Su เพียงอย่างเดียว และ BA + Su กลับมีผลทำให้กลีบประดับมีการสะสมปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและแอนโทไซยานินให้สูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.): สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและกลุ่มเกษตรกรหมู่บ้านทับคริสต์ อ.พนม จ.สุราษฎ์ธานี ที่เอื้อเฟื้อผลิตผลและสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ฐิติมา สุคลธ์วิมาลย์, 2541, ผลของสารเคมีที่มีผลต่อการสลายตัวของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฟิร์นาคราช, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี หมาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 89 หน้า.

นริศ อาจธัญกรณ์ ธนดล อาศน์สุวรรณ และรุ่งอรุณ กล่ำเสือ, 2009, รายงานการศึกษาชนิดพันธุ์ไม้ เรื่อง เอื้องหมายนา, ศูนย์ศึกษาและพัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 10, สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 10 (ราชบุรี).

Baker, J.E., 1983, Plant growth regulating chemical. CRC-Press. New York, USA. 2: 191 p.

Halevy, A.H. and Mayak, S., 1979, Senescence and Postharvest Physiology of Cut Flowers Part 1. Acta Horticulture, 1: 204-236.

Hutchinson, M.J., Chebet, D.K. and Emongor, V.E., 2003, Effect of Accel, Sucrose and Silver Thiosulphate on the Water Relation and Postharvast Physiology of Cut Tuberose Flower, African Crop Science, 11(4): 279-287.

Ngamkham, P., Techavuthiporn, C., Srilaong, V., Wongs-Aree, C. and Buanong, M., 2011, Effect of Cytokinins on Delaying Leaf Senescence of Rabbit's Foot Fern (*Davillia* sp.) after Harvest, Agricultural Science, 21: 295-298.

Paull, R.E. and Chantrachit, T., 2001, Benzyladenine and the Vase Life of Tropical Ornamentals, Postharvest Biology, Technology, 21: 303-310.

Van Staden, J. and Mooney, P.A., 1988, The Effect of Cytokinin Preconditioning on the Metabolism of Adenine Derivatives in Soybean Callus, Journal of Plant Physiology, 133: 466-469.

Van Staden, J., Upfold, S.J, Bayley, A.D. and Drewes, F.E., 1990, Cytokinins in Cut Carnation Flowers IX. Transport and Metabolism of Iso-pentenyladenine and the Effect of Its Derivatives on Flower Longevity, Plant Growth Regulator, 9(3): 255-261.

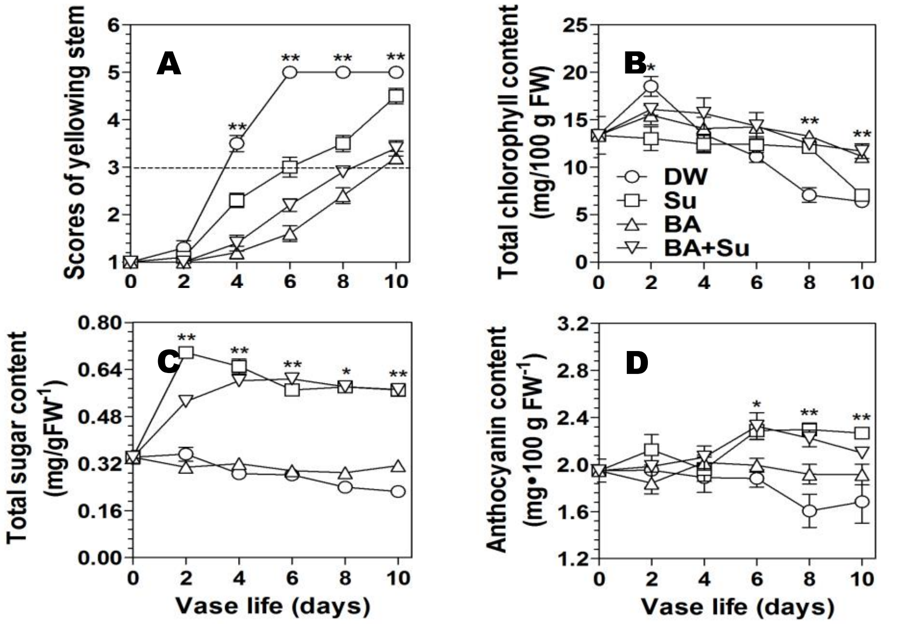


Figure 1 Score of yellowing stem (A), total chlorophyll content (B), total sugar content (C) and anthocyanin content (D) in Coctus flowers holding in distill water+ 50 ppm DICA (DW: control), 1 % Sucrose + 50 ppm DICA (SU), 50 ppm 6-Benzylaminopurine (BA) + 50 ppm DICA and BA + Su + DICA (BA + SU) storage at 21± 2˚C, 60-70 % RH under white fluorescence 12 hours/day.

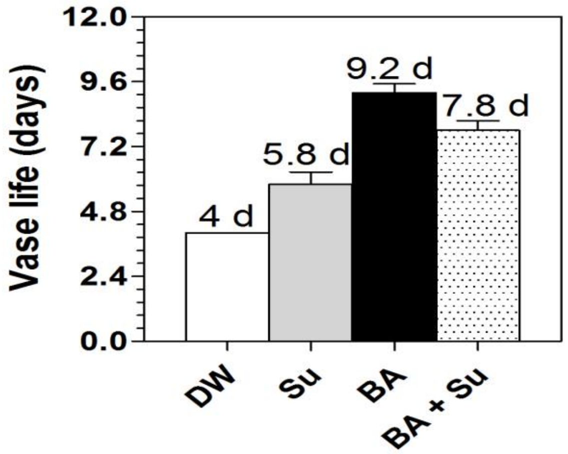


Figure 2 Vase life (days) in Coctus flowers holding in distill water+ 50 ppm DICA (DW: control), 1 % Sucrose + 50 ppm DICA (SU), 50 ppm 6-Benzylaminopurine (BA) + 50 ppm DICA and BA + Su + DICA (BA + SU) storage at 21± 2˚C, 60-70 % RH under white fluorescence 12 hours/day.

ผลของอุณหภูมิ และระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในอาหารสังเคราะห์ ที่มีต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด

The Effect of Temperature and Sucrose Concentration of the Medium on Pollen Germination of Marian Plum (*Bouea burmanica* Griff.)

ปิยะฉัตร มะอาจเลิศ[1] **และ ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์**[2]
Ma-ardlert, P.[1] and Yapwattanaphun, C.[2]

Abstract

The effect of temperature and sucrose concentrations on pollen germination of *Bouea burmanica* Griff was conducted. The pollen grains were cultured in the Alcaraz medium with various sucrose concentrations of 0%, 10%, 15%, 20% and 25%. It was found that sucrose concentration of 15% gave the maximum germination rate at 58.54%. Pollen grains were then cultured in germination medium containing 15% sucrose and incubated at 3 temperatures; 33°C, 35°C, and 37°C, respectively The maximum germination rates recorded were 23.60% at 33°C, 19.98% at 35°C, and 10.68% at 37°C. It can be concluded that temperature and sucrose concentration in the medium are important keys for in vitro pollen germination of Marian plum.
Keywords: Marian plum, pollen, media

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอุณหภูมิและระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในอาหารสังเคราะห์ ที่มีต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด ทำการเลี้ยงละอองเกสรของมะยงชิดในอาหารสังเคราะห์สูตรของ Alcaraz ที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 5 ระดับ คือ 0%, 10%, 15%, 20% และ 25% ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่ 15% มีอัตราการงอกของละอองเกสรสูงที่สุดคือ 58.54% จากนั้นทำการเลี้ยงละอองเกสรของมะยงชิดในอาหารสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 15% โดยบ่มที่อุณหภูมิ 33°C, 35°C และ 37°C ผลการทดลองพบว่าที่อุณภูมิ 33°C มีอัตราการงอกของละอองเกสรมากที่สุดคือ 23.60% รองลงมาที่อุณหภูมิ 35°C และ 37°C มีอัตราการงอกคือ 19.98% และ 10.68% ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในอาหารสังเคราะห์มีผลต่ออัตราการงอกของละอองเกสรมะยงชิด
คำสำคัญ: มะยงชิด ละอองเกสร อาหารสังเคราะห์

คำนำ

มะยงชิดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bouae burmanica* Griff. เป็นไม้ผลที่เริ่มมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แม้จะยังไม่แพร่หลายในตลาดมากนักแต่ด้วยคุณภาพ รสชาติ และสีสัน ทำให้มะยงชิดเป็นไม้ผลที่มีราคาค่อนข้างสูง (สมบัติ, 2547) ปัจจุบันการทำสวนมะยงชิดประสบกับปัญหาที่สำคัญได้แก่ การออกดอกแต่ไม่ติดผล การติดผลแล้วร่วง ซึ่งการติดผลของมะยงชิดจะเกิดขึ้นได้ต้องมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิเกิดขึ้น โดยในทางสรีรวิทยานั้น ละอองเกสรเป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อการติดผลของไม้ผลเป็นอย่างยิ่ง (Greulach, 1973) ที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาผลของอุณหภูมิ และ ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในอาหารสังเคราะห์ ที่มีผลต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาเพื่อให้เป็นข้อมูลพื้นฐานนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาการออกดอกแต่ไม่ติดผลของมะยงชิดต่อไป

[1] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
[1] Graduate School Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900
[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาที่สวนนพรัตน์ ต.ดงละคร อ.เมือง จ.นครนายก เลือกต้นมะยงชิด อายุ 5 ปี จำนวน 5 ต้น แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในอาหารสังเคราะห์ที่มีผลต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด โดยวิธี hanging drop technique ในอาหารสังเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย 23% PEG, 100 mgL^{-1} KNO_3, 100 mgL^{-1} H_3BO_3, 300 mgL^{-1} $MgSO_4.7H_2O$, 480 mgL^{-1} $Ca(No_3)_24H_2O$ (Alcaraz และคณะ, 2011) โดยเติมน้ำตาลซูโครสที่มีความเข้มข้น 0, 10, 15, 20, 25% แล้วนำมาบ่มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาตรวจการงอกของหลอดละอองเกสรด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกข้อมูล เมื่อหลอดละอองเกสรงอก และมีความยาวเกินครึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางของขนาดละอองเกสร ให้สุ่มตรวจนับจำนวน 4 บริเวณ Microscopic field (บริเวณที่มองเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ณ ขณะใดๆ)แล้วนำมาคำนวนอัตราการงอกของละอองเกสร สำหรับการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการงอกของละอองเกสรมะยงชิด โดยการบ่มละอองเกสรในอาหารที่มีน้ำตาลซูโครส 15% ที่อุณหภูมิ 33 °C 35 °C และ 37 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาตรวจการงอกของหลอดละอองเกสรด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกข้อมูล เมื่อหลอดละอองเกสรงอก และมีความยาวเกินครึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางของขนาดละอองเกสร ให้สุ่มตรวจนับจำนวน 4 บริเวณ Microscopic field แล้วนำมาคำนวนอัตราการงอกของละอองเกสร

ผลการทดลอง

1. การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด

การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในอาหารสังเคราะห์ต่อผลการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด พบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 15% มีอัตราการงอกของละอองเกสรดีที่สุด คือ 58.54% และความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 10% มีอัตราการงอกของละอองเกสรรองลงมาคือ 28.57% และที่ความเข้มข้นซูโครส 0% และ 20% มีอัตราการงอกของละอองเกสร 14.70% และ 3.33% ตามลำดับ และความเข้มข้นของซูโครส 25% พบว่าไม่มีการงอกของละอองเกสร ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่มีต่ออัตราการงอกของละอองเกสรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด

การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิง พบว่าที่อุณหภูมิต่ำมีอัตราการงอกของละอองเกสรดีกว่าอุณหภูมิสูง โดยที่อุณหภูมิ 33 °C หลอดละอองเกสรมีอัตราการงอกดีที่สุดคือ 23.60% รองลงมาคือ อุณหภูมิ 35 °C และ 37 °C มีอัตราการงอกของละอองเกสร 19.89% และ 10.68% ตามลำดับ (Figure 2)

วิจารณ์ผล

การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในอาหารสังเคราะห์ต่อผลการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด พบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลต่ำหรือสูงเกินไป ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกต่ำและละอองเรณูแตก เนื่องจากสูญเสียความสมดุลระหว่างน้ำและน้ำตาล (นิติญา และคณะ, 2549) ซึ่งน้ำตาลซูโครสทำหน้าที่เป็นสารอาหารและเป็นส่วนประกอบเพื่อปรับค่าศักย์ออสโมติก (osmotic potential) ให้สอดคล้องกับความต้องการของละอองเกสร (Greulach, 1979; Alcaraz และคณะ, 2011) Brewbaker และ Kwack (1963) รายงานว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลจะมีผลต่อการงอกของละอองเกสร และความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป แต่โดยทั่วไปแล้วความต้องการน้ำตาลของพืชในการงอกและการเจริญของละอองเกสรจะอยู่ในช่วง 5-25%

การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิด พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อัตราการงอกลดต่ำลง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการงอกของหลอดละอองเกสร อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลทำให้การงอกของละอองเกสรลดลง หรืออาจทำให้ละอองเกสรตาย รัตนาวรรณ (2532) พบว่าละอองเกสรมะม่วงจะมีอัตราการงอกของละอองเกสรสูงที่อุณหภูมิ 30 °C สำหรับมะยงชิดนั้นจากการทดลองนี้พบว่าอุณหภูมิที่สูงกว่า 35 °C จะทำให้อัตราการงอกของหลอดละอองเกสรมะยงชิดลดลงเป็นอย่างมากซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งในการไม่ติดผลของมะยงชิด สาเหตุที่การงอกของละอองเกสรขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ นั้นเนื่องจากขณะที่ละอองเกสรงอกนั้น มีกระบวณการที่ต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์ เพื่อการสังเคราะห์ RNA และโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการหายใจสูงขึ้นและเกิดการสังเคราะห์สารประกอบต่างๆ (Leopold และ Kreidemann, 1975)

สรุปผล

ละอองเกสรของมะยงชิดมีอัตราการงอกสูงสุดในอาหารสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 15% และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของละอองเกสรมะยงชิดคือ 33 °C

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณจังหวัดนครนายกที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณสวนนพรัตน์และสวนละอองฟ้าที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่สำหรับทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นิติญา แจ้งกระจ่าง เสาวณี สาธรวิริยะพงศ์ และวิทยา สาธรวิริยะพงศ์, 2549, สัณฐานวิทยาและการงอกของส้มเปลือกล่อนในสภาพทดลองและสภาพธรรมชาติ, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44, กรุงเทพฯ.

รัตนาวรรณ วิเศษ, 2532, การศึกษาปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อการติดผลและการใช้สารเคมีควบคุมการติดผลและการหลุดร่วงของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวาย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมบัติ ทัพไทย, 2547, มะปราง มะยงชิด: ไม้เศรษฐกิจเงินล้าน, พิมพ์ดี, กรุงเทพฯ.

Alcaraz M.L., Montserrat, M. and Hormaza J.I., 2011, *In vitro* Pollen Germination in Avocado (*Persea americana* Mill.): Optimization of the Method and Effect of Temperature, Scientia Horticulturae, 130(1): 152-156.

Brewbaker, J.L. and Kwack, P.M., 1963, The Essential Role of Calcium Ion in Pollen Germination and Pollen Tube Growth, American Journal of Botany, 59(9): 859-865.

Greulach, A.V., 1973, Plant Function and Structure, New York: Macmillan Publishing Co., Inc. 575 p.

Leopold, A.C. and Kreidemann, P.E., 1975, Plant Growth and Development. 2nd ed, Tata McGraw-Hill, New Delhi. 545 p.

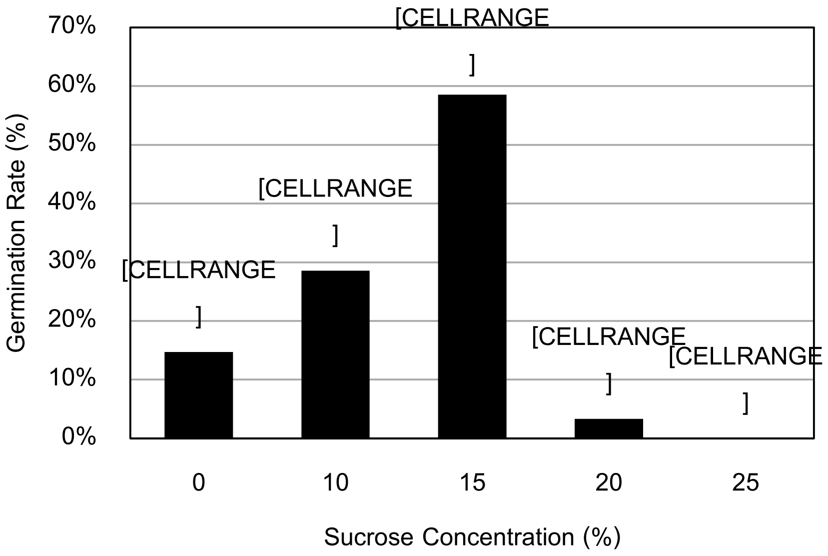


Figure 1 Percentage of Marian plum germinated pollen in Alcaraz medium containing with different sucrose concentration

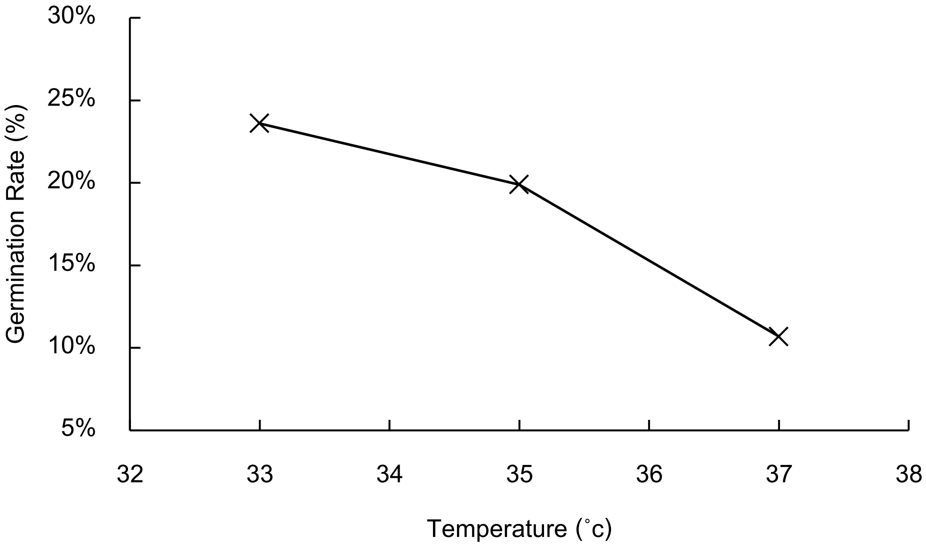


Figure 2 Percentage of Marian plum germinated pollen in Alcaraz medium under different temperatures.

สมบัติทางเคมีกายภาพของเนื้อตาล (*Borassus flabellifer* L.) ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เพคติเนส

Physiochemical Properties of Ripe Palm Flesh (*Borassus flabellifer* L.) Depolymerized by Pectinase

กณิษฐา รงคะอำพันธุ์[1] วันทนีย์ น้อยจินดา[1] และ ปราณี อ่านเปรื่อง[1]

Rongkaumpan, G.[1], Noichinda, W.[1] and Anprung, P.[1]

Abstract

This research was aimed to study enzymatic hydrolysis conditions that gave the highest degree of hydrolysis of the palm pulp by commercial pectinase (Pectinex® Ultra SP-L) and to study physicochemical properties of obtained depolymerized palm pectin. Results showed that optimum temperature of pectinase was 50°C at pH 3.96, while pectinase concentration was at 3% (v/w) and incubated time was for 4 hours which it gave the highest degree of hydrolysis at 20.03±0.89 ($p \le 0.05$). The depolymerized flesh palm colour (L*, a* and b*) slightly changed. Moreover, total flavonoid, total phenolic compound contents and DPPH scavenging activity increased 2.3, 3.3 and 1.7 times, respectively ($p \le 0.05$).

Keywords: palm flesh, pectinase, degree of hydrolysis, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่ให้ระดับการย่อยสลายสูงสุดในการผลิตเนื้อตาลที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเพคติเนสทางการค้า (Pectinex® Ultra SP-L) และศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของเนื้อตาลที่ผ่านการย่อยสลาย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเนื้อตาลสุก pH 3.96 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นเอนไซม์ 3% (v/w) ใช้เวลาบ่ม 4 ชั่วโมง ให้ระดับการย่อยสลาย 20.03±0.89 สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \le 0.05$) เนื้อตาลหลังย่อยสลายมีค่าสี (L*, a* และ b*) เปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งฟลาโวนอยด์ทั้งหมด สารประกอบฟีนอลลิคทั้งหมด และฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน DPPH เพิ่มขึ้น 2.3 3.3 และ 1.7 เท่า ตามลำดับ ($p \le 0.05$)

คำสำคัญ: เนื้อตาล เอนไซม์เพคติเนส ระดับการย่อยสลาย การต้านออกซิเดชัน

คำนำ

ตาลโตนด หรือ *Borassus flabellifer* L. เป็นพืชวงศ์ปาล์มที่พบมากในแถบอินเดีย มาเลเซีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Morton, 1988) ผลลูกตาลที่สุกแล้ว จะเปลือกชั้นนอก (Exocarp) มีสีดำ เนื้อในชั้น (Mesocarp) เปลี่ยนเป็นเส้นใยสีเหลืองสด (Artnarong และคณะ, 2016) เมื่อนำมารีดน้ำออกได้ส่วนที่เรียกว่า เนื้อตาล (Tanasombun และคณะ, 2014) เนื้อตาลมีองค์ประกอบที่น่าสนใจคือ เพคติน (Seneviratne และคณะ, 2005) เพคตินเมื่อนำมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ จะได้สารที่มีคุณสมบัติเป็นสารให้ความคงตัวในระบบอิมัลชันได้ (Sangthawan และ Anprung, 2014) งานวิจัยนี้ทำเพื่อศึกษาระดับการย่อยสลายสูงสุดของเนื้อตาลด้วยเอนไซม์เพคติเนส และเปรียบเทียบค่าสี ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดและศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน ที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เพคติเนส

อุปกรณ์และวิธีการ

ปอกเปลือกผลตาลสุกและแยกเม็ดที่อยู่ภายในออก นำเฉพาะส่วนผลตาลมากดอัดด้วยเครื่อง Hydraulic press ความดัน 0.5 ตันต่อตารางนิ้ว (A2, Sakaya, Thailand) เพื่อให้ได้เนื้อตาล ทำการเจือจางเนื้อตาลที่ได้ด้วยน้ำสะอาดในอัตราส่วน เนื้อตาล : น้ำ เท่ากับ 1 : 2 จากนั้นวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วย Abbe refractometor และวัด pH จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อตาลที่เจือจางแล้ว 10 กรัม มาบ่มด้วยเอนไซม์เพคติเนส (Pectinex® Ultra SP-L) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 % (v/w) เป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แต่ละทรีตเมนท์มี 3 ซ้ำ หยุด

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

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

ปฏิกริยาของเอนไซม์ด้วยการให้ความร้อนที่ 100±5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันที และวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพื่อนำมาคำนวณ Degree of hydrolysis ดังสมการ

% Degree of hydrolysis = x 100

จากนั้นนำเนื้อตาลก่อนและหลังไฮโดรไลเซทมาวิเคราะห์สีด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ในระบบ L* a* และ b* วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu แบบ microscale (Wrolstad และคณะ, 2005) วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Aluminum chloride colorimetric (Chang และคณะ, 2002) และ วิเคราะห์ DPPH radical scavenging activity (Brand-Williams และคณะ, 1995) โดยใช้ตัวทำละลายเป็น ethanol 70% (v/v)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การบ่มเนื้อตาล (pH 3.96) ด้วยเอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มข้นเอนไซม์เพิ่มมากขึ้นทำให้ Degree of hydrolysis เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นเอนไซม์ 3% (v/w) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ให้ระดับการย่อยสลาย 20.03±0.89 ($p \leq 0.05$) สูงที่สุด (Figure 1) เนื่องจากเอนไซม์เพคติเนสเข้าไปสลายพันธะไกลโคซิดิกของเพคตินส่งผลให้เพคตินแสดงหมู่ไฮดรอกซิลมากขึ้น เพคตินมีความเป็นขั้วมากขึ้น (Karunasawat และ Anprung, 2010) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้จึงเพิ่มสูงขึ้นด้วย ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ พบว่าหลังจากการย่อยสลายเนื้อตาลด้วยเอนไซม์ทำให้ ค่าสีทั้ง L* a* และ b* ลดลง ($p \leq 0.05$) อีกทั้งสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดปริมาณสูงขึ้น 2.3 เท่าจาก 3.66 เป็น 8.50 mg quercetin equivalent/100 g (wet basis) และสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดมีปริมาณสูงขึ้น 3.3 เท่าจาก 29.28 เป็น 96.53 mg gallic acid/100 g wet basis (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์จะย่อยสลายพอลิแซคคาไรด์และทำให้มีการปลดปล่อยสารรงควัตถุออกมามากขึ้น (Cinar, 2005) อีกทั้งสาร Folin ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคเข้าไปรบกวนองค์ประกอบของสารฟีนอลิคในเนื้อตาล เพราะในเนื้อตาลมีองค์ประกอบของน้ำตาลและวงแหวนของหมู่เอมีนซึ่งทำปฏิกิริยากับสาร Folin ได้ จึงทำให้สารฟีนอลิคที่วัดได้มีค่าสูงขึ้น (Prior และคณะ, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย (Wuttisit และ Anprung, 2011) ที่กล่าวว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในแคนตาลูปเพิ่มมากขึ้นหลังจากย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสและงานวิจัย (Versari และคณะ, 1997) ที่กล่าวว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในน้ำสตรอเบอร์รี่และราสเบอร์รี่เพิ่มสูงขึ้นหลังจากถูกย่อยด้วยเอนไซม์เพคติโนไลติก ในส่วนของฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน DPPH มีค่าสูงขึ้น 1.7 เท่า จาก 6.53 เป็น 11.21 μmol Trolox equivalent/g wet basis เนื่องจากเมื่อสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิคและฟลาโวนอยด์ถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้น DPPH radical ถูกรีดิวซ์โดยการรับไฮโดรเจนอะตอมจากสารต้านอนุมูลอิสระ(Contreras-Guzman และ Srong, 1982) เมื่อ DPPH radical เปลี่ยนเป็นรูป reduced form มากขึ้น จึงทำให้สีม่วงในสารละลายลดลง (Kedare และ Singh, 2011) เมื่อคำนวณเป็นฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน DPPH แล้วจึงได้สูงขึ้น

สรุปผล

สภาวะที่ให้ระดับการย่อยเนื้อตาลด้วยเอนไซม์เพคติเนสสูงที่สุดคือ การใช้เอนไซม์เพคติเนสที่ความเข้มข้น 3% (v/w) ย่อยนาน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยมีระดับการย่อยเท่ากับ 20.03±0.89 ($p \leq 0.05$) และพบว่าสมบัติทางเคมีกายภาพของเนื้อตาลไฮโดรไลเซท (หลังการย่อยด้วยเอนไซม์) มีค่าความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ลดลง ในทางกลับกันปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิคทั้งหมด และ ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น DPPH มีค่าสูงขึ้น 2.3 3.3 และ 1.7 เท่า ตามลำดับ

คำขอบคุณ

งานวิจัยในครั้งนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จาก ศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง คณะผู้วิจัยต้องขอกราบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงที่คอยให้คำแนะนำ ให้ความรู้ทางวิชาการและให้การช่วยเหลือในทุกๆด้าน

เอกสารอ้างอิง

Artnarong, S., Masniyom, P. and Maneesri, J., 2016, Preparation the Substrate from Palmyra Palm Fruit by *Candida stellimalicola* Fermentation for Acetic Acid Production, KKU Research Journal, 22(1): 397-403.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, LWT-Food Science and Technology, 28: 25-30.

Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. and Chern, J.C., 2002, Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods, Journal of Food and Drug Analysis, 10: 178-182.

Çinar, I., 2005, Stability Studies on the Enzymes Extracted Sweet Potato Carotenoproteins, Food Chemistry, 89: 397-401.

Contreras-Guzman, E.S. and Strong, F.C., 1982, Determination of Tocopherols (Vitamin E) by Reduction of Cupric Ion, Journal of AOAC International, 65: 1215-1222.

Karunasawat, K. and Anprung, P., 2010, Effect of Depolymerized Mango Pulp as a Stabilizer in Oil-in Water Emulsion Containing Sodium Casenate, Food and Bioproducts Processing, 88: 202-208.

Kedare, S.B. and Singh, R.P., 2011, Genesis and Development of DPPH Method of Antioxidant Assay, Journal of Food Science and Technology, 48(4): 412–422.

Morton, J.F., 1988, Notes on Distribution, Propagation, and Products of *Borassus palms* (Arecaceae), Economic Botany, 42(3): 420–441.

Prior, R.L., Wu, X. and Schaich, K., 2005, Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(10): 4290-4302.

Sangthawan, S. and Anprung, P., 2014, Enzymatically Depolymerized Mangosteen Aril Pectin as a Stabilizer for Low Cholesteral Mayonnaise, International Food Research Journal, 21(3): 999-1009.

Seneviratne, R.M.S.K., Johansson, M., Pathberiya, L.G. and Jansz, E.R., 2005, Studies on Dietary Fibre Content of Four Uncommon Palmyrah Fruit Type, Vidyodaya Journal of Science, 12: 93-97.

Tanasombun, P., Siripanwattana, C., Prasengchom, S. and Ngarnsangiam, N., 2014, Replacement of Palmyra Palm Powder in Fresh Noodle, SDU Research Journal Sciences and Technology, 7(1): 105-123.

Versari, A., Biesenbruch, S., Barbanti, D., Farnell, P. J. and Galassi, S., 1997, Effects of Pectolytic Enzymes on Selected Phenolic Compounds in Strawberry and Raspberry Juices, Food Research International, 30(10): 811-817.

Wrolstad, T.R., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemaker, C.F. Smith, D.M., and Sporns, P. 2005, Handbook of Food Analytical Chemistry, Volume 2: Pigments, Colorants, Flavors, Texture, and Bioactive Food components. John Wiley and Sons. New Jersey, 463-465 p.

Wuttisit, N. and Anprung, P., 2011, Effect of Pectinase on Volatile and Functional Bioactive Compounds in the Flesh and Placenta of Sunlady Cantaloupe, International Food Research Journal, 18: 792-800.

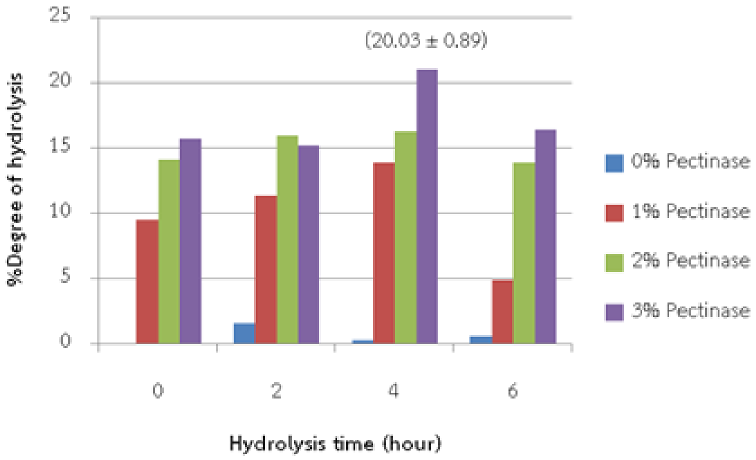


Figure 1 % Degree of hydrolysis produced by enzymatic hydrolysis of palm flesh at different time and pectinase concentration

Table 1 Physiochemical properties of fresh non-depolymerized palm flesh and depolymerized palm flesh

Physiochemical properties	Non-depolymerized palm flesh	Depolymerized palm flesh
L*	44.41±0.06[a]	43.34±0.01[b]
a*	5.08±0.04[a]	2.33±0.01[b]
b*	37.18±0.01[a]	7.07±0.06[b]
Total flavonoid (mg quercetin equivalent/100 g wb[1])	3.66±0.21[a]	8.50±1.89[b]
Total phenolic (mg gallic acid/100 g wb[1])	29.28±0.25[a]	96.53±0.18[b]
DPPH (μmol Trolox equivalent/g wb[1])	6.53±0.10[a]	11.21±0.33[b]

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดพื้นบ้านไทย

Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Thai Local Mushrooms

ธันยาภรณ์ พงษ์คุณากร[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]

Pongkunakorn, T.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

The aim of this research was to determine extraction conditions (including extraction temperature, time and solid-to-liquid ratio), total phenolics contents (TPCs) and antioxidant activities of fifteen wild edible Thai local mushrooms in Amnat-Charoen province, Thailand. Mushrooms (20 mg/mL) were extracted under optimized extraction conditions of 50°C for 8 hrs. The TPCs was analyzed by Folin-Ciocalteu method, and antioxidant activities were detected by 2,2-diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, ferric ion reducing power (FRAP), and oxygen radical antioxidant capacity (ORAC) assays. As results, TPCs ranged 3.30-8.69 mg GAE/g dry weight (DW), while the antioxidant activities ranged 4.36-27.33, 7.72-63.80 and 88.37-429.43 μmol TE/g DW as being analyzed by DPPH, FRAP and ORAC assays, respectively. Among all investigated mushrooms, 'Por-nung (*Astraeus* sp.)' mushroom exhibited the highest TPCs and antioxidant activities, while 'Kor-kar-dang (*Russula* sp.)' mushroom exhibited the lowest. This information would be fundamental knowledge on potential health promotion of Thai local mushroom consumption.

Keywords: antioxidant activity, mushroom extracts, Thai local mushrooms, total phenolic content

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการทดลองนี้คือ เพื่อศึกษาสภาวะการสกัด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดพื้นบ้านไทยจำนวน 15 สายพันธุ์ จากจังหวัดอำนาจเจริญ ประเทศไทย ตัวอย่างเห็ด (20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ถูกสกัดที่สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ORAC assays จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าอยู่ในช่วง 3.30-8.69 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีค่า 4.36- 27.33, 7.72- 63.80 และ 88.37- 429.43 ไมโครโมลต่อกรัมน้ำหนักแห้ง วัดด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ORAC assays ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์เห็ดทั้งหมดพบว่า เห็ดเผาะหนัง (*Astraeus* sp.) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ส่วนเห็ดก่อขาแดง (*Russula* sp.) มีปริมาณต่ำที่สุด ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการส่งเสริมสุขภาพที่เกิดจากการบริโภคเห็ดไทยในท้องถิ่น

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารสกัดเห็ด เห็ดพื้นบ้านไทย สารประกอบฟีนอลิกรวม

Introduction

Nowadays, Thailand and other countries worldwide have paid great attention on health promotion and disease prevention from natural products as green medicine (Jabeen *et al*., 2014). Phytochemicals from vegetables and fruits are powerful antioxidants that can protect human health from free radicals and oxidative stress related environment (Tachalerdmanee *et al*., 2016). Mushrooms, the groups of macrofungi, consist of high qualitative protein, fiber, vitamins (such as thiamine, riboflavin, vitamin D and vitamin C) and minerals such as potassium, magnesium, phosphorus, zinc, iron and cupper (Cheung, 2013). Mushrooms are not only nutrients providers but also a traditional medicine as they contain several bioactive compounds that promote health benefits. For examples, mushrooms exhibit antimicrobial property, cholesterol lowering effect and antioxidant activity (Marijana *et al*., 2012). Therefore, mushrooms are recognized as functional food with health beneficial bioactive compounds.

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

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

Despite their biological properties being widely reported, little information on total phenolic contents (TPCs) and antioxidant activities of wild edible mushrooms in Thailand is available. Therefore, this research was aimed to investigate the optimized extraction conditions of Thai mushroom regarding extraction temperature, extraction time and solid-to-liquid ratio. Then, under these optimized extraction conditions, TPCs and antioxidant activities of sixteen edible wild mushrooms from Amnat-Charoen province, Thailand were examined.

Materials and Methods

Fifteen wild edible mushrooms including Kai-khao (*Russula* sp.), Kai-kiew (*Russula* sp.), Nha-lae (*Russula* sp.), Sa-med (*Boletus* sp.), E-tun (*Russula* aff. sp.), Ra-ngok-khao (*Amanita* aff. sp.), Kor-kar-dang (*Russula* sp.), Por-nung (*Astraeus* sp.), Por-fai (*Astraeus* sp.), Ra-ngok-luang (*Amanita* sp.), Kor-kar-khao (*Russula* sp.), Nam-mak (*Macowanites* sp.), Koh-noi (*Russula* aff. sp.), Din-khao (*Russula* sp.) and Khao-pang (*Russula* sp.) mushrooms were harvested from Amnat-Charoen province, Thailand. All mushrooms were cleaned, freeze-dried and grinded by a grinder. Mushroom powder was then stored at -20°C for further analysis. The moisture content of freeze-dried samples was analyzed and found to be in a range of 6-7%.

The mushroom powder was extracted in ddH$_2$O (at certain solid-to-liquid ratio) and vortexed for 1 min before shaking in water bath shaker at particular temperature (extraction temperature) for a period of time (shaking time). The sample was then centrifuged (4,600 rpm) at 4°C for 15 min. The supernatant was collected and stored at -40°C for further analysis. The extraction conditions including shaking temperature (30-90°C), solid-liquid ratio (10-30 mg/mL) and incubating time (0.5-8 hrs) were optimized regarding TPCs (Folin-Ciocalteu assay) and antioxidant activities (ferric ion reducing power (FRAP) assay) using Din-khao mushroom as a model.

Under optimized extraction conditions, TPCs using Folin-Ciocalteu assay and antioxidant activities using 2,2-diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, FRAP and oxygen radical antioxidant capacity (ORAC) assays were performed on all mushroom extracts. All assays were performed in a 96-well flat-bottom microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT) with a Gen5 data analysis software. The results were expressed as mean ± standard deviation (SD). The significance of differences was defined at $p<0.05$ using one way analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan multiple range test for differences between means values.

Results and Discussion

The extraction conditions of Din-khao mushroom (*Russula* sp.) as being determined by TPCs and antioxidant activities, based on single electron transfer (SET) and hydrogen-atom transfer (HAT) (Emad and Sanaa, 2013), were optimized using the solid-liquid ratio of 20 mg/mL under extraction temperature of 50°C and shaking time of 8 hrs (Table 1). Under these optimized extraction conditions, TPCs and antioxidant activities of fifteen Thai local mushrooms were determined and compared (Table 2). Their TPCs varied from 3.30 ± 0.05 mg GAE/g dry weight (DW) in Kor-kar-dang mushroom to 8.69 ± 0.15 mg GAE/g DW in Por-nung mushroom. It was previously reported that the methanolic extracts (shaking for 48 hrs in the dark) of wild edible mushrooms from the island of Lesvos, Greece exhibited TPCs of 0.06-0.21 mg GAE/g fresh weight (FW) (Kalogeropoulos *et al.*, 2013), while the aqueous ethanolic (95% v/v) extracts (7 days of incubation time) of Boletes mushrooms from the central and northeastern parts of Thailand exhibited the TPCs of 26.70-113.17 mg GAE/g FW (Tachalerdmanee *et al.*, 2016). Our investigated mushrooms tended to possess higher TPCs than the ones in Greece but lower than the ones in Thailand. The weight, variety, family or genus of mushroom must be taken into consideration. Besides, extraction solvent was previously reported to affect TPCs (Tiwari *et al.*, 2011). Aqueous ethanol is a better extraction solvent than water, since it provides greater solubility of phenolic compounds. However, water extraction was employed in our experiment, since water is more applicable for further development in food production. Nevertheless, our results were in accordance with the report by Gan *et al.* (2013), in which aqueous

ethanol extracts of *Agaricus bisporous* (white button mushroom) and *Agaricus brasiliensis* (Brazilian mushroom) had a significant higher TPCs than 60% ethanol extracts with shaking for 1 hour at 25°C.

The antioxidant activities of fifteen mushrooms were ranged 4.36-27.33, 7.72-63.80 and 88.37-429.43 μmol TE/g DW by DPPH radical scavenging, FRAP and ORAC assays, respectively. Among all investigated mushrooms, Por-nung mushroom exhibited the highest antioxidant activities, while Kor-kar-dang mushroom exhibited the lowest. Previous report by Kalogeropoulos *et al*. (2013) suggested that antioxidant activities of five wild edible mushrooms (*Suillus bellinii* , *Russula delica*, *Lactarius deliciosus*, *Lactarius sanguifluus*, *Lactarius semisanguifluus*) detected by DPPH and FRAP assays were in the ranges of 0.10-0.26 and 103.8-369 μmol TE/g FW, respectively. A report by Dubost *et al.* (2007) suggested that mushrooms including *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii* and *Grifola frondosa* exhibited antioxidant activities of 39.33-138.33 μmol TE/g DW by ORAC assay. Interestingly, the antioxidant activities of ten commercially available Thai mushrooms were ranged 0.45-4.32 and 1.96-27.72 μmol TE/g FW as being analyzed by FRAP and ORAC assays, respectively (Kettawan *et al.,* 2011). Therefore, amount of phenolic contents and antioxidant activities in mushroom extracts might be varied according to mushrooms (internal and external factors including strains, development stage, cultivation and fruiting conditions) (Mattila *et al*., 2001) and extraction conditions.

Summary

The extraction conditions of mushroom was optimized using the solid-liquid ratio of 20 mg/mL under water extraction temperature of 50°C and shaking time of 8 hrs. Among fifteen wild edible mushrooms from Amnat-Charoen province, Thailand, Por-nung mushroom exhibited the highest TPCs and antioxidant activities, while Kor-kar-dang mushroom exhibited the lowest. This research could be useful for potential health promotion of Thai local mushroom consumption and future development of functional food, nutraceutical, or dietary supplement.

Acknowledgement

Financial support is received from Biodiversity-Based Economy Development Office (BEDO), Thailand.

Literature cited

Cheung, P.C.K., 2013, Mini-review on Edible Mushrooms as Source of Dietary Fiber: Preparation and Health Benefits, Food Science and Human Wellness, 2(3-4): 162-166.

Dubost, N.J., Boxin, O. and Beelman, R.B., 2007, Quantification of Polyphenols and Ergothioneine in Cultivated Mushrooms and Correlation to Total Antioxidant Capacity, Food Chemistry, 105: 727-735.

Emad, A.S. and Sanaa, M.M., 2013; Antioxidant Compounds Assays of Determination and Mode of Action, African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 7(10): 528-539.

Gan, C.H., Nurul, A.B. and Asmah, R., 2013, Antioxidant Analysis of Different Types of Edible Mushrooms (*Agaricus bisporous* and *Agaricus brasiliensis*), International Food Research Journal, 20(3): 1095-1102.

Jabeen, A., Hanif, M.A., Khan, M.M. and Qadri, K.R., 2014, Natural Products Sources and Their Active Compounds on Disease Prevention: A Review, International Journal of Chemical and Biochemical Sciences, 6: 76-83.

Kalogeropoulos, N., Yanni, A.E., Koutrotsios, G. and Aloupi M., 2013, Bioactive Microconstituents and Antioxidant Properties of Wild Edible Mushrooms from the Island of Lesvos, Greece, Food and Chemical Toxicology, 55: 378-385.

Kettawan, A., Chanlekha, K., Kongkachuichai, R. and Charoensiri, R., 2011, Effect of Cooking on Antioxidant Activities and Polyphenol Content of Edible Mushrooms Commonly Consumed in Thailand, Pakistan Journal of Nutrition, 10(11): 1094-1103.

Marijana, K., Branislav, R. and Marko, D., 2012, Mushrooms as Possible Antioxidant and Antimicrobial Agents, Pharmaceutical Research, 11(4): 1095-1102.

Mattila, P., Könkö, K., Eurola, M., Pihlava, J.M., Astola, J. and Vahteristo, L., 2001, Contents of Vitamins, Mineral Elements, and Some Phenolic Compounds in Cultivated Mushrooms, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(5): 2343-2348.

Tachalerdmanee, P., Moonmangmee, S., Suwakul, W. and Charnvanich, D., 2016, Effect of Total Phenolic Content on Free Radical Scavenging Activities of Boletes mushroom extracts, Thai Journal of Pharmaceutical Sciences, 40: 88-91.

Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G. and Kaur, H., 2011, Phytochemical Screening and Extraction: A Review, IPS, 1(2): 98-106.

Table 1 The determination of optimized extraction conditions including temperature, solid-liquid ratio and shaking time of Din-khao mushroom using TPCs and antioxidant activities.

Extraction conditions		TPCs (mg GAE/g DW)	Antioxidant activities (μmol TE/g DW)
*Temperature (°C)	30	4.51 ± 0.54[b]	17.09 ± 0.86[b]
	50	5.24 ± 0.12[c]	21.89 ± 1.07[c]
	70	4.05 ± 0.95[a]	12.88 ± 0.66[a]
	90	4.06 ± 0.20[a]	16.37 ± 0.93[b]
#Solid-liquid ratio (mg/mL)	10	5.71 ± 0.19[a]	25.70 ± 0.66[a]
	20	6.11 ± 0.19[b]	30.60 ± 3.06[c]
	30	6.38 ± 0.17[c]	28.18 ± 2.06[b]
$Shaking time (hrs)	0.5	3.97 ± 0.09[a]	12.53 ± 1.61[a]
	1	5.27 ± 0.09[b]	16.75 ± 0.42[b]
	2	7.82 ± 0.22[c]	30.18 ± 1.55[c]
	4	8.53 ± 0.37[d]	36.23 ± 1.75[d]
	8	9.93 ± 0.30[d]	53.37 ± 1.47[e]

*Fixed condition at 10 mg/mL mushroom being incubated for 2 hrs. #Fixed condition at 50°C of extraction temperature and shaking time for 2 hrs. $Fixed condition at 20 mg/mL mushroom being incubated at 50°C of extraction temperature.

Table 2 Total phenolic contents (TPCs) and antioxidant activities of fifteen wild edible mushrooms

Mushrooms	TPCs (mg GAE/g DW)	Antioxidant activity (μmol TE/g DW)		
		DPPH	FRAP	ORAC
Kai-khao	4.68 ± 0.06[b]	4.36 ± 0.38[a]	17.88 ± 0.69[c]	183.59 ± 9.86[b]
Kai-kiew	6.86 ± 0.14[f]	14.12 ± 0.36[g]	54.15 ± 1.85[k]	293.25 ± 28.96[d,e]
Nha-lae	4.77 ± 0.07[b,c]	6.46 ± 0.60[b]	13.12 ± 0.60[b]	161.01 ± 7.27[b]
Sa-med	4.90 ± 0.33[c,d]	14.25 ± 0.84[g]	21.78 ± 0.80[d]	182.95 ± 17.73[b]
E-tun	8.19 ± 0.23[i]	11.79 ± 0.72[f]	34.54 ± 1.80[i]	372.77 ± 23.57[f,g]
Ra-ngok-khao	7.91 ± 0.17[h]	8.25 ± 0.73[c]	42.56 ± 0.83[j]	364.98 ± 36.07[f]
Kor-kar-dang	3.30 ± 0.05[a]	4.51 ± 4.05[a]	7.72 ± 0.42[a]	88.37 ± 8.53[a]
Por-nung	8.69 ± 0.15[k]	19.87 ± 1.43[h]	63.80 ± 2.03[m]	429.43 ± 40.92[h]
Por-fai	7.95 ± 0.10[h]	27.34 ± 0.94[i]	63.52 ± 0.96[m]	368.73 ± 30.93[f,g]
Ra-ngok-luang	8.41 ± 0.11[j]	13.61 ± 1.15[g]	62.38 ± 1.07[l]	398.40 ± 35.63[g]
Kor-kar-khao	5.34 ± 0.09[e]	10.37 ± 0.76[d,e]	26.98 ± 0.46[f]	237.10 ± 16.33[c]
Nam-mak	4.99 ± 0.08[d]	10.52 ± 0.88[e]	32.13 ± 0.71[h]	217.44 ± 21.35[c]
Koh-noi	7.21 ± 0.19[g]	10.00 ± 0.82[d,e]	23.28 ± 1.10[e]	274.76 ± 23.17[d]
Din-khao	5.43 ± 0.10[e]	9.45 ± 0.72[d]	17.83 ± 1.23[c]	157.99 ± 14.42[b]
Khao-pang	4.93 ± 0.08[d]	9.64 ± 0.33[d,e]	28.32 ± 0.75[g]	228.32 ± 22.41[c]

All data were represented as mean values ± standard deviation. The mean significantly difference at p value < 0.05 using one way analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan multiple range test. DW: dry weight, TE: trolox equivalent, GAE: gallic acid equivalent.

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเจริญของเชื้อราที่เปลือกของมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่ง

Inhibition of Browning and Fungal Growth on the Mesocarp of Trimmed Aromatic Coconut

กฤตยา พยุหเมธากุล[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] และ พนิดา เรณูมาลย์[3]
Payuhamaytakul, K.[1], Jitareerat, P.[1,2], Uthiaratanakij, A.[1,2], Srilaong, V.[1,2] and Renumarn, P.[3]

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of sodium chlorite (SC) and acidified sodium chlorite (ASC) to delay browning and fungal growth on the mesocarp of trimmed coconut. The fruits were dipped in filtered water (control), 3% sodium metabisulphite (SMS, commercial chemical), 250 ppm SC, and 250 ppm ASC for 5 min, and kept at 4°C for 20 days. SC could delay browning compared with the control, however its efficiency was less than SMS. The SC treated fruit had lower color difference value (ΔE) and higher percentage of browning inhibition than the control throughout storage. Total soluble solids and juice transparent was higher than the control. Moreover, there was no significant difference in percent of fungal growth between SMS, SC, ASC treated fruit and the control. This result indicated that SC might be an alternative substance for delaying the browning of trimmed aromatic coconuts.

Keywords: sodium chlorite, acidified sodium chlorite, sodium metabisulphite

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโซเดียมคลอไรต์ (SC) และโซเดียมคลอไรต์ชนิดกรด (ASC) ในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลและการเจริญของเชื้อราที่เปลือกของมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งที่จุ่มในน้ำกรอง (ชุดควบคุม) สารละลายเมตาไบซัลไฟท์ (SMS) 3% (สารที่ใช้ทางการค้า) SC 250 ppm และ ASC 250 ppm เป็นเวลา 5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 20 วัน พบว่าการจุ่มมะพร้าวน้ำหอมใน SC สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้ SMS โดยมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) ที่ต่ำกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเปอร์เซ็นต์ความใสของน้ำมะพร้าวสูงกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ผลมะพร้าวที่จุ่มใน SMS SC หรือ ASC มีเปอร์เซ็นต์การเจริญของเชื้อราที่เปลือกไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า SC อาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งได้

คำสำคัญ: โซเดียมคลอไรต์ โซเดียมคลอไรต์ชนิดกรด สารละลายเมตาไบซัลไฟท์

คำนำ

มะพร้าวน้ำหอมเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพสูงในการส่งออกของประเทศไทย เนื่องจากน้ำของมะพร้าวน้ำหอมมีกลิ่นหอมและรสชาติหวาน จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค (ศักดิ์สิทธิ์, 2544) เมื่อต้องขนส่งไประยะทางไกลๆ การตัดแต่งมะพร้าวเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยทำให้ง่ายต่อการขนย้าย ลดต้นทุนในการขนส่ง และให้ความสะดวกสบายต่อผู้บริโภค (Paull และ Ketsa, 2015) อย่างไรก็ตามปัญหาหลักของมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งคือการเกิดสีน้ำตาลและการเข้าทำลายของเชื้อราที่เปลือกของมะพร้าว เป็นผลทำให้มะพร้าวมีลักษณะปรากฏที่ไม่พึงประสงค์ มีอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายสั้น (Siriphanich และคณะ, 2011) การแก้ปัญหาดังกล่าวทำโดยใช้สารเคมีเพื่อป้องกันการเปลี่ยนสีที่เปลือก เช่น สารซัลไฟท์ ซึ่งสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเข้าทำลายของเชื้อได้ (นฤมล, 2548) อย่างไรก็ตามองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (US-FDA) และอีกหลายๆ ประเทศ ระบุว่าสารซัลไฟท์ก่อให้เกิดอาการแพ้และเป็นอันตรายต่อสุขภาพของ

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวคณะกรรมการการอุดมศึกษากรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand
[3] สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี 25230
[3] Innovation and Product Development Technology, Faculty of Agro Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi 25230

มนุษย์ (Taylor และคณะ, 1986) ดังนั้นการใช้สารเคมีหรือวิธีการอื่นๆ ทดแทนการใช้สารซัลไฟท์จึงเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่ง โซเดียมคลอไรต์ และแอซิดิไฟด์โซเดียมคลอไรต์ เป็นสารที่ได้รับการยอมรับจาก FDA ให้ใช้ในอาหารได้ มีประสิทธิภาพอย่างมากทั้งในการฆ่าเชื้อเพื่อลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนผลิตผลสด เช่น แอปเปิ้ล (Lu และคณะ, 2006) และลูกแพร์ (Xiao และคณะ, 2011) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือ ศึกษาผลของการใช้สารโซเดียมคลอไรต์ และแอซิดิไฟด์โซเดียมคลอไรต์ เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ผลมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

มะพร้าวน้ำหอมที่ใช้ในการทดลองนี้มีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือนหลังออกจั่น หรือมีเนื้อมะพร้าวประมาณ 2 ชั้น นำมาล้างทำความสะอาด และนำมาปอกเปลือกเขียวบางส่วนตกแต่งเฉพาะด้านบนให้เป็นรูปฝาชี จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายต่างๆ ทันทีเป็นเวลา 5 นาที ดังนี้ แช่ในน้ำกรอง (ชุดควบคุม) สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ความเข้มข้น 3% (ความเข้มข้นที่ใช้ในทางการค้า) สารละลายโซเดียมคลอไรต์ความเข้มข้น 250 ppm และสารละลายแอซิดิไฟด์โซเดียมคลอไรต์ความเข้มข้น 250 ppm ทำการสะเด็ดน้ำ โดยผึ่งบนตะกร้า จากนั้นคลุมด้วยถุงพลาสติก low density polyethylene (LDPE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C แต่ละทรีทเมนท์มี 5 ซ้ำ (ผล) จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทุก 5 วัน เป็นเวลา 20 วัน โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสี (CHROMA METER CR - 400) เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (Sapers และ Douglas, 1987) เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของเชื้อรา (อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA) ค่า Brown pigment (Jiang และ Fu, 1999) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Shahidi and Naczk, 1995) กิจกรรมเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) (Duan และคณะ, 2007) ค่าความใสของน้ำมะพร้าว (Campos และคณะ, 1996) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ hand refractrometer (°brix) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สารละลายโซเดียมคลอไรต์ (SC) ความเข้มข้น 250 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมที่เปลือกของมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งได้ (Figure 1A) อีกทั้งสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าชุดควบคุมและมีสารสีน้ำตาล (brown pigment) ปริมาณน้อยกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1B และ 1C) Guan และ Fan (2010) รายงานว่า SC มีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภค เนื่องจาก SC มีสมบัติการเป็นสารฟอกสี (bleaching) จึงช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดไม่มีรูปแบบที่คงตัวในแต่ละทรีทเม้นท์ (Figure 2A) และไม่มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสี กล่าวได้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอาจไม่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวได้ ทั้งนี้อาจมีสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดเท่านั้นจากสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่มีความจำเพาะและสามารถนำไปใช้ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ เช่น ในลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi พบว่ามีเพียง Flavan-3-ol monomers และ dimmer เท่านั้น ที่เป็นสับเสตรทหลักของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Zhang และคณะ, 2000) กิจกรรมเอนไซม์ PPO ของมะพร้าวตัดแต่งที่แช่ในสารละลาย SC มีค่าน้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 2B) แสดงให้เห็นว่า SC สามารถชะลอการทำงานของ PPO ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Xiao และคณะ (2011) พบว่า SC ความเข้มข้น 300 mg/L มีประสิทธิภาพดีในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลแพร์ โดยมีผลลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอปเปอร์ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ลักษณะปรากฏภายนอกของมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งไม่พบการเจริญของเส้นใยเชื้อรา แต่หากตัดเอาชิ้นเปลือกไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่า ทุกทรีทเม้นท์มีการปนเปื้อนของเชื้อราอยู่ระหว่าง 80-100% (Figure 3) แสดงให้เห็นว่า SC ที่ความเข้มข้น 250 ppm ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการกำจัดเชื้อรา อย่างไรก็ตาม พบว่าการใช้ SC และ ASC ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และเปอร์เซ็นต์ความใสของน้ำมะพร้าวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4)

สรุปผล

การใช้สารละลาย SC ที่ความเข้มข้น 250 ppm อาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งได้ แต่ไม่สามารถกำจัดเชื้อราที่ปนเปื้อนมากับผลผลิตได้ อย่างไรก็ตาม SC ยังคงมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้ SMS

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ทุนเพชรพระจอมเกล้าระดับปริญญาโท ปีการศึกษา 2558 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการสนับสนุนทุนการศึกษาของผู้วิจัยคนแรก และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นฤมล มานิพพาน, 2548, การเพาะปลูกและขยายพันธ์มะพร้าว, เพชรกระรัต, กรุงเทพฯ, 25-51.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2544, การปลูกมะพร้าว, โครงการหนังสือเกษตรชุมชนกรุงเทพมหานคร, เกษตรสาส์น, กรุงเทพฯ, 14-17.

Campos, C.F., Finch, Speigel, A. and Heckman, J.H., 1996, Chemical Composition, Enzyme Activity and Effect of Enzyme Inactivation of Flavor Quality of Green Coconut Water, Journal of Food Processing and Preservation, 20: 487-500.

Duan, X., Su, X., You, Y., Qu, H., Li, Y., and Jiang, Y., 2007, Effect of Nitric Oxide on Pericarp Browning of Harvest Longan Fruit in Relation to Phenolic Metabolism, Food Chemistry, 104: 571-576.

Guan, W., and Fan, X., 2010, Combination of Sodium Chlorite and Calcium Propionate Reduces Enzymatic Browning and Microbial Population of Fresh-cut Granny Smith Apples, Journal of Food Science, 75: 72-77.

Jiang, Y.M., and Fu, J.R., 1999, Purification of Polyphenol Oxidase and the Browning Control of Litchi Fruit by Glutathione and Citric Acid, Journal of the Science of Food and Agriculture, 79: 950-954.

Lu, S., Luo, Y., and Feng, H., 2006, Inhibition of Apple Polyphenol Oxidase Activity by Sodium Chlorite, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 3693-3696.

Paull, R.E., and Ketsa, S., 2015, Coconut: Postharvest Quality-maintenance Guidelines [Online], Available: www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-45.pdf [4 February 2016].

Saper, G.M., and Douglas, F.W., 1987, Measurement of Enzymatic Browning at Cut Surfaces and in Juice of Raw Apple and Pear Fruit, Journal of Food Science, 5: 1258-1262.

Shahidi, F., and Naczk, M., 1995, Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects, Applications, Lancaster: Technomic Publishing Co. Inc.

Siriphanich, J., Saradhuldhat, P., Romphophak, T., Krisanapook, K., Pathaveerat, S., and Tongchitpakdee, S., 2011, Coconut (*Cocos nucifera* L.), Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, 3: 8–33.

Taylor, S.L., Higley, N.A., and Bush, R.K., 1986, Sulfite in foods: Uses, Analytical Methods, Residues, Fate, Expose Assessment, Metabolism, Toxicity, and Hypersensitivity, Advanced in Food and Nutrition Research, 30: 1-76.

Xiao, Z., Luo, Y., Luo, Y., and Wang, Q., 2011, Combined Effect of Sodium Chlorite Dip Treatment and Chitosan Coatings on the Quality of Fresh-cut d'Anjou Pears, Postharvest Biology and Technology, 62: 319-326.

Zhang, D., Quantick, P.C., and Grigor. J.M., 2000, Changes in Phenolic Compounds in Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruit During Postharvest Storage, Postharvest Biology and Technology, 19: 165–172.

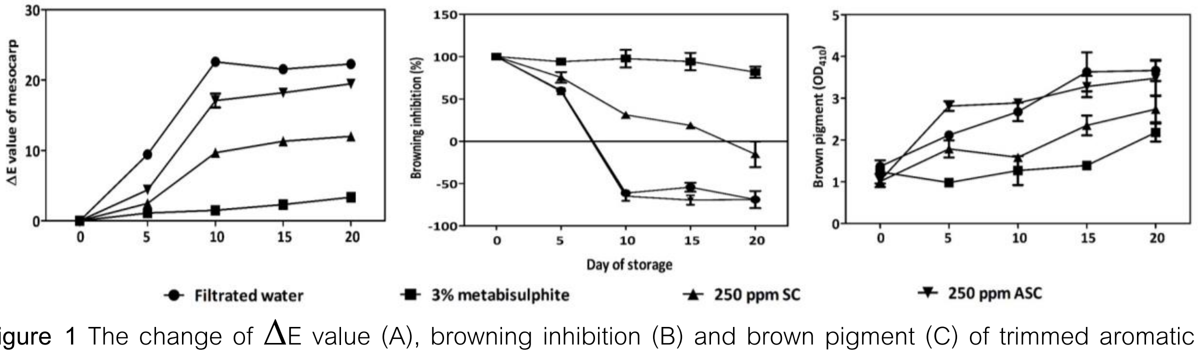


Figure 1 The change of ΔE value (A), browning inhibition (B) and brown pigment (C) of trimmed aromatic coconut were dipped in filtered water, 3% sodium metabisulphite (SMS), 250 ppm sodium chlorite (SC) and 250 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and stored at 4 °C for 20 days.

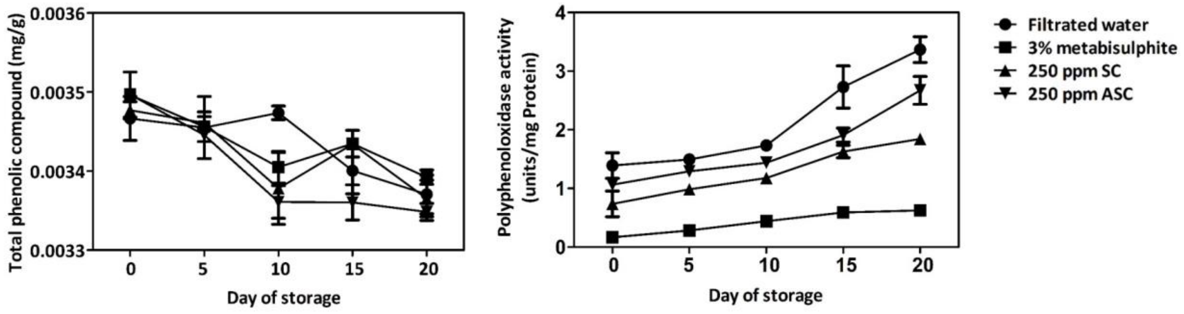


Figure 2 Total phenolic compound (A) and polyphenoloxidase activity (B) of trimmed aromatic coconut were dipped in filtered water, 3% sodium metabisulphite (SMS), 250 ppm sodium chlorite (SC) and 250 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and stored at 4 °C for 20 days.

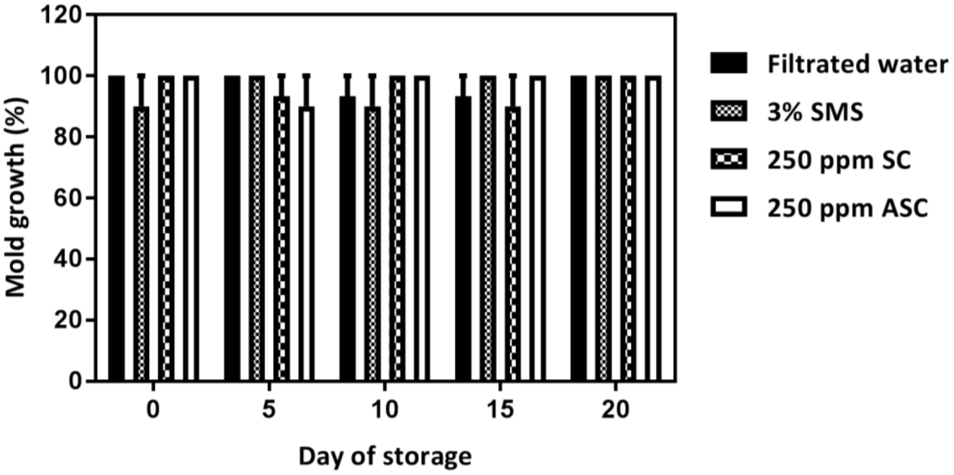


Figure 3 Mold growth of trimmed aromatic coconut were dipped in filtered water, 3% sodium metabisulphite (SMS), 250 ppm sodium chlorite (SC) and 250 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and stored at 4 °C for 20 days.

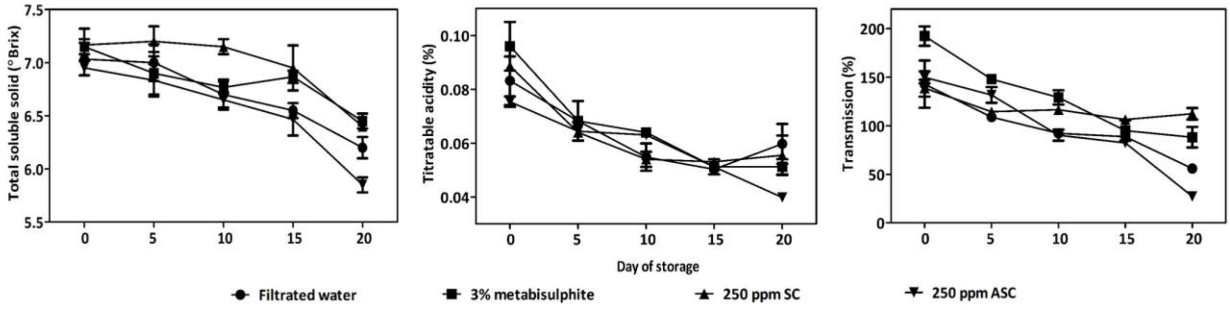


Figure 4 Total soluble solid (A), titratable acidity (B) and transmission (C) of trimmed aromatic coconut were dipped in filtered water, 3% sodium metabisulphite (SMS), 250 ppm sodium chlorite (SC) and 250 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and stored at 4 °C for 20 days.

ผลของซิลิกอนและไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวในระยะแตกกอ

The Effect of Silicon and Nitrogen on Growth and Nutrient Uptake of Rices at Tillering Stage

ปัทมา ทองช้อน[1] จีราภรณ์ อินทสาร[1] และ สาวิกา กอนแสง[2]

Thongchon, P.[1], Inthasan, J.[1] and Konsaeng, S.[2]

Abstract

Effect of silicon (Si) and nitrogen (N) on growth and nutrient uptake of rice RD21 and RD47 at tillering stage was determined after the application of N as urea (CH_4N_2O) at 10 and 20 kg N/rai and Si as sodium silicate ($Na_2SiO_3.5H_2O$) at 0 and 80 kg Si/rai. Results showed that growth, plant height and Si accumulation of leave sample in all treatments increased with the growth proceeding. In stem part, it found that Si content was not significant difference among treatments, N uptake of the stems of rice RD47 was higher than RD21. However, in RD47, Si application caused the nitrogen content in stem higher than treatment without Si apply. It could be concluded that rice cultivars, N and Si application had no effect on growth and Si uptake. The interaction among three factors did not clearly effect on N uptake but it might be either from rice cultivars or Si application.

Keywords: silicon (Si), nitrogen (N), rice cultivar, tillering stage

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของซิลิกอนและไนโตรเจน ต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าว กข21 และ กข47 ในระยะแตกกอ การให้ไนโตรเจนในรูปของยูเรีย (CH4N2O) อัตรา 10 และ 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ และซิลิกอนในรูปโซเดียมซิลิเกต (Na2SiO3.5H2O) อัตรา 0 และ 80 กิโลกรัมซิลิกอน/ไร่ พบว่าการเจริญเติบโต ความสูง และการดูดใช้ธาตุซิลิกอนในใบข้าวทั้ง 2 พันธุ์ เพิ่มขึ้นตามอายุของใบในทุกตำรับการทดลอง การสะสมซิลิกอนในลำต้นไม่แตกต่างกันทุกตำรับทดลอง ในขณะที่ต้นข้าวพันธุ์ กข47 มีปริมาณไนโตรเจนในทุกตำรับการทดลองสูงกว่าพันธุ์ กข21 นอกจากนี้การใส่ซิลิกอนทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ซิลิกอน โดยสรุปพบว่า พันธุ์ข้าว ปริมาณไนโตรเจน และ การใส่ซิลิกอนไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ซิลิกอนในข้าว ขณะที่การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวไม่ได้เกิดจากผลรวมของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย แต่เป็นผลมาจากความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวหรือการใส่ซิลิกอนอย่างใดอย่างหนึ่ง

คำสำคัญ: ซิลิกอน (Si) ไนโตรเจน (N) พันธุ์ข้าว ระยะแตกกอ

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) จัดเป็นพืชล้มลุกสายพันธุ์เดียวกับพืชวงศ์หญ้า ที่เป็นอาหารหลักของประชากรหลายๆ ประเทศทั่วโลก (Izawa and Simamoto, 1996) โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศในภูมิภาคอาเซียน รวมทั้งประเทศไทย (อิษฎ์และคณะ, 2559) ซิลิกอน (Silicon : Si) ไม่จัดว่าเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช แต่จัดเป็นธาตุเสริมประโยชน์ สำหรับพืชบางชนิด เช่น ข้าว (Marschner, 1995) ซึ่งรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของซิลิกอนคือ SiO_2 ซิลิกอนมีผลทำให้เซลล์พืชแข็งแรงสามารถต้านทานโรคและแมลงได้ดี (ยงยุทธ, 2543) ทำให้ใบของต้นข้าวตั้งตรงรับแสงแดดได้ดี ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่าย และเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะแห้งแล้ง (Epstein, 1999; Marschner, 1995) รวมทั้งมีประโยชน์ทางอ้อมต่อผลผลิตของข้าว (Alyne และคณะ, 2016) สำหรับไนโตรเจน (Nitrogen : N) เป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนจำนวนมาก แต่ไนโตรเจนในอากาศในรูปของก๊าซนั้น พืชเอาไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ยกเว้นพืชวงศ์ถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษสามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนในอากาศ เอามาใช้ประโยชน์ได้ (จีราภรณ์, 2557) รูปของไนโตรเจนที่พืชสามารถดูดใช้ได้คือแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) ไนโตรเจนช่วยในการ

---

[1] สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

[1]Program in Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Nong Han, San Sai, Chiang Mai 50290, Thailand

[2] สาขาวิชาเกษตรเคมี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

[2] Program in Agricultural Chemistry, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Nong Han, San Sai, Chiang Mai, 50290, Thailand

เจริญเติบโตของพืช เพิ่มขนาดใบ เพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวง เพิ่มจำนวนเมล็ดดีต่อรวง และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ด (Marschner, 1995) จากรายงานของ Muad และคณะ (2003) พบว่าไนโตรเจนและซิลิกอนไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในสภาพไร่ แต่ในสภาพการปลูกข้าวของประเทศไทยเป็นการปลูกในสภาพที่มีการขังน้ำซึ่งทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างจากสภาพไม่ขังน้ำ (Marschner, 1995) การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใส่ซิลิกอนและไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวที่ปลูกในสภาพที่มีการขังน้ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการธาตุอาหารทั้งสองชนิดในการผลิตข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองโดยปลูกข้าวสภาพที่มีการขังน้ำในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร บรรจุดินกระถางละ 8 กิโลกรัม พื้นที่ทดลองภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม 2558 วางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 x 2 Factorial in Randomized Completely Block Design จำนวน 5 ซ้ำ ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ พันธุ์ข้าว (พันธุ์ กข21 และ กข47 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่คัดเลือกจากการทดลองก่อนหน้า) ปริมาณไนโตรเจนในรูปยูเรีย (CH_4N_2O) ตามอัตราแนะนำของกรมการข้าวและสูงกว่า 2 เท่า [อัตรา 10 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่; 0.28 กรัม/กระถาง (Normal Nitrogen: NN) และ 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่; 0.56 กรัม/กระถาง (High Nitrogen: NH)] และการใส่ซิลิกอนในรูปโซเดียมซิลิเกต ($Na_2SiO_3.5H_2O$) (80 กิโลกรัมซิลิกอน/ไร่; 16 กรัม/กระถาง และไม่ใส่ซิลิกอน)

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทางด้านความสูงทุก 2 สัปดาห์ หลังจากการปลูก 1 สัปดาห์จนถึงช่วงระยะแตกกอ โดยวัดความสูงจากระดับพื้นดินจนถึงปลายใบที่สูงที่สุด ด้านการดูดใช้ธาตุอาหาร เก็บตัวอย่างพืชออกเป็น 2 ส่วน คือ ใบ (ใบอ่อน ใบอายุปานกลาง และใบแก่) และส่วนลำต้น นำมาล้างให้สะอาด อบที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C เป็นเวลา 72 ชั่วโมงจนแห้ง จากนั้นนำไปบดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุซิลิกอนโดยวิธี high-temperature alkaline fusion method ของ Dai และคณะ (2005) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl method โดยการกลั่นตัวอย่างด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน ทำการจับก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นด้วยกรดบอริค (H_3BO_3) 15 มิลลิลิตรแล้วไตเตรทด้วย 0.05 N HCl (Jackson, 1967; นงลักษณ์, 2548) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยใช้ค่า Least Square Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข21 และ กข47 หลังได้รับธาตุอาหารทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่เกิดจากอิทธิพลร่วมของพันธุ์ข้าว อัตราไนโตรเจน และการใส่ซิลิกอน โดยค่าเฉลี่ยของความสูงในทุกตำรับทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา การใส่ไนโตรเจนตามอัตราแนะนำและไม่ใส่ซิลิกอนทำให้ข้าวพันธุ์ กข21 มีค่าเฉลี่ยของความสูงมากที่สุด ส่วนการใส่ไนโตรเจนสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าร่วมกับใส่ซิลิกอนมีผลให้ข้าวพันธุ์ กข47 มีค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าวพบว่าค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวพันธุ์ กข21 สูงกว่าในพันธุ์ กข47 ทุกตำรับทดลอง (Figure 1)

ความเข้มข้นซิลิกอนในใบข้าวในระยะแตกกอของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่เกิดจากอิทธิพลร่วมกันระหว่างพันธุ์ข้าว การใส่ไนโตรเจน และการใส่ซิลิกอน ($P<0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของใบ โดยมีค่า 1.52 – 1.81% ในใบอ่อน 2.24 – 2.62% ในใบอายุปานกลาง และ 3.44 – 4.71 ในใบแก่ (ใบอ่อน<ใบอายุปานกลาง<ใบแก่) (Table 1) ขณะที่การดูดใช้ซิลิกอนในส่วนลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากผลร่วมกันของพันธุ์ข้าว อัตราการใส่ไนโตรเจน และการใส่ซิลิกอน โดยความเข้มข้นของซิลิกอนในลำต้นของข้าว มีค่าอยู่ระหว่าง 1.88 - 2.41% และ 2.30 - 2.57% ในข้าวพันธุ์ กข21 และกข47 ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่เกิดจากอิทธิพลร่วมกันของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย (พันธุ์ข้าว ไนโตรเจนและซิลิกอน) สำหรับการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนของลำต้นเป็นผลมาจากความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวหรือการใส่ซิลิกอน โดยไนโตรเจนในข้าวพันธุ์ กข21 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในส่วนของลำต้นเป็น 0.42% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าข้าวพันธุ์ กข47 ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 2.11% (Table 2) ส่วนการใส่ซิลิกอนทำให้ข้าวสามารถดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนลำต้นได้ 1.45% ซึ่งมากกว่าการดูดใช้ในตำรับที่ไม่มีการใส่ซิลิกอน ที่มีค่าความเข้มข้นไนโตรเจนเป็น 1.07%

วิจารณ์ผล

จากการทดลองพบว่าความสูงของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ในระยะแตกกอเป็นผลมาจากลักษณะประจำพันธุ์ ไม่ได้เป็นผลจากการใส่ซิลิกอน รวมทั้งไม่มีผลต่อการดูดใช้ซิลิกอนในใบและลำต้นด้วย เนื่องจากในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ต้นข้าวจะมีการดูดใช้ซิลิกอนเพียง 10% เท่านั้น จึงมีผลกระทบน้อยในระยะดังกล่าว (Ma และคณะ, 1989) ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Tsujimoto และคณะ (2014) ซึ่งพบว่าการสะสมซิลิกอนในฟางข้าวจะลดลงเมื่อมีการให้ไนโตรเจนในอัตราสูง (30 กก./ไร่) ในการศึกษานี้มีการให้ไนโตรเจนสูงสุดเพียง 20 กก./ไร่ อาจไม่ใช่อัตราที่สูงมากจนเกิดผลกระทบ สำหรับการดูดใช้ไนโตรเจนพบว่าเป็นผลมาจากความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวหรือการใส่ซิลิกอน จะเห็นได้ว่าข้าวพันธุ์กข 47 สามารถดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนของลำต้นได้มากกว่าข้าวพันธุ์ กข 21 ถึง 5 เท่า เนื่องจากพันธุ์ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนที่ต่างกัน (Duan และคณะ, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ซิลิกอนทำให้ข้าวมีการสะสมธาตุดังกล่าวในส่วนของลำต้นได้มากกว่าการไม่ใส่ซิลิกอนถึง 38% สอดคล้องกับงานของจุฑารัตน์ (2546) ที่พบว่าในข้าวและข้าวโพดที่มีการใส่ซิลิกอนในรูปของแคลเซียมซิลิเกตและแกลบทำให้ข้าวมีการสะสมธาตุไนโตรเจนมากกว่าข้าวและข้าวโพดที่ไม่ใส่ซิลิกอน

สรุปผล

ผลจากปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ 1) พันธุ์ข้าว 2) ปริมาณไนโตรเจนและ 3) การใส่ซิลิกอน พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ซิลิกอนในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ขณะที่การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวไม่ได้เกิดจากผลรวมของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย แต่เป็นผลมาจากความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวหรือการใส่ซิลิกอน ทั้งนี้การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาในระยะการแตกกอ ควรจะมีการศึกษาจนถึงระยะเก็บเกี่ยวเพื่อให้ทราบการตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยที่ศึกษาในทุกระยะการเจริญเติบโต

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภายใต้โครงการเกษตรและป่าไม้ เพื่อการผลิตและประหยัดพลังงาน ผู้เขียนชื่อแรกได้รับทุน จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

จีราภรณ์ อินทสาร, 2557, ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, เชียงใหม่ : ดีพริ้นท์, 325 หน้า.

จุฑารัตน์ คำนึงนิจ, 2546, ผลของการใส่ซิลิกอนที่มีต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัด ชุดดินองครักษ์, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 94 หน้า.

นงลักษณ์ ปูระพงษ์, 2548, คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช, เชียงใหม่ : ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 286 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2543, ธาตุอาหารพืช, กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 424 หน้า.

อิษฎ์ อินทรภูมิ อรวรรณ ศรีโสมพันธ์ และนริศ สินศิริ, 2559, ภูมิภาคอาเซียนกับความมั่นคงทางอาหาร, แก่นเกษตร, 44 (1) : 191-200.

Alyne, O.L., Kelly, C.D., Josimar, V.R., Rodrigo, T.A, Matheus, L.S., Lucas, F.P., Lilian, M.V.P.S., Fabricio, A.R., Wagner, L.A. and Fabio, M.D., Silicon Improves Rice Grain Yield and Photosynthesis Specifically when Supplied During the Reproductive Growth Stage, Journal of Plant Physiology, 206: 125–132.

Dai, W.M., Zhang, K.Q., Duan, B.W., Sun, C.X., Zheng, K.L., Cai, R. and Zhuang, J.Y., 2005, Rapid Determination of Silicon Content in Rice, Rice Science, 12(2): 145-147.

Duan, Y.H., Yin, X.M., Zhang, Y.L. and Shen, Q.R., 2007, Mechanisms of Enhanced Rice Growth and Nitrogen Uptake by Nitrate, Pedosphere, 17(6): 697-705.

Epstein E., 1999, Silicon, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50(1): 641-664.

Izawa T. and Simamoto K., 1996, Becoming a Model Plant: The Importance of Rice to Plant Science, Trends in Plant Science, 1(3):95–99.

Jackson, M.L., 1967, Soil Chemical Analysis, Prentice-Hall, New Delhi. 498.

Ma, J., Nishimura, K. and Takahashi, E., 1989, Effect of Silicon on the Growth of Rice Plant at Different Growth Stages, Soil Science and Plant Nutrition, 35(3): 347-356.

Marschner, H., 1995, Mineral Nutrition of Higher plant, 2nd ed., Academic Press, New York, 889p.

Muad, M., Crusciol, C.A.C., Filho, H.E. and Correa, J.C., 2003, Nitrogen and Silicon Fertilization of Upland Rice, Scientia Agricola, 60(4): 761-765.

Tsujimoto, Y., Muranaka, S., Saito, K. and Asai, H, 2014, Limited Si-nutrient Status of Rice Plants in Relation to Plant-available Si of Soils, Nitrogen Fertilizer Application, and Rice-growing Environments Across Sub-Saharan Africa, Field Crops Research, 155: 1-9.

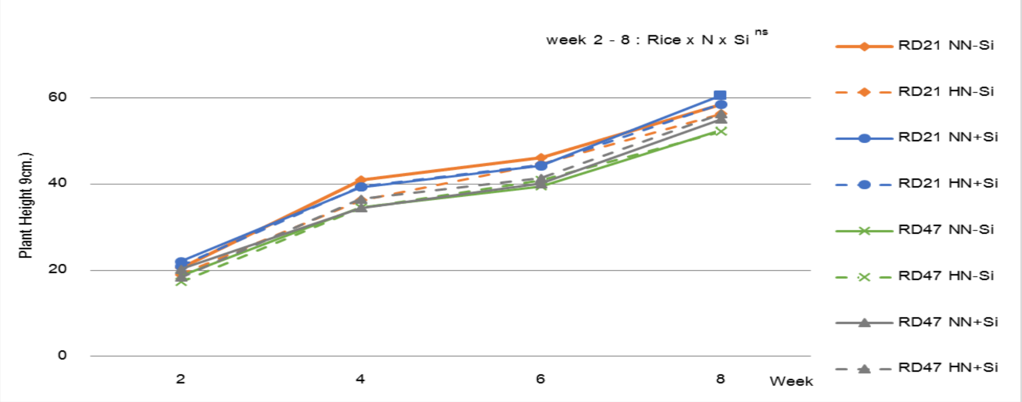


Figure 1 Plant height of 2 rice cultivars treated by different N rate and Si application.

Table 1 Silicon concentration (%) in leaves of rice applied with different levels of N and Si at tillering stage.

Rice varieties	Si concentration (%)											
	Young leaf				Middle-age leaf				Old leaf			
	-Si		+Si		-Si		+Si		-Si		+Si	
	NN	HN	NN	HN	NN	HN	NN	HN	NN	HN	NN	HN
RD21	1.54	1.81	1.52	1.36	2.56	2.36	2.62	2.24	4.68	4.71	4.07	3.85
RD47	1.62	1.55	1.58	1.79	2.56	2.36	2.62	2.24	3.44	4.25	3.95	4.38
F-test[a]	Rice	Si	N	Rice x Si		Rice x N		Si x N		Rice x Si x N		
Young leaf	ns	ns	ns	ns		ns		ns		ns		
Middle-age leaf	ns	ns	ns	ns		ns		ns		ns		
Old leaf	ns	ns	ns	ns		ns		ns		ns		

[a] ns = not significant at P<0.05

Table 2 Average nitrogen concentration (%) in shoots of 2 rice varieties applied with different levels of N and Si.

Rice varieties	Nitrogen concentration (%)				Mean
	-Si		+Si		
	NN	HN	NN	HN	
RD21	0.42	0.42	0.42	0.40	0.42 B[a]
RD47	1.74	1.71	2.36	2.62	2.11 A
Mean	1.07 a[a]		1.45 b		
F-test[b]	Rice[*] (0.37) Si[*] (0.37)	N[ns]	Rice x Si[ns]	Rice x N[ns]	Si x N[ns]
	Rice x Si x N[ns]				

[a] Different uppercase letters within a column and lowercase letters within a row indicate significant difference of variety means and Si-treatment means based on LSD at P<0.05.
[b] ns = not significant, * = significant at P<0.05; value in parentheses are LSD (P<0.05)

ลักษณะบางประการของพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี

Some Characteristics of Landrace Rice Varieties Cultivated by Organic Farming in Ban-Kok-Lam Sang-Aram, Tambon Kud-Mak-Fai, Nong-Wua-So District, Udon-Thani

กัลยรัตน์ พลพรมราช[1] และ อรรจนา ด้วงแพง[1]
Polpromrach, K.[1] and Duangpaeng, A.[1]

Abstract

This research was aimed to study some characteristics of landrace rice varieties cultivated by organic rice farming in Ban-Kok-Lam Sang-Aram, Tambon Kud-Mak-Fai, Nong-Wua-So District, Udon-Thani. The design was randomized complete block with 3 replications, 32 varieties/replication. Some characteristics were observed by using a modified-recording form from the National Rice Seed Storage Laboratory for Genetic Resources, Rice Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Results indicated diversities of landrace rice varieties either their growths or yields. The varieties of landrace rice include white glutinous rice, black glutinous rice, red glutinous rice and white non-glutinous rice. All varieties had great vegetative growth beneath low-fertility soil. 'Pong Eaw' had the highest number of maximum tillers at 14.7 tillers/plant and the highest weight of 100-grains at 4.2 g.
Keywords: landrace rice, characteristics of varieties, organic farming

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตบางประการของข้าวพื้นเมืองที่ผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ชุมชนบ้าน โคกล่าม-แสงอร่าม ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ 32 พันธุ์ต่อซ้ำ บันทึกข้อมูลลักษณะบางประการตามแบบฟอร์มที่ดัดแปลงมาจากศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ผลการวิจัยพบว่าข้าวพื้นเมืองมีความหลากหลายทางพันธุกรรมทั้งลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิต โดยพันธุ์ข้าวประกอบไปด้วยพันธุ์ที่เป็นข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวแดง และข้าวเจ้าขาว ทุกพันธุ์เจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่มีความอุดมสมบรูณ์ต่ำของบ้านโคกล่ามแสงอร่าม พันธุ์อินแปง แตกกอสูงสุด คือ 14.7 ต้น/กอ และมีน้ำหนักของ 100 เมล็ดสูงสุด คือ 4.2 กรัม
คำสำคัญ: ข้าวพื้นเมือง ลักษณะประจำพันธุ์ เกษตรอินทรีย์

คำนำ

บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี เป็นพื้นที่ขยายผลในโครงการปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ เกษตรกรได้รับคำแนะนำให้ปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุก่อนการปลูกข้าว ซึ่งการปลูกข้าวเหนียวของเกษตรกรในภาคอีสาน เป็นการปลูกเฉพาะถิ่นเพื่อความมั่นคงทางอาหาร (สมพร, 2556; มานัส และคณะ, 2559) เช่นในพื้นที่บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม เกษตรกรบางส่วนยังคงปลูกข้าวพื้นเมืองเพื่อบริโภคในครัวเรือนให้เพียงพอตลอดปี เหลือจากการบริโภคจึงขาย ข้าวพื้นเมืองที่พบว่ามีการปลูกในพื้นที่บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม อย่างไรก็ตาม ยังไม่เคยมีการศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพื้นเมืองอินทรีย์ในพื้นที่บ้านโคกล่าม -แสงอร่าม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ จึงเพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตบางประการของข้าวพื้นเมืองเมือง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรบ้านโคกล่าม-แสงอร่ามที่ต้องการจะปลูกข้าวพื้นเมืองอินทรีย์เพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน หรือใช้ประโยชน์ในการแปรรูปต่อไป

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
[1] Udon Thani Rajabhat University, Tahan Road, Muang. Udon Thani 41000, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมืองจากเกษตรกรในพื้นที่บ้านโคกล่าม-แสงอร่ามและชุมชมใกล้เคียง จากนั้นจึงนำมาปลูก ในแปลงนาของนายบุญมาก สิงห์คำป้อง เกษตรกรในโครงการปิดทองหลังพระ บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม ในระหว่างเดือนมิถุนายน – ธันวาคม พ.ศ 2558 เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตบางประการ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) มีตำรับการทดลองเป็นพันธุ์ ประกอบไปด้วย ข้าวพื้นเมือง 30 พันธุ์ ข้าวพันธุ์ กข. 6 และพันธุ์หอมมะลิ 105 ทดลอง 3 ซ้ำ เพาะเมล็ดในถาดจำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม ย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 28 วันหลังจากเพาะเมล็ด โดยใช้ระยะปลูก 25 x 25 ซม. ปลูก 25 ต้น/แถว จำนวน 4 แถว ปรับปรุงบำรุงดินก่อนปลูกข้าวด้วยปุ๋ยคอก 500 กก.ต่อไร่ ดูแลรักษาด้วยการถอนวัชพืช และตัดพันธุ์ปนออกทุกแปลง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง สุ่มต้นข้าวจากแถวกลางสองแถว จำนวน 10 ต้นต่อพันธุ์ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ตามแบบบันทึกลักษณะประจำพันธุ์ข้าว ดัดแปลงจากศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ สถาบันวิจัยข้าว กรมการข้าว โดยวัดความสูงของต้น จำนวนต้นที่แตกกอในระยะแตกกอสูงสุด จำนวนต้นที่ผลิตรวงได้ต่อกอในระยะออกรวง 50% จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักแห้งของ 100 เมล็ด จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า ข้าวพื้นเมืองมีความหลากหลายทางพันธุกรรมทั้งลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิต ทุกพันธุ์เจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่มีความอุดมสมบรูณ์ต่ำของบ้านโคกล่ามแสงอร่าม พันธุ์ที่มีความสูงมากที่สุดคือ พันธุ์เหลืองอ่อน 57 (Luang-Oan 57) คือ 136.2 ซม. พันธุ์ที่เตี้ยที่สุด คือ พันธุ์อีเตี้ย (E-Tia) (Table 1) จะเห็นได้ว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่นำมาปลูกนี้จัดอยู่ประเภทข้าวที่มีความสูงในระดับปานกลาง (Morris, 1980) ในระยะแตกกอสูงสุด พันธุ์ข้าวที่มีจำนวนต้นต่อกอสูงสุด คือ พันธุ์อินแปง (In-Pang) มี 14.7 ต้น/กอ ส่วนพันธุ์ที่มีการแตกกอต่ำที่สุดคือ พันธุ์พม่าลาย (Pha-Ma-Lai) เหลืองอ่อน 57 (Luang-Oan-57) และพันธุ์เหรียญทอง 57 (Rian-Thong 57) ทั้งสามพันธุ์มีการแตกกอเท่ากัน คือ 9.1 ต้นต่อกอ พันธุ์ที่มีจำนวนต้นที่ผลิตรวงได้ สูงสุดคือ พันธุ์ป้องแอ้ว และพันธุ์นางสาวไทย (Nang-Sao-Thai) มีจำนวนต้นที่ผลิตรวงได้ เท่ากัน คือ 10.4 ต้น จะเห็นได้ว่าพันธุ์ข้าวพื้นเมืองเหล่านี้ มีการแตกกออยู่ระหว่าง 9-14 หน่อต่อกอ จึงจัดอยู่ในประเภทพันธุ์ที่มีความสามารถในการแตกกอปานกลาง และใกล้เคียงกับ กข 6 ความสามารถในการแตกกอส่งผลต่อผลผลิต ในการแตกกอปานกลางนั้นเป็นคุณลักษณะของพันธุ์ข้าวที่มีผลผลิตสูง (Beachell และ Jennings, 1965 *In* Yoshida, 1981) จำนวนต้นต่อกอมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับจำนวนรวงต่อต้น Wu และคณะ, 1998 *In* Wang และคณะ, 2007) การมีจำนวนต้นมาก ทำให้มีการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมและธาตุอาหารพืชระหว่างลำต้นในกอเดียวกัน (Miller และคณะ, *In* Wang และคณะ, 2007) พันธุ์ที่มีรวงยาวที่สุดคือ พันธุ์ดอยวน (Dor-Yuan) มีรวงยาว 31.3 ซม. ความยาวรวงเป็นลักษณะที่สำคัญที่ใช้ในการปรับปรุงรูปแบบโครงสร้างของรวง และการให้ผลผลิตของข้าว (Liu และคณะ, 2016) นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ป้องแอ้วมีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีจำนวน 159.9 ต้นต่อรวง และมีน้ำหนักของ 100 เมล็ดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 4.1 กรัม และข้าวเจ้าดอพื้นบ้าน (Jao-Dor-Phuen-Ban) มีน้ำหนักของ 100 เมล็ดต่ำที่สุด เท่ากับ 2.0 กรัม จะเห็นได้ว่าพันธุ์ป้องแอ้วนั้นมีความยาวรวงและน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ เช่นเดียวกันกับที่

สรุปผล

ข้าวพื้นเมืองมีความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต มีความสูงในระยะออกรวงระหว่าง 75-140 ซม. มีการแตกกอระยะแตกกอสูงสุดระหว่าง 9-14 ต้นต่อกอ มีความยาวรวงระหว่าง 23.4-28.3 ซม. ในกลุ่มข้าวเหนียวขาว พันธุ์ข้าวป้องแอ้ว มีจำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนักเมล็ดของ 100 เมล็ด สูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการวิจัยปิดทองหลังพระ บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลข้าวพื้นเมืองและนายบุญมาก สิงห์คำป้อง เกษตรกรบ้านโคกล่ามและบ้านแสงอร่ามในโครงการวิจัยปิดโครงหลังพระ ที่อนุญาตให้ใช้แปลงนาเกษตรอินทรีย์เป็นแปลงทดลอง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

อรรจนา ด้วงแพง เบญจมาส สัตตะโส ภาราดี ไพศาล และวรรษมน พลตื้อ, 2558, การปรับปรุงบำรุงดินแบบบูรณาการโดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในโครงการปิดทองหลังพระ บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม, ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 793-796.

มานัส ลอศิริกุล นันทิยา หุตานุวัตร นพมาศ นามแดง สุกัญญา คลังสินศิริกุล และประสิทธิ์ กาญจนา, 2554, การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวเหนียวพื้นเมือง 3 พันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์ กข 6 ภายใต้การจัดการแบบนาอินทรีย์ฤดูนาปี 2554, แก่นเกษตร, 44(3): 435-442.

สมพร อิศวิสานนท์, 2556, ข้าวเหนียวไทย ความจำกัดของตลาดการค้า. นิตยสารข้าวไทย. 6(35) *ใน* มานัส ลอศิริกุล นันทิยา หุตานุวัตร นพมาศ นามแดง สุกัญญา คลังสินศิริกุล และ ประสิทธิ์ กาญจนา, 2554, การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวเหนียวพื้นเมือง 3 พันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์ กข 6 ภายใต้การจัดการแบบนาอินทรีย์ฤดูนาปี 2554, แก่นเกษตร, 44(3): 435-442.

Liu, E., Liu, Y., Wu, G., Zeng, S., Thi, T.G.T., Liang, L., Liang, Y., Dong, Z., She, D., Wang, H., Zaid, I.U. and Hong, D., 2016, Identification of a Candidate Gene for Panicle Length in Rice (*Oryza sativa* L.) via Association and Linage Analysis, Frontiers in Plant Science, 7: 596.

Beachell, H.M. and Jennings, P.R., 1965, Need for Modification of Plant Type. The Mineral Nutrition of the Rice Plant. International Rice Research Center, *In* Yoshida, 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. The International Rice Research Institute.

Miller, B.C., Hill, J.E. and Roberts, S.R., 1991, Plant Population Effects on Growth and Yield in Water-seeded Rice, Agron J, 83: 291-297. *In* Wang, F., Cheng, F. and Zhang, G. (2007). Difference in Grain Yield and Quality among Tillers in Rice Genotypes Differing in Tillering Capacity, Rice Science, 14(2): 135-140.

Wu, G.W., Wilson, L.T. and McClung, A.M., 1998, Contribution of Rice Tillers to Dry Matter Accumulation and Yield, Agron J, 90: 317-323. *In* Wang, F., Cheng, F. and Zhang, G. (2007). Difference in Grain Yield and Quality among Tillers in Rice Genotypes Differing in Tillering Capacity, Rice Science, 14(2): 135-140.

Table 1 Some characteristics of landrace rice varieties cultivated organically farming in Ban-Kok-Lam -Sang-Aram, Nong Wua So District, Udon Thani

Local Name	Plant height at 50% heading	Num. of max. tillers	Num. of productive tillers	Panicle length (cm.)	Num. of grains per panicle	Weight of 100-grains (g)
Dor-Yuan	129a-e	10.5a-d	8.8b-g	31.3a	86.3g-j	3.0b-e
Tom-Pan	130.6a-e	10.2b-d	7.9efg	24.8bc	155.3ab	3.5a-d
Hang-Yi	131.4a-e	9.7cd	9.9a-e	23.6c	86.5g-j	2.2f-h
In-Pang	128a-e	13.2a-d	8.3d-g	28.0a-c	100.2d-j	3.5a-e
Nang-Sao-Thai	126.9a-e	10.4b-d	10.4a-d	25.1bc	112.3d-h	3.2b-e
Ber-Sim	132.6a-c	10.7a-d	8.6c-g	25.16bc	126.7bcd	3.2b-e
Man-Poo	129.4a-d	12.6a-d	9.3a-f	25.5bc	72.2j	3.0b-e
Neaw-Dam	130.7a-e	12.5a-d	9.6a-f	24.9bc	105.2d-j	3.0b-e
Jao-Dang	121.4c-f	10.9a-d	11.2ab	23.4c	107.3d-i	2.7dh
Hom-Ma-li-Dang	113.3fg	10.3b-d	11a-c	25.1bc	75.7ij	3.0b-f
Neaw-Dam-Sakonnakorn	132.2a-d	12.4a-c	9.3a-f	26.8a-c	120.3d-g	2.8c-h
Neaw-Dam-Nongkai	126.1b-f	10.1b-d	7.8g	26.6a-c	119.5d-g	3.2b-e
Neaw-Dang	128.4a-e	12.5a-d	10a-e	25.13bc	127.3bcd	2.9c-g
Jao-Hom -Thoong	133.1abc	11.7a-d	9.2a-f	24.9bc	96d-j	3.3b-e
Jao-Kao	118.3ef	13.5a-d	9.5a-f	24.1bc	99.2d-j	2.6e-h
Pha-Ma-Dam	121c-f	9.9cd	7.4fg	26.6abc	124.2cde	3.5a-e
Jao-Dor-Phuen-Ban	129a-e	11.0a-d	10.4a-d	24.5bc	88.0f-j	2.0h
Jao-Hom-Ma-li	128.6a-e	12.3a-d	10.4a-d	26.4bc	94.3d-j	3.1b-e
E-Tia	104.7g	10.5a-d	9.9a-e	24.1bc	97.2d-j	2.9c-g
Sa-Bai	125.1a-f	9.4cd	8.3d-g	24.6bc	153.2abc	3.7ab
Pha-Ma-Luang	124.8a-f	9.5cd	8.3d-g	28.6ab	160.5a	3.3a-e
E-Tone	118.6ef	14.2ab	8.9a-g	24.8bc	98.0d-j	2.8c-h
Keaw-Ngoo	122.7b-f	11.7a-d	10.1a-e	27.3a-c	121.8def	2.1gh
Pha-Ma-Lai	124.3a-f	9.1d	7.8fg	27.6a-c	106.7d-i	3.2b-e
Luang-Oan 57	136.2a	9.1d	6.8g	24.3bc	111.5d-h	3.6a-c
Rian-Thong 57	133.7a-c	9.1d	7.3fg	24.1bc	92.0e-j	3.4a-e
Pong-Eaw	125.9a-f	14.7a	10.4a-d	26.9abc	159.8a	4.2a
Wan	121.5c-f	9.7cd	8.7c-g	24.4bc	115.8d-g	3.5a-d
Kam-Ka-Dam	129.9a-e	10.0b-d	8.7c-g	24.5bc	107.5d-i	2.6e-h
Saen-Sa-Bai	135.7ab	12.0a-d	8.4d-g	24.2bc	114d-h	3.4a-e
RD-6	121.4c-f	11.1a-d	8.9a-g	24.3bc	77.3ij	3.0b-f
KDML-105	119.2d-f	12.1a-d	11.3a	23.8bc	80.2hij	3.0b-f
F-test	*	*	*	*	*	*
CV%	5.2	19.1	13.1	17.3	15.6	13.9

ผลของการเติม Sodium Chloride และชนิดน้ำต่อคุณภาพชา (*Camellia sinensis* L.) หมัก

Effects of Additional Sodium Chloride and Water Types on Quality Fermented Tea (*Camellia sinensis* L.)

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] สุกัญญา เอี่ยมลออ[3] และ รัตนา อัตตปัญโญ[4]

Sampanvejsobha. S.[1], Laohakunjit, N.[2] Aiamla-or, S.[3] and Attapunyo, R.[4]

Abstract

Fermented tea is a local product in the Northern part of Thailand. It contains various active compounds, of which are beneficial to consumers. However, consumers often dislike an odor of fermented tea. This experiment was to study the production factors which include the addition of sodium chloride, types of water (tap or drinking water) and the fermentation times (1, 2 and 4 weeks), in the fermentation process on the quality of tea. Tea leaves were then dried using hot air oven. The characteristics of the tea samples was then determined by physicochemical analysis and sensory evaluation. From the study, the results showed that the individual factors had not effect on the acceptance of consumers on the fermented tea. Notably, the fermentation for 4 weeks resulted in the highest amount of caffeine. When considering each factor in combination, the tea fermented for 1 week with addition of NaCl obtained the maximum acceptable scores on taste followed by the tea fermented for 4 weeks without addition of NaCl. When considering on the amount of polyphenol, the tea fermented in drinking water without addition of NaCl gave the highest amount followed by the tea fermented in tap water without addition of NaCl. In addition, three factors in combination, when considering the amount of caffeine and polyphenol, the tea fermented for 4 weeks in drinking water without addition of NaCl was the best combination to produce a good quality of fermented tea with high amount of caffeine and polyphenol.

Keywords: fermented tea, production factor, sodium chloride

บทคัดย่อ

ชาหมักเป็นผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่นภาคเหนือของประเทศไทย ชาหมักมีสารออกฤทธิ์หลากหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคมักไม่ชอบกลิ่นของชาที่เกิดจากกระบวนการหมักชา การทดลองนี้ ได้ศึกษาปัจจัยการผลิตโดยการเติม NaCl และชนิดของน้ำ (น้ำกรองหรือน้ำดื่ม) ในขั้นตอนการหมักชาต่อคุณภาพของชา หลังจากหมักชานาน 1, 2 และ 4 สัปดาห์แล้ว นำชามาอบแห้งด้วยลมร้อน จากนั้นนำมาทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสและปริมาณสารสำคัญในชา จากการศึกษา พบว่า ปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยไม่มีผลต่อการยอมรับต่อชาหมักของผู้บริโภค ยกเว้นการหมักชานาน 4 สัปดาห์ ทำให้ชามีปริมาณ caffeine มากสุด แต่เมื่อพิจารณา 2 ปัจจัย ร่วมกันชาหมักที่เติม NaCl -หมักนาน 1 สัปดาห์ มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสมากสุด รองลงมา คือ ไม่เติม NaCl-หมักนาน 4 สัปดาห์ ชาหมักที่ไม่เติม NaCl –ใช้น้ำดื่มมีปริมาณ polyphenol สูงสุด รองลงมา คือ ไม่เติม NaCl –ใช้น้ำกรอง ส่วนอิทธิพลของ 3 ปัจจัยร่วมกัน พบว่าชาที่หมักนาน 4 สัปดาห์ ใช้น้ำดื่ม-ไม่เติม NaCl ให้ปริมาณ polyphenol และ caffeine มาก จากผลการทดลอง ชาที่หมักนาน 4 สัปดาห์ ใช้น้ำดื่ม-ไม่เติม NaCl จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการผลิตชาหมักปลอดภัย

คำสำคัญ: ชาหมัก ปัจจัยการผลิต เกลือโซเดียมคลอไรด์

---

[1] สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อยู่ 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[1] Learning institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อยู่ 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Thian Thale 25, Bang Khun Thian-Chai Thale Road, Tha Kham, Bang Khun Thian, Bangkok 10150

[3] ศูนย์บริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ราชบุรี) ที่อยู่ 209, หมู่ 1, ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150

[3] Learning park, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Ratchaburi), 209, Moo. 1, Rangbua, Chombung, Ratchaburi, 70150

[4] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

[3] School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, 19 Moo 2 Tambon Maeka Amphur Muang Phayao 56000

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ชาหมักต่าง ๆ มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น คุณสมบัติ antimicrobial, probiotic, antioxidant, ลด cholesterol, anti-obesity (Klayraung และคณะ, 2008, Noguchi และคณะ, 2008) ชาหมักสามารถเตรียมได้จากเมี่ยงที่ผ่านกระบวนการหมักแล้วนำมาอบให้แห้ง เมี่ยงเป็นผลิตภัณฑ์ของภาคเหนือของประเทศไทย แต่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่ไม่ใช่คนภาคเหนือ มักไม่คุ้นเคย และไม่ชอบกลิ่นหมักค่อนข้างแรงของเมี่ยง เมี่ยงเป็นผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น มีขั้นตอนการผลิตที่อาจไม่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค เช่น ในการผลิตมักเติมน้ำกรอง ซึ่งไม่ได้รับการวิเคราะห์ว่า มีคุณภาพเหมาะสมที่นำมาใช้ในการผลิตอาหารหรือไม่ อาจเป็นแหล่งปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เนื่องจากไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อมาก่อน มีรายงานว่า การใช้น้ำดื่มหรือการเติมเกลือในกระบวนการเตรียมอาหารหมักช่วยลดและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค เช่น *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* หรือกลุ่ม coliforms เนื่องจากน้ำดื่มได้ผ่านระบบการกรองและการฆ่าเชื้อ ในขณะที่การเติมเกลือในอาหารมีผลต่อเซลล์เชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว คือทำให้เชื้ออยู่ในสภาวะ osmotic shock ซึ่งทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตหรือเซลล์ตายในที่สุด (สายลม และคณะ, 2555; Davidson, 2001; Shelef และ Seiter, 2005) ดังนั้น การนำเมี่ยงมาอบเป็นชา จึงควรศึกษากระบวนการที่ลดกลิ่นหมัก และพัฒนากระบวนการที่ปลอดภัยสำหรับผลิตเมี่ยงก่อน งานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาปัจจัยการผลิตโดยการเติมเกลือ (sodium chloride, NaCl) น้ำดื่ม และระยะเวลาในการหมัก ที่มีต่อคุณภาพของชา เนื่องจากเกลือมีคุณสมบัติเป็น selective agent สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของ lactic acid bacteria ซึ่งเป็นกลุ่มแบคทีเรียมีประโยชน์ได้ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั่วไปที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ (Okada และคณะ, 1986) และยังช่วยเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์ และปรับปรุงขั้นตอนการผลิต โดยเลือกใช้น้ำดื่มเป็นน้ำที่ใช้หมักชา เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติการผลิตชาหมักปลอดภัย นอกจากนี้ยังอาจลดกลิ่นหมักของชาลงได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตชาหมัก เริ่มจากเก็บเกี่ยวใบชาสดพันธุ์อัสสัม *Camellia sinensis* var. *assamica* จากอำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ มัดเป็นกำ ๆ ละ 500 กรัม จากนั้นนำไปนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด นาน 40-60 นาที แก้มัด ผึ่งให้เย็น และหมักด้วยเกลือ อัดให้แน่น เติมน้ำพอท่วมเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากเอนไซม์ ปิดฝาให้สนิท หมักที่อุณหภูมิห้อง (สายลม และคณะ, 2555) อบจนแห้งโดยใช้ hot air oven ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง เก็บในถุงสุญญากาศ ขนาด 15x23 เซนติเมตรได้ศึกษาผลของปัจจัยการผลิตที่มีต่อคุณภาพต่อชาหมัก ได้แก่ ผลของการเติมเกลือ (1.8% NaCl / ไม่เติมเกลือ) ชนิดของน้ำหมักชา (น้ำกรอง/น้ำดื่มที่ผ่านการกรองแบบ reverse osmosis และผ่านการฆ่าเชื้อ) และระยะเวลาการหมัก (การหมักเมี่ยง 1, 2 และ 4 สัปดาห์) วิเคราะห์คุณลักษณะของตัวอย่างชาหมัก ดังนี้ การยอมรับในผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคประเมินโดยการให้คะแนนสี กลิ่น รสชาติ รสฝาดและความชอบโดยรวม (9-point scoring test โดย 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด) ความชื้น (AOAC, 2000:925.19) และปริมาณสารสำคัญในชาหมัก เช่น caffeine, tannins และ polyphenols (Kim และคณะ, 2007)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การยอมรับในผลิตภัณฑ์ชาหมักของผู้บริโภค

จาก Table 1 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการผลิตในระดับปัจจัยหลัก (NaCl, น้ำ และระยะเวลาการหมัก) ไม่มีผลต่อการยอมรับทุกคุณลักษณะ (สี กลิ่น รส ความฝาด และการยอมรับโดยรวม) ในผลิตภัณฑ์ชาหมักของผู้บริโภค ส่วนในระดับอิทธิพลร่วม NaCl และชนิดของน้ำไม่มีผลเช่นต่อทุกคุณลักษณะเช่นกัน แต่ระยะเวลาการหมัก มีผลต่อรสชาติและรสฝาดของผลิตภัณฑ์ พบว่า อิทธิพลร่วม 2 และ 3 ปัจจัย (NaCl x Time และ NaCl x Water x Time ตามลำดับ) มีผลต่อรสชาติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อิทธิพลร่วมระหว่างไม่ได้เติม NaCl และระยะเวลาไม่มีผลต่อรส (3.94 -4.48 คะแนน) แต่ NaCl และระยะเวลามีผลต่อรสชาติ (3.74 – 5.38 คะแนน) ผู้บริโภคมีแนวโน้มให้คะแนนรสในตัวอย่างชาที่เติม NaCl ลดลงตามระยะเวลาการหมักนานขึ้น ส่วนปัจจัยร่วม 2 ปัจจัย (Water x Time) มีผลต่อรสฝาด ตัวอย่างชาที่หมักด้วยน้ำดื่มเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และตัวอย่างที่หมักด้วยน้ำกรองนาน 4 สัปดาห์ มีรสฝาดต่ำสุดและไม่แตกต่างกัน (5.02 และ 4.50 คะแนน) นอกจากนี้ ผู้บริโภคมีข้อเสนอแนะว่า การเติม NaCl ทำให้ชาหมักมีรสเค็มซึ่งเป็นรสที่ผู้บริโภคไม่พึงประสงค์ ในชาหมักจึงไม่ควรเติมเกลือในกระบวนการผลิต

2. ปริมาณสารสำคัญในชาหมัก

ในระดับปัจจัยหลัก การเติม/ไม่เติม NaCl และชนิดของน้ำหมักไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณสาร polyphenols และ caffeine แต่การเติม NaCl มีผลลดความชื้นของตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อาจเป็นเพราะว่าการเติม NaCl ทำให้น้ำในใบชาเคลื่อนที่ออกมานอกใบหรือในน้ำหมักได้ดี (Doyle และคณะ, 2001) ระยะเวลาหมักนาน 4

สัปดาห์ ทำให้ชามีปริมาณ caffeine มากสุด (0.423% dry weight) แตกต่างจากชาหมักนาน 1 หรือ 2 สัปดาห์ (0.374 และ 0.385% dry weight ตามลำดับ) เนื่องจากระยะเวลาการหมักนานขึ้นอาจส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนให้เพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสาร caffeine ในชาหมักได้ดี (Wang และคณะ, 2005)

อิทธิพลร่วมระหว่างการเติม/ไม่เติม NaCl และชนิดของน้ำที่ใช้หมัก พบว่า การไม่เติม NaCl-ใช้น้ำดื่มทำให้มีปริมาณ polyphenols มากสุด (19.128% dry weight) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากเมี่ยงที่ได้รับการเติม NaCl-ใช้น้ำกรอง (18.616% dry weight) ส่วนปัจจัยร่วมระหว่างการเติม/ไม่เติม NaCl และระยะเวลาหมักชาไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณสารสำคัญและความชื้นในชา ปัจจัยร่วมระหว่างชนิดน้ำหมักกับระยะเวลาที่ใช้หมักชามีผลต่อปริมาณ caffeine และความชื้น โดยตัวอย่างที่ใช้น้ำกรอง ใช้เวลาหมักนาน 1 สัปดาห์ มีปริมาณ caffeine น้อยที่สุด (0.340% dry weight) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างที่ใช้น้ำกรองและหมักนาน 4 สัปดาห์ (0.422% dry weight) และตัวอย่างชาที่ใช้ดื่มหมักนาน 1 และ 4 สัปดาห์ (0.407 และ 0.413% dry weight ตามลำดับ)

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ปัจจัย คือ การเติม/ไม่เติม NaCl, ชนิดของน้ำที่ใช้หมักและระยะเวลาการหมักร่วมกันแล้ว พบว่า มีอิทธิพลต่อปริมาณ polyphenols และ caffeine และความชื้นของชาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ชาที่หมักนาน 4 สัปดาห์ ใช้น้ำดื่ม-ไม่เติม NaCl มีปริมาณ polyphenols มากที่สุด (21.855% dry weight) แตกต่างจากชาในชุดทดลองอื่นๆ ชาที่หมักนาน 4 สัปดาห์ ใช้น้ำกรอง-เติม NaCl มีปริมาณ caffeine มากสุด (0.470% dry weight) ใกล้เคียงกับตัวอย่างชาที่ใช้เวลาหมักนาน 2 สัปดาห์ ใช้น้ำกรอง-ไม่เติม NaCl (0.440% dry weight)

สรุปผล

การเติม NaCl ไม่มีผลต่อการยอมรับในผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค แต่มีผลลดความชื้นในชา แต่ผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะว่าการเติม NaCl ทำให้ชามีรสเค็ม ดังนั้นจึงไม่ควรใช้เกลือในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาหมัก ชนิดน้ำหมักไม่มีอิทธิพลลดปริมาณสารสำคัญหรือการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น ชาที่หมักนาน 4 สัปดาห์ ใช้น้ำดื่ม-ไม่เติม NaCl จึงน่าจะเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตชาหมักปลอดภัย โดยพิจารณาจากปริมาณ polyphenol และ caffeine รวมถึงการยอมรับของผู้บริโภค

คำขอบคุณ

นักวิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในโครงการการพัฒนากระบวนการผลิตเมี่ยงปลอดภัย (รหัสโครงการ RDG5320031)

เอกสารอ้างอิง

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และพรทิพย์ สุมนพันธุ์, 2555, โครงการการพัฒนากระบวนการผลิตเมี่ยงปลอดภัย, สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) 84 หน้า

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis. 17th ed. Gaithersburg, Maryland, USA, AOAC International.

Davidson, P.M., 2001, Chemical Preservatives and Natural Antimicrobial Compounds, Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers, Doyle, M.P., Beauchat, L.R., Montville, T.J., editors. Washington, DC: ASM Press.

Doyle, M.P., Beuchat, L.R. and Montville, T.J., 2001, Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. 2nd ed. Washington, DC: ASM Press.

Kim, E.S., Liang, Y.R., Jin, J., Sun, Q.F., Lu, J.L., Du, Y.Y. and Lin, C., 2007, Impact of Heating on Chemical Compositions of Green Tea Liquor, Food Chemistry, 103: 1263-1267.

Klayraung, S., Viernstein, H., Sirithunyalug, J. and Okonogi, S., 2008, Probiotic Properties of *Lactobacilli* Isolated from Thai Traditional Food, Science Pharm, 76: 485-503.

Noguchi, A., Hamauza, Y. and Yasui, H., 2008, Inhibitory Effects of Goishi Tea against Influenza Virus Infection, Food Science of Technology Research, 14(3): 277-284.

Okada, S., Daengsubha, W., Uchimura, T., Ohara, N. and Kozaki, M., 1986, Flora of Lactic Acid Bacteria in Miang Produced in Northern Thailand, Journal of General and Applied Microbiology, 32(1): 57-65.

Shelef, L.A. and Seiter, J., 2005, Indirect and Miscellaneous Antimicrobials, Antimocrobials in food. 3rd ed. Davidson, P.M., Sofos, J.N., Larry, B.A., editors. Boca Raton, FL: Taylor and Francis; 573-598.

Wang, X., Hu, S., Wan, X. and Pan, C., 2005, Effect of Microbial Fermentation on Caffeine Content of Tea Leaves, Journal Agricultural and Food Chemistry, 53(18): 7238-42.

Table 1. Sensory scores and active compound contents in fermented tea.

Treatments	Sensory scores					%Moisture Content	Chemical compositions (%dry weight)	
	Color	Odor	Flavor	Astringent	Overall acceptance		Poly-phenols	Caffeine
Main factors								
NaCl (F1)								
Non NaCl	4.21	4.30	4.13	4.30	4.58	6.661^{a}	17.692	0.395
NaCl	4.65	4.16	4.55	4.21	4.54	6.294^{b}	17.341	0.396
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Water (F2)								
Tap water	4.33	4.33	4.64	4.14	4.64	6.294	17.436	0.389
Drinking water	4.52	4.14	4.04	4.36	4.47	6.540	17.596	0.402
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fermented times (week) (F3)								
1	4.09	4.36	4.67	3.99	4.81	6.626	17.178	0.374^{b}
2	4.76	4.16	4.24	4.57	4.47	6.543	16.861	0.385^{b}
4	4.43	4.18	4.11	4.20	4.40	6.260	18.509	0.428^{a}
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Interaction								
F1xF2 (NaCl x Water)								
Non NaCl x Tap water	4.15	4.56	4.42	4.01	4.65	6.767	16.257^{b}	0.393
Non NaCl x Drinking water	4.27	4.04	3.84	4.59	4.51	6.550	19.128^{a}	0.396
NaCl x Tap water	4.51	4.10	4.86	4.28	4.64	6.061	18.616^{a}	0.432
NaCl x Drinking water	4.79	4.23	4.23	4.14	4.43	6.526	16.065^{b}	0.407
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
F1xF3 (NaCl x Time)								
Non NaCl x 1 Week	4.02	4.35	3.97^{b}	4.14	4.86	6.532	16.874	0.370
Non NaCl x 2 Weeks	4.53	4.22	3.94^{b}	4.61	4.45	7.013	17.585	0.400
Non NaCl x 4 Weeks	4.08	4.35	4.48^{ab}	4.15	4.44	6.249	19.188	0.415
NaCl x 1 Week	4.17	4.37	5.38^{a}	3.85	4.75	6.532	18.074	0.376
NaCl x 2 Weeks	4.99	4.11	4.54^{ab}	4.52	4.49	6.077	16.812	0.370
NaCl x 4 Weeks	4.78	4.00	3.74^{b}	4.26	4.36	6.271	17.203	0.440
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
F2xF3 (Water x Time)								
Tap water x 1 Week	3.78	4.64	4.81	3.83^{b}	4.90	6.978^{a}	16.610	0.340^{b}
Tap water x 2 Weeks	4.62	4.27	4.95	4.11^{b}	4.73	6.575^{a}	17.953	0.385^{ab}
Tap water x 4 Weeks	4.59	4.07	4.17	4.50^{ab}	4.31	5.689^{b}	17.747	0.422^{a}
Drinking water x 1 Week	4.40	4.07	4.53	4.16^{b}	4.72	6.274^{ab}	17.747	0.407^{a}
Drinking water x 2 Weeks	4.91	4.05	3.53	5.02^{a}	4.21	6.515^{a}	15.770	0.385^{ab}
Drinking water x 4 Weeks	4.28	4.28	4.05	3.91^{b}	4.49	6.831^{a}	19.277	0.413^{a}
F-test	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*
F1xF2xF3 (NaCl x Water x Time)								
Non NaCl x Tap water x 1 Week	3.85	4.64	3.99^{cd}	3.67	4.90	6.926^{abc}	14.789^{cd}	0.325^{d}
Non NaCl x Drinking water x 1 Week	4.26	4.68	4.52^{abcd}	4.20	4.68	6.514^{bcde}	18.189^{b}	0.415^{b}
Non NaCl x Tap water x 2 Weeks	4.36	4.36	4.76^{abcd}	4.17	4.37	7.282^{a}	17.460^{bc}	0.440^{ab}
Non NaCl x Drinking water x 2 Weeks	4.19	4.05	3.95^{cd}	4.61	4.83	6.744^{abcd}	17.339^{bc}	0.360^{cd}
Non NaCl x Tap water x 4 Weeks	4.81	3.74	3.37^{d}	5.02	4.21	6.093^{de}	16.522^{bcd}	0.415^{b}
Non NaCl x Drinking water x 4 Weeks	3.80	4.33	4.21^{bcd}	4.14	4.52	6.406^{bcde}	21.855^{a}	0.415^{b}
NaCl x Tap water x 1 Week	3.71	4.65	5.65^{a}	3.99	4.90	7.029^{ab}	18.431^{b}	0.355^{d}
NaCl x Drinking water x 1 Week	4.99	3.85	5.37^{ab}	4.02	4.77	6.035^{e}	17.306^{bc}	0.400^{cd}
NaCl x Tap water x 2 Weeks	4.82	3.78	3.58^{d}	4.83	4.26	5.868^{ef}	18.447^{b}	0.330^{d}
NaCl x Drinking water x 2 Weeks	4.61	4.09	5.11^{abc}	3.70	4.61	6.285^{cde}	14.201^{d}	0.410^{b}
NaCl x Tap water x 4 Weeks	5.00	4.37	3.71^{d}	5.02	4.21	5.285^{f}	18.972^{b}	0.470^{a}
NaCl x Drinking water x 4 Weeks	4.73	4.23	3.89^{cd}	3.69	4.47	7.257^{a}	16.689^{bcd}	0.410^{b}
F-test	ns	ns	*	ns	ns	*	*	*
C.V.	0.136	0.109	0.196	0.137	0.143	0.096	0.122	0.114

Analytical data were mean values (n = 2). Values with different letter within column of each sample were significantly different at $p < 0.05$ (95%)

ผลของการแช่น้ำผึ้งและชาใบหม่อนต่อคุณภาพของแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดงตัดแต่งพร้อมบริโภค

Effect of Honey and Mulberry Tea Soaking on Quality of Fresh-cut of Dragon Fruit *Hylocereus undatus* (Haw) Bitt & Rose.

อุษามาส จริยวรานุกุล[1]
Jariyawaranugoon, U.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the quality of fresh-cut of dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw) Bitt&Rose. Dragon fruits were washed, cut half of long section and hand peeled, soaked with honey and mulberry tea at 10% and 20% for 2 minutes and distilled water as control, packed in polypropylene plastic box with lids and kept at 10 °C ± 2 °C for 6 days. Results showed that weight loss percentage, L* value (Lightness), and total soluble solids were increased ($p<0.05$) in all treatments. The fruit firmness tended to decreased ($p<0.05$) during storage. Ascorbic acid content remained constant and decreased on day 6 decreased significantly.

Keywords: dragon fruit, fresh-cut fruit, honey, mulberry tea

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของแก้วมังกรเนื้อขาวเปลือกแดงตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำแก้วมังกรมาล้างทำความสะอาดหั่นครึ่งและลอกเปลือกออก แช่ด้วยน้ำผึ้งและชาใบหม่อนที่ระดับ 10 และ 20% เป็นเวลา 2 นาที โดยมีแก้วมังกรที่แช่น้ำกลั่นเป็นสูตรควบคุม เก็บรักษาแก้วมังกรในกล่องพลาสติกชนิดโพลีโพพีลีนมีฝาปิดสนิท ที่อุณหภูมิ 10 °C ± 2 °C เป็นเวลา 6 วัน ผลการทดลองพบว่าแก้วมังกรทุกสูตรมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความสว่าง (L*) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ในขณะที่ความแน่นเนื้อมีค่าลดลง ($p<0.05$) ตลอดการเก็บรักษา ส่วนปริมาณวิตามินซีมีค่าคงที่ใน 4 วันแรกและจะลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา

คำสำคัญ: แก้วมังกร ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค น้ำผึ้ง ชาใบหม่อน

คำนำ

ผลไม้ตัดแต่ง (Fresh-cut fruit) เป็นที่นิยมสำหรับคนที่อาศัยในสังคมเมือง เพราะมีความสะดวกสบายในการบริโภค แก้วมังกร (Dragon fruit; *Hylocereus undatus* (Haw) Bitt & Rose) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมบริโภคมากขึ้นเนื่องจากเป็น ผลไม้ที่มีใยอาหารและวิตามินซีสูง แคลอรีต่ำ มีน้ำตาลน้อย จึงเหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก นอกจากนี้แก้วมังกรยัง พบสารในกลุ่มโอลิโกแซคคาไรด์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ซึ่งกระตุ้นการเจริญของโปรไบโอติกในลำไส้ ช่วยในเรื่องการขับถ่าย (สุรพงษ์, 2545) โดยปกติในซุปเปอร์มาร์เก็ตจะใช้ผลไม้ที่เหลือจากการขายประจำวันมาผลิตเป็นผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เมื่อผลิตแล้วนำไปวางจำหน่ายในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 8-10 °C (จันทร์สุดา, 2540) แต่ในขั้นตอนการตัดแต่งพบว่าเนื้อเยื่อผลไม้เกิดฉีกขาด มีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีได้ง่ายกว่าผลไม้สด ส่งผลให้แก้วมังกรตัดแต่งเกิดอาการสะท้านหนาว การสูญเสียน้ำ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (ลำแพน, 2555) น้ำผึ้ง (Honey) เป็นสารให้ความหวานจากธรรมชาติ พบว่ามีสารหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Ascorbic acid, Flavonoids, Phenolic และ Enzymes เป็นต้น มีสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial) และยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (Antioxidant) (Viuda-Martos และคณะ, 2008) ใบหม่อน (Mulberry) มีสาร Polyphenols ที่มีสมบัติต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) (Yi และคณะ, 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดนำแก้วมังกรเนื้อขาวเปลือกแดงตัดแต่งไปแช่สารละลายน้ำผึ้งและสารละลายใบหม่อน และบรรจุในกล่องพลาสติกวางจำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เก็ต เพื่อช่วยป้องกันหรือชะลอการเสื่อมคุณภาพของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการรอจำหน่าย

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบและวิธีการ

1.1 แก้วมังกรพันธ์เนื้อขาวเปลือกแดงซื้อมาจากตลาดสด น้ำหนักต่อผลประมาณ 375 – 450 กรัม

1.2 น้ำผึ้งยี่ห้อเวชพงษ์ เตรียมสารละลายน้ำผึ้งความเข้มข้น 10 และ 20% (v/v)

1.3 ใบหม่อนยี่ห้อกรีนเนท ชั่งใบหม่อน 10 กรัมแช่ในร้อนอุณหภูมิ 80 – 90 °C ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที

กรองและนำส่วนใสไปเตรียมสารละลายใบหม่อนความเข้มข้น 10 และ 20% (v/v)

นำแก้วมังกรพันธ์เนื้อขาวเปลือกแดงมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ใช้มีดหั่นครึ่งตามแนวยาวเป็น 2 ชิ้น ลอกเปลือกออก นำเนื้อแก้วมังกรมาแช่สารละลายน้ำผึ้งหรือชาใบหม่อนที่ระดับ 10 และ 20% (v/v) เป็นเวลานาน 2 นาที โดยมีแก้วมังกรที่แช่น้ำกลั่นเป็นสูตรควบคุม จากนั้นผึ่งให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที นำแก้วมังกร 2 ชิ้นบรรจุลงในกล่องพลาสติกชนิดโพลีโพพิลีน ขนาด 14X18X7 cm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ± 2 °C เป็นเวลา 6 วัน โดยจำลองสภาวะที่วางจำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เก็ต เก็บตัวอย่างทุก 2 วันไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) ด้วย Digital Refractometer ยี่ห้อ ATAGO ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab Digital Colorimeter รุ่น Color Flex ความแน่นเนื้อโดยใช้เครื่อง Lloyd Texture Analyzer รุ่น LRX ปริมาณวิตามินซีโดยวิธีการไตเตรท และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%Weight loss) หาได้โดยชั่งน้ำหนักแก้วมังกรวันแรกของการเก็บรักษา และทุกๆ 2 วันตลอดการเก็บรักษา โดยกำหนดชิ้นเดิมในการวัดค่า คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนักจากสมการ

%การสูญเสียน้ำหนัก = [(น้ำหนักเริ่มต้น-น้ำหนักหลังการเก็บ)/น้ำหนักเริ่มต้น] X 100

2. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 12.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเก็บรักษาแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นเวลา 6 วัน (Table 1) พบว่าแก้วมังกรตัดแต่งที่แช่ในสารละลายใบหม่อนที่ระดับ 10 และ 20% มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ($p<0.05$) ตลอดการเก็บรักษา ส่วนแก้วมังกร ตัดแต่งที่แช่สารละลายน้ำผึ้งที่ระดับ 10 และ 20% มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นใน 2 วันหลังแรกจากนั้นค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา ($p>0.05$) การสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของผลไม้เกิดจากการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำ ส่วนการแช่ด้วยสารละลายน้ำผึ้งสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ เนื่องจากน้ำผึ้งมีน้ำตาลฟรุคโตสเป็นส่วนประกอบซึ่งสามารถอุ้มน้ำได้ดี ส่งผลให้แก้วมังกรมีความชุ่มชื้น (Abano และคณะ, 2013) แก้วมังกรตัดแต่งทั้ง 5 ทรีทเมนต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อการเก็บรักษานานขึ้น ($p<0.05$) อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสารประกอบทางเคมีไปเป็นสารโมเลกุลเล็กลง โดยการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล ส่งผลทำให้ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเพิ่มมากขึ้น (Alam และคณะ, 2013)

จาก Table 1 แก้วมังกรตัดแต่งทั้ง 5 ทรีทเมนต์ มีค่าความแน่นเนื้อลดลงตลอดการเก็บรักษา ($p<0.05$) โดยแก้วมังกรตัดแต่งที่แช่สารละลายใบหม่อนที่ระดับ 10 และ 20% มีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่าการแช่ด้วยสารละลายน้ำผึ้งและสูตรควบคุม ค่าความแน่นเนื้อที่ลดลงของแก้วมังกรสอดคล้องกับการของสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เกิดเนื่องจากเอนไซม์เพกทิเนสไปทำลายโครงสร้างของผนังเซลล์ ทำให้เกิดการทำลายพันธะภายในโครงสร้าง เมื่อผนังเซลล์ถูกย่อยความแข็งแรงก็ลดลง เนื้อสัมผัส แก้วมังกรจึงนิ่มลง (Van และคณะ, 2008) ส่วนค่า L* ของแก้วมังกรตัดแต่งทั้ง 5 ทรีทเมนต์ มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ($p<0.05$) ซึ่งพบว่าเนื้อแก้วมังกรมีความฉ่ำน้ำมากขึ้นและมีความมันวาว (Glossy) อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการกระเจิงของแสง ส่งผลทำให้ค่า L* เพิ่มขึ้น แก้วมังกรตัดแต่งสูตรควบคุมและที่แช่สารละลายใบหม่อนมีค่า b* เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) แสดงว่าเนื้อแก้วมังกรมีสีเหลืองมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าแก้วมังกรเนื้อขาวมีสารสีในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เมื่อรงควัตถุสัมผัสกับแสงหรือออกซิเจนจะเกิดการออกซิเดชันขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Woo และคณะ (2011) พบว่าแสงเป็นปัจจัยที่ทำให้รงควัตถุ เบตาไซยานินในแก้วมังกรเนื้อแดงเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเกิดการออกซิเดชันและทำให้ค่าสีลดลง 50% แต่แก้วมังกรตัดแต่งที่แช่สารละลายน้ำผึ้งมีค่า b* ไม่แตกต่างกันตลอดการเก็บรักษา ($p>0.05$) เนื่องจากน้ำผึ้งอาจมีสารโพลีฟีนอลที่ช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน (Viuda-Martos และคณะ, 2008) พบว่าเมื่อ

เก็บรักษาแก้วมังกรทั้ง 5 ทรีทเมนต์เป็นเวลา 6 วัน มีค่า Hue (h°) อยู่ในช่วง 97 - 98 (Data not show) แสดงว่าแก้วมังกรมีสีเหลืองค่อนไปทางสีเขียว ปริมาณวิตามินซีที่เหลืออยู่ในแก้วมังกรที่ผ่านการแช่สารละลายใบหม่อนและสารละลายน้ำผึ้งไม่มีความแตกต่างกับสูตรควบคุม (Figure 1) โดยมีค่าค่อนข้างคงที่ใน 4 แรก ($p>0.05$) หลังจากนั้นค่าจะลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ($p<0.05$) ซึ่งการสูญเสียปริมาณวิตามินซีในแก้วมังกรเกิดจากการสัมผัสกับก๊าซออกซิเจน ทำให้เกิดการออกซิเดชันของวิตามินซี

สรุปผล

การเตรียมแก้วมังกรตัดแต่งเพื่อวางจำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เก็ต ที่อุณหภูมิ 10 °C ± 2 °C มีความเป็นไปได้ว่านำสารละลายน้ำผึ้ง 10 และ 20 % มาแช่แก้วมังกรตัดแต่งเพื่อช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงค่าสี (b^*) และมีความเป็นไปได้สามารถเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายได้นาน 4 วัน

เอกสารอ้างอิง

จันทร์สุดา จงสวัสดิ์, 2540, คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลไม้สดพร้อมบริโภค (มะละกอ ฝรั่ง และแคนตาลูป), วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลำแพน ขวัญพูล, 2555, กลไกการช้ำในผลไม้, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 30(2): 107-116.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2545, แก้วมังกร : พืชเศรษฐกิจ ผลไม้สุขภาพ, สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

Abano, E.E., Sam-Amoah, L.K., Owusu, J. and Engmann, F.N., 2013, Effect of Ascorbic Acid, Salt, Lemon Juice and Honey on Drying Kinetics and Sensory Characteristic of Dried Mango, Croatian Journal of Food Science and Technology, 5(1): 1-10.

Alam, S., Kaur, B., Gupta, K. and Kumar, S., 2013, Studies on Refrigerated Storage of Minimally Processed Papaya (*Carica papaya* L.), Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 15(4): 275-280.

Van, L.V., Sila, D.N., Duvetter, T., Baerdemaeker, J.D. and Hendrickx, M., 2008, Effect of Mechanical Impact-bruising on Polygalacturonase and Pectinmethylesterase Activity and Pectin Cell Wall Components in Tomato Fruit, Postharvest Biology and Technology, 47: 98-106.

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernandez-Lopez, J. and Perez-Alvarez, J.A., 2008, Functional Properties of Honey, Propolis and Royal Jelly, Journal of Food Science, 73: 117-124.

Woo, K.K., Ngou, F.H., Ngo, L.S., Soong, W.K. and Tang, P.Y., 2011, Stability of Betalain Pigment from Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*), American Journal of Food Technology, 6(2): 140-148.

Yi, S.M., Zhu, J.L., Fu, L.L. and Li, J.R., 2010, Tea Polyphenols Inhibit *Pseudomonas aeruginosa* through Damage to the Cell Membrane, International Journal of Food Microbiology, 144(1): 111-117.

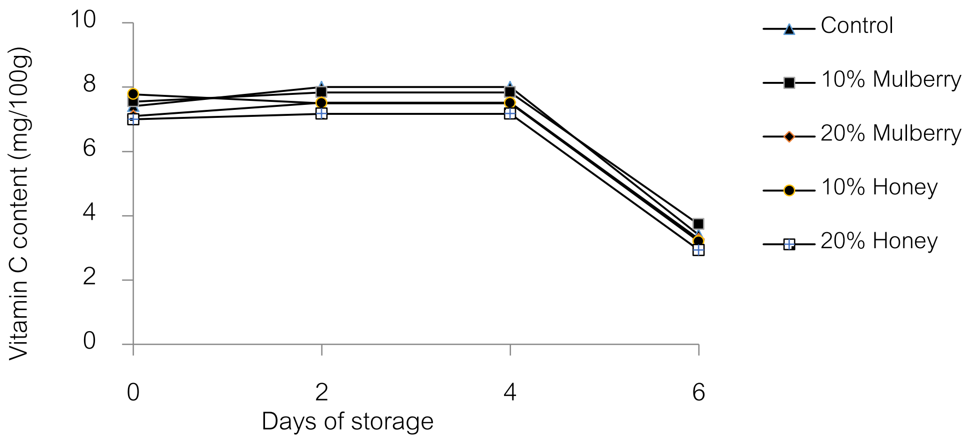


Figure 1 Vitamin C content of fresh-cut dragon fruit stored at 10 °C

Table 1 Weight loss, total soluble solids, vitamin C content, L*, a* and b* of fresh-cut dragon fruit stored at 10 °C

Parameters	Treatments	Time of storage (Days)			
		0	2	4	6
Weight loss (%)	Control	0.00 ± 0.00^{cA}	0.22 ± 0.09^{bC}	0.99 ± 0.25^{aB}	1.18 ± 0.23^{aB}
	10% Mulberry	0.00 ± 0.00^{dA}	0.52 ± 0.04^{cB}	1.35 ± 0.42^{bA}	2.18 ± 0.28^{aA}
	20% Mulberry	0.00 ± 0.00^{dA}	0.72 ± 0.20^{cA}	1.67 ± 0.24^{bA}	2.76 ± 0.29^{aA}
	10% Honey	0.00 ± 0.00^{bA}	0.43 ± 0.06^{aB}	0.86 ± 0.38^{aB}	0.74 ± 0.07^{aC}
	20% Honey	0.00 ± 0.00^{bA}	0.44 ± 0.04^{aB}	0.79 ± 0.43^{aB}	0.70 ± 0.42^{aC}
Total Soluble Solids (˚Brix)	Control	11.30 ± 0.10^{cA}	11.70 ± 0.26^{cA}	12.30 ± 0.30^{bA}	13.17 ± 0.29^{aA}
	10% Mulberry	11.30 ± 0.20^{cA}	$11.60 \pm 0.2b^{cA}$	11.70 ± 0.20^{bB}	13.50 ± 0.20^{aA}
	20% Mulberry	10.57 ± 0.15^{dB}	11.60 ± 0.26^{cA}	12.47 ± 0.06^{bA}	13.43 ± 0.06^{aA}
	10% Honey	11.50 ± 0.30^{cA}	11.60 ± 0.36^{cA}	12.50 ± 0.30^{bA}	13.37 ± 0.32^{aA}
	20% Honey	11.60 ± 0.20^{cA}	11.40 ± 0.17^{cA}	12.50 ± 0.46^{bA}	13.60 ± 0.17^{aA}
Firmness (N)	Control	12.54 ± 0.42^{aA}	11.48 ± 0.10^{bB}	10.10 ± 0.08^{cB}	10.50 ± 0.42^{cA}
	10% Mulberry	11.78 ± 0.20^{aB}	11.52 ± 0.21^{aB}	10.10 ± 0.02^{bB}	9.40 ± 0.22^{cB}
	20% Mulberry	11.86 ± 0.19^{aB}	11.20 ± 0.10^{bC}	10.35 ± 0.14^{cB}	9.68 ± 0.06^{dB}
	10% Honey	12.50 ± 0.35^{aA}	11.80 ± 0.02^{bA}	10.42 ± 0.37^{cA}	10.44 ± 0.23^{cA}
	20% Honey	12.87 ± 0.63^{aA}	11.71 ± 0.12^{bA}	10.53 ± 0.14^{cA}	8.41 ± 0.23^{dC}
L* value	Control	61.30 ± 0.41^{cB}	62.83 ± 0.95^{bB}	62.59 ± 0.02^{bB}	66.28 ± 0.03^{aB}
	10% Mulberry	63.62 ± 0.55^{bA}	64.45 ± 0.75^{aA}	65.31 ± 0.32^{aA}	65.46 ± 0.87^{aB}
	20% Mulberry	61.58 ± 0.35^{bB}	62.30 ± 0.92^{bB}	61.30 ± 0.15^{bB}	68.84 ± 0.49^{aA}
	10% Honey	62.49 ± 0.47^{aB}	61.72 ± 0.88^{aB}	60.38 ± 0.50^{bC}	62.14 ± 0.27^{aC}
	20% Honey	58.71 ± 0.32^{cC}	60.85 ± 0.33^{bC}	61.80 ± 0.21^{bB}	62.58 ± 0.41^{aC}
a* value	Control	-1.54 ± 0.03^{dA}	-0.85 ± 0.01^{cB}	-0.74 ± 0.04^{bC}	-0.66 ± 0.03^{aA}
	10% Mulberry	-1.55 ± 0.00^{cA}	-0.79 ± 0.03^{bB}	-0.55 ± 0.03^{aA}	-0.73 ± 0.02^{bB}
	20% Mulberry	-1.46 ± 0.07^{bA}	-0.78 ± 0.00^{aB}	-0.74 ± 0.00^{aC}	-0.72 ± 0.03^{aB}
	10% Honey	-1.47 ± 0.15^{bA}	-0.75 ± 0.13^{aB}	-0.66 ± 0.03^{aB}	-0.70 ± 0.03^{aB}
	20% Honey	-1.55 ± 0.04^{bA}	-0.63 ± 0.01^{aA}	-0.70 ± 0.01^{aC}	-0.68 ± 0.03^{aA}
b* value	Control	4.83 ± 0.16^{cB}	5.20 ± 0.08^{bB}	5.60 ± 0.09^{aA}	5.48 ± 0.34^{aB}
	10% Mulberry	4.79 ± 0.20^{cB}	6.18 ± 0.27^{aA}	5.55 ± 0.50^{bA}	5.74 ± 0.11^{aA}
	20% Mulberry	4.52 ± 0.16^{dB}	5.07 ± 0.00^{cB}	5.41 ± 0.16^{bA}	5.95 ± 0.05^{aA}
	10% Honey	5.16 ± 0.22^{aA}	5.60 ± 0.32^{aB}	5.15 ± 0.24^{aB}	5.22 ± 0.12^{aB}
	20% Honey	5.12 ± 0.02^{aA}	5.02 ± 0.09^{aB}	5.34 ± 0.28^{aB}	5.26 ± 0.74^{aB}

$^{a\text{-}d}$ Different superscripts letters in the same row indicate significant differences ($p<0.05$)

$^{A\text{-}D}$ Different superscripts letters in the same column indicate significant differences ($p<0.05$)

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิก และวิตามินซีในโปรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ

Antioxidant, Phenolic and Vitamin C Content in Probiotic 'Khake Dam' Papaya Smoothie

พริมา พิริยางกูร[1] นันท์นภัส ขำโต[2] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]

Phiriyangkul, P.[1], Khamto, N.[2] and Poubol, J.[2]

Abstract

This study was aimed to evaluate antioxidant, phenolic and vitamin C contents in probiotic *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) and *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) (1.5 x 10^8 CFU/mL) 'Khake Dam' papaya smoothie. The data were analyzed every week during storage at 4°C, as compare with the control (un-inoculated 'Khake Dam' papaya smoothie). Resulted showed that antioxidants were increased during storage, with the highest antioxidant was found at the 4th week of storage which they ranged of 0.57-0.68 mg ascorbic acid equivalent (AAE)/mL and 0.48-0.58 mg vitamin E equivalent/mL. Although phenolic content trended to decrease during storage, vitamin C content trended to increase ($p<0.05$) at the 2nd week of storage which the highest vitamin C was found at the 4th week of storage (56.94-62.80 mg/g). Thus, the consumer should consume probiotic papaya smoothie after 2 weeks at 4°C storage in order to maximize the health benefit.

Keywords: papaya, probiotic, antioxidant, vitamin C

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สารฟีนอลิก และวิตามินซีในมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมเชื้อโปรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) และ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) (1.5 x 10^8 CFU/มิลลิลิตร) วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงทุกสัปดาห์ของเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยใช้มะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่ไม่ได้เติมเชื้อโปรไบโอติกเป็นชุดควบคุม ผลการทดลองพบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บรักษา โดยมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่าวิตามินซีประมาณ 0.57-0.68 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเทียบเท่าวิตามินอี 0.48-0.58 มิลลิกรัมวิตามินอีต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิ ตามินซีพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา และมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา (56.94-62.80 มิลลิกรัมต่อกรัม) ดังนั้นผู้บริโภคควรดื่มมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อประโยชน์สูงสุดต่อสุขภาพ

คำสำคัญ: มะละกอ โปรไบโอติก สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี

คำนำ

มะละกอ (*Carica papaya L.*) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่อยู่ในวงศ์ Caricaceae ซึ่งผลมะละกอเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาล วิตามินซี แคโรทีนอยด์ ค่อนข้างสูง มีกลิ่นและรสชาติดี (Bari และคณะ, 2006) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น พอลีฟีนอล (polyphenols) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) วิตามินซี และวิตามินอี ในปริมาณที่สูง (Maisarah และคณะ, 2013) มีรายงานว่าสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ไลโคปีน (lycopene) บีต้า-คริปโตแซนทีน (β-cryptoxanthin) และ บีต้า-แคโรทีน (β-carotene) มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลสุก (Sancho และคณะ, 2011) ซึ่งมะละกอพันธุ์แขกดำ (Khake Dum) เป็นมะละกอที่นิยมปลูกในประเทศไทย (Chan และ Paull, 2008) ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และมีโปรไบโอติกซึ่งช่วยให้เกิดสภาวะสมดุลของแบคทีเรียในลำไส้ (Martins

[1]สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140 [1]Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2]สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

และคณะ, 2013) มีรายงานว่าอาหารเสริมโปรไบโอติกจากผักผลไม้ช่วยป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง (chronic diseases) (Hauly และคณะ, 2005) อีกทั้งผลมะละกอมีน้ำตาลฟรุกโตสซึ่งให้พลังงานต่ำกว่าซูโครส (MacFarlene และคณะ, 2008) หากสามารถนำมะละกอมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกแทนน้ำนมที่มีราคาแพงแล้ว ยังช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการบริโภคผลิตภัณฑ์นม และยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับมะละกอได้อีกด้วย ซึ่งเครื่องดื่มโปรไบโอติกที่ผลิตจากผักผลไม้ (non-daily probiotic) กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากอาหารดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหาการแพ้นม (milk allergy) หรือผู้ที่แพ้น้ำตาลแลกโตสในน้ำนม (lactose intolerance) ได้ จุฑาทิพย์และคณะ (2558) พบว่าเมื่อเก็บรักษาน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมจุลินทรีย์โปรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338 และ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกได้นานถึง 4 สัปดาห์ โดยเชื้อมีอัตราการอยู่รอดสูงกว่า 10^6 CFU/g

งานวิจัยนี้ต่อยอดจากงานวิจัยของจุฑาทิพย์และคณะ (2558) โดยศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิก และวิตามินซีในมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ ที่เติมและไม่เติม (ชุดควบคุม) lactic acid bacteria สายพันธุ์ *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338 และ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกในน้ำผลไม้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตน้ำมะละกอสมูทตี้ผสมโปรไบโอติก (อัตราส่วนเนื้อมะละกอสุก 1 กิโลกรัม : น้ำ 500 มิลลิลิตร) โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดทดลอง โดยชุดที่ 1 น้ำมะละกอสมูทตี้ที่ไม่เติมเชื้อโปรไบโอติก (ชุดควบคุม) ชุดที่ 2 เป็นน้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และชุดที่ 3 น้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) โดยเติมเชื้อโปรไบโอติกในน้ำมะละกอสมูทตี้ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 1.5×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิก ทุกสัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie และ Strain, 1996) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซีและวิตามินอี ซึ่งใช้เป็นตัวแทนสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายน้ำและละลายในไขมัน วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton และคณะ, 1999) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิคแอซิด วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Rahman และคณะ, 2007) วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และวิตามินซีของน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ พบว่าในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา น้ำมะละกอสมูทตี้ในชุดควบคุมและน้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมจุลินทรีย์โปรไบโอติกทั้งสองสายพันธุ์ มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่าวิตามินซีและวิตามินอีอยู่ในช่วง 0.34-0.39 และ 0.29-0.33 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา และมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา (เทียบเท่าวิตามินซี 0.57-0.68 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และวิตามินอี 0.48-0.58 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) (รูปที่ 1A และ 1B) การเพิ่มขึ้นของสารต้านอนุมูลอิสระสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของวิตามินซีและสอดคล้องกับรายงานของ Sancho และคณะ (2011) ที่พบว่าความเข้มข้นของวิตามินซีแปรผันตรงกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในขณะที่สารประกอบฟีนอลิกรวมในทุกชุดการทดลองมีปริมาณลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกไม่เสถียรและสามารถเปลี่ยนแปลงง่ายโดยเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเคมีภายหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาหรือกระบวนการทางอาหาร (Es-Safi และคณะ, 2007) โดยน้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมจุลินทรีย์โปรไบโอติก *L. casei* (TISTR 1463) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกคงเหลือ (0.93±0.02 มิลลิกรัม แกลลิคแอซิดต่อมิลลิลิตร) ซึ่งมากกว่าน้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมจุลินทรีย์โปรไบโอติก *L. acidophilus* (TISTR 1336) (0.75±0.03 มิลลิกรัม แกลลิคแอซิดต่อมิลลิลิตร) และน้ำมะละกอสมูทตี้ในชุดควบคุม (0.63±0.01 มิลลิกรัม แกลลิคแอซิดต่อมิลลิลิตร) เมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ (รูปที่ 1C) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ พริมาและคณะ (2558) ที่พบว่าในนมถั่วเหลืองโปรไบโอติก สารประกอบฟีนอลิกรวมมีปริมาณลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากเชื้อโปรไบโอติกสามารถใช้เอนไซม์ไฟเตสได้ จึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Subrota และคณะ, 2013) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี พบว่าน้ำมะละกอสมูทตี้ในชุดควบคุม มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยปริมาณวิตามินซีในน้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมจุลินทรีย์โปรไบโอติก *L.*

casei (TISTR 1463) และ *L. acidophilus* (TISTR 1336) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณ 70.10±0.30 มิลลิกรัมวิตามินซีต่อกรัม และ 61.19±0.18 มิลลิกรัมวิตามินซีต่อกรัม ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณวิตามินซีจะลดลงและคงที่ (รูปที่ 1D) ซึ่งสาเหตุการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ยังไม่มีรายงานการศึกษาที่แน่ชัด แต่แบคทีเรียบางชนิดสามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้จากน้ำตาลกลูโคส (Bremus และคณะ, 2006) ปัจจุบันมีเพียงรายงานการสังเคราะห์ วิตามินบี 9 วิตามินบี 12 วิตามินบี 2 และวิตามินเค จาก lactic acid bacteria เท่านั้น (Patel และคณะ, 2013) ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงสาเหตุการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มโปรไบโอติก และการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำต่อไปในอนาคต เพื่อเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

สรุปผล

ผู้บริโภคควรบริโภคน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์สูงสุดจากการดื่มน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ เมื่อพิจารณาจากปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิกรวม และวิตามินซี

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากทุนสนับสนุนทุนวิจัย สาขาวิชาชีววิทยา สาขาวิชาพันธุศาสตร์ สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2559 โครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2558 ทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนและหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, นันท์นภัส ขำโต และพริมา พิริยางกูร, 2558, การมีชีวิตอยู่รอดของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46: 125-128.

พริมา พิริยางกูร รัชฎา เลกุล และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2558, ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในเครื่องดื่มนมถั่วเหลืองโปรไบโอติก, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46: 609-612.

Bari, L., Hassa, P., Absar, N., Haque, M.E., Khuda, M.I.I.E. and Pervin, M.M., 2006, Nutritional Analysis of Two Local Varieties of Papaya (*Carica papaya* L.) at Different Maturation Stages, Pakistan Journal of Biological Sciences, 9: 137–140.

Benzie, I.F.F. and Stain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as Measure Of Antioxidant Power: The FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239: 70–76.

Bremus, C., Herrmann, U., Bringer-Meyer, S. and Sahm, H., 2006, The Use of Microorganisms in L-ascorbic acid Production, Journal of Biotechnology, 124: 196-205.

Chan, Y.K. and Paull, R.E., 2008, Papaya *Carica papaya* L., Caricaceae. In J. Janick, & R. E. Paull (Eds.), Encyclopedia of Fruit and Nuts (pp. 237-247), Wallingford, United Kingdom: CABI.

Es-Safi, N.E., Ghidouche, S. and Ducrot, P.H., 2007, Flavonoids: Hemisynthesis, Reactivity, Characterization and Free Radical Scavenging Activity, Molecules, 12: 2228-2258.

Hauly, M.C.O., Fuchs, R.H.B. and Prudencio-Ferreira, S. H., 2005, Soymilk Yogurt Supplemented with Fructo-Oligosaccharides: Probiotic Properties and Acceptance, Brazilian Journal of Nutrition, 18: 613-622.

MacFarlene, G.T., Steed, H. and MacFarlene, S., 2008, Bacterial Metabolism and Health-related Effects of Galacto-Oligosaccharides and other Prebiotics, Journal of Applied Microbiology, 104: 305-344.

Maisarah, A.M., Nurul Amira, B., Asmah, R. and Fauzizh, O., 2013, Antioxidant Analysis of Different Parts of *Carica papaya*, International Food Research Journal, 20(3): 1043-1048.

Martins, E.M.F., Ramos, A.M., Vanzela, E.S.L. Stringheta, P.C., Pinto, C.L.O. and Martins, J.M., 2013, Products

of Vegetable Origin: A New Alternative for the Consumption of Probiotic Bacteria, Food Research International, 51: 764-770.

Patel, A., Shah, N. and Prajapati, J.B., 2013, Biosynthesis of Vitamins and Enzymes in Fermented Foods by Lactic Acid Bacteria and Related Genera – A Promising Approach, Croatian Journal of food Science and Technology, 5: 85-91

Rahman, M.M., Khan, M.M. and Hosain, M.M., 2007, Analysis of Vitamin C (Ascorbic Acid) Contents in Various Fruits and Vegetables by UV-spectrophotometry, Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research, 42(4): 417-424.

Sancho, L.E. G.-G., Yahia, E.M. and Gonzalez-Aguilar, G.A., 2011, Identification and Quantification of Phenols, Carotenoids, and Vitamin C from Papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) Fruit Determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI, Food Research International 44: 1284-1291.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M., 1999, Analysis of Total Phenols and other Oxidation Substrates by Means of Folin-Ciocalteu Reagent, Methods in Enzymology, 299: 152–178.

Subrota, H., Shilpa, V, Brij, S., Vandna, K. and Surajit, M., 2013, Antioxidative Activity and Polyphenol Content in Fermented Soy Milk Supplemented with WPC-70 by Probiotic Lactobacilli, International Food Research Journal 20(5): 2125-2131.

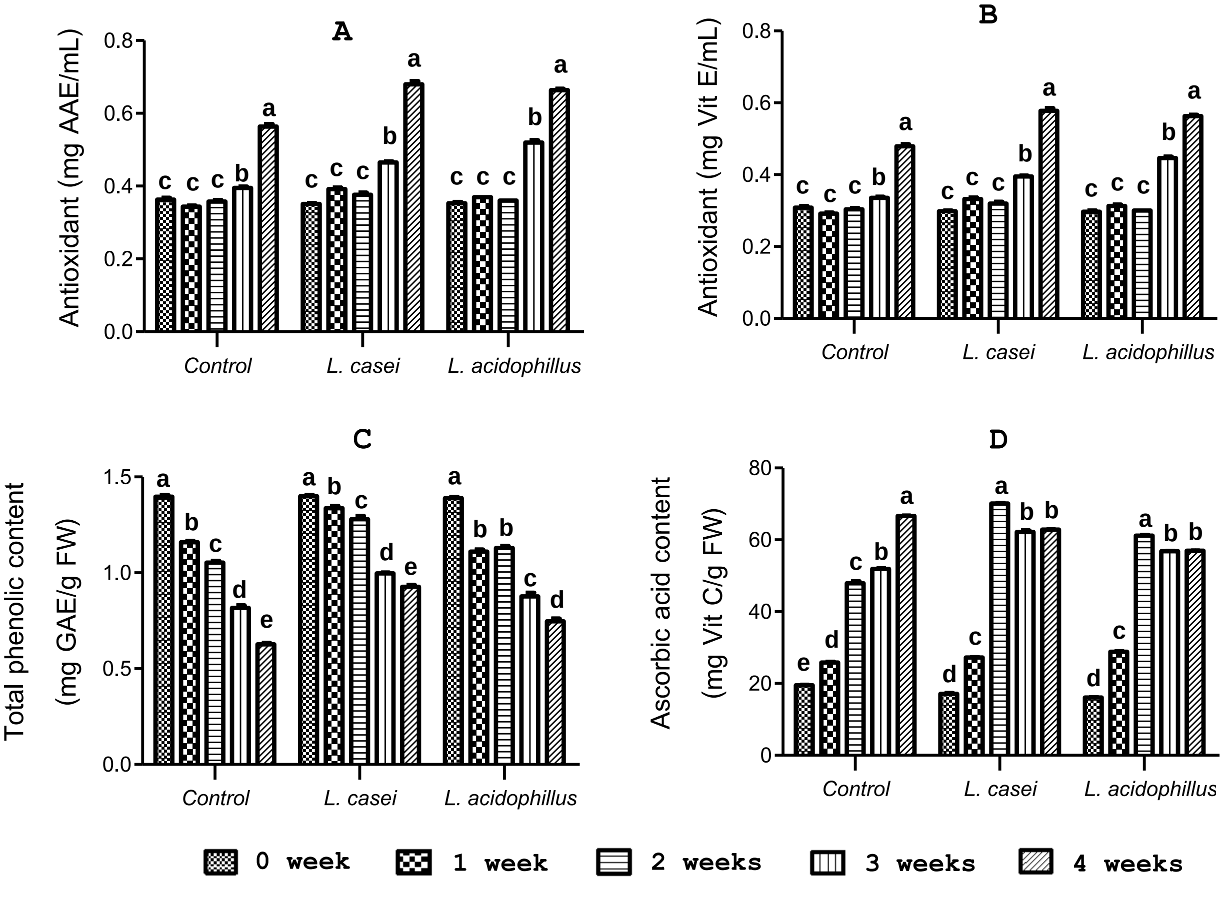


Figure 1 Antioxidant (A and B), total phenolic (C) and ascorbic acid (D) contents of 'Khake Dam' papaya smoothie with probiotic *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *L. acidophilus* (TISTR 1336) and without probiotic (control) stored at 4°C for 4 weeks.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่จากกล้วยผงทดแทนเพียงบางส่วน

Development Noodles from Partial Substitution of Banana Powder

ชลิดา ชลไมตรี[1] สุกัญญา เอี่ยมลออ[1] สายลม สัมพันธ์เวชโสภา[2] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,3,]

Cholmaitri, C.[1], Aiamla-Or, S.[1], Sampanvejsobha, S.[2] and Uthairatanakij, A.[1,3]

Abstract

Banana powder has been be used as main ingredient in many health products. This study was conducted to develop noodles using 'Kluai Hom', 'Kluai Khai' and 'Kluai Namwa' powders. The powders at PCI1 (unripe) and PCI 2 (half-ripe) ripening stages were dried (tray and spray drying). Noodles were prepared by substituting wheat with 10% banana powder compared with the control (100% wheat flour). Sensory analysis found no difference between banana noodles and the control sample for sensory attributes (color, stickiness, odor, flavor and overall acceptance). Type of banana, ripening stage, and drying process were also not affect significantly on sensory characteristics, but affected chemical properties. The control had moisture content (22.1820%) lower than banana noodles (29.2181-33.7628%), fructooligosaccharides (FOS) and inulin contents in the control samples were 0.015% and 0.020 mg/100g dry weight, while banana noodles were 0.010-0.019% and 0.024-0.078 mg/100g dry weight, respectively.

Keywords: tray drying, spray drying, fructooligosaccharides, inulin

บทคัดย่อ

กล้วยผงสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหลักในผลิตภัณฑ์กล้วยเพื่อสุขภาพหลายชนิด งานวิจัยนี้ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่จากกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าผง โดยใช้กล้วยผงที่ระดับการสุก PCI 1 (กล้วยดิบ) และ PCI 2 (กล้วยห่าม) ที่ผ่านวิธีการอบแห้ง (แบบถาดและแบบพ่นฝอย) บะหมี่ถูกเตรียมโดยใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 10% เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (แป้งสาลี 100%) จากการทดลองพบว่า การประเมินทางประสาทสัมผัส (สี ความเหนียว กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวม) ไม่แตกต่างกันระหว่างผลิตภัณฑ์บะหมี่จากกล้วยผงและตัวอย่างควบคุม ชนิดของกล้วย ระยะการสุก และวิธีการอบแห้ง ไม่มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส แต่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมี โดยตัวอย่างควบคุมมีปริมาณความชื้น (22.1820%) น้อยกว่าบะหมี่กล้วยผง (29.2181-33.7628%) ปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) และอินนูลิน ในตัวอย่างควบคุมมีปริมาณ 0.015% และ 0.020 mg/100g dry weight ในขณะที่บะหมี่กล้วยผงมีปริมาณ 0.010- 0.019% และ 0.024-0.078 mg/100g dry weight ตามลำดับ

คำสำคัญ: การอบแห้งแบบถาด การอบแห้งแบบพ่นฝอย ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ อินนูลิน

คำนำ

ผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ทำจากแป้งข้าวสาลี มีรายงานว่า มักขาดคุณค่าทางโภชนาการหลัก เช่น dietary fiber, vitamins และแร่ธาตุ ซึ่งสิ่งเหล่านี้สูญเสียไปขณะแป้งสาลีผ่านกระบวนขัดขาว (Maberly, 2003) อีกทั้งผู้บริโภคบางกลุ่มต้องการหลีกเลี่ยงอาหารจากแป้งสาลีหรือมีอาการแพ้โปรตีนในแป้งสาลี ประกอบกับ ประเทศไทยมีการปลูกกล้วยจำนวนมาก และมีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมาก ดังนั้น จึงน่าจะนำมาแปรรูป เพื่อให้มีอายุการเก็บได้นานขึ้น การทำแป้งกล้วย

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150, Thailand

[2] สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

[2] Learning Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[3] Center for Research and Development of Tropical and Sub-Tropical Crops, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) Bangkuntien, Bangkok 10150

เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บ และสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์บะหมี่ ก๋วยเตี๋ยว และสปาเกตตี้ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เพิ่มมูลค่าและลดการสูญเสียได้ (Demirel และ Turhan, 2003) อีกทั้งกล้วยประกอบด้วยสารที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ เช่น Resistant starch และ Non-starch polysaccharides รวมถึงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ กล้วยผงจึงมีคุณสมบัติเป็น Resistant starch มีความทนทาน ไม่สามารถดูดซึมผ่านผนัง cell ของลำไส้เล็กของคนได้ มีอัตราย่อยสลายจากแป้งเป็นน้ำตาล glucose ได้ช้า ช่วยลดอัตราการดูดซึมและการเปลี่ยนเป็นพลังงานทำให้ร่างกายได้รับพลังงานที่ต่ำลง ทำให้ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ ทำให้แป้งกล้วยมีค่า Glycemic index ต่ำ และ ยังช่วยให้ระบบทางเดินอาหารทำงานได้ดี (Singh และคณะ, 2015) นอกจากนี้ resistant starch ในกล้วย ยังถือว่าเป็น prebiotic เป็นอาหารที่ดีสำหรับ lactobacillus ช่วยให้การทำงานของระบบทางเดินอาหารเป็นปกติ ลดอัตราเสี่ยงต่อโรคอายุรกรรมต่างๆได้ เช่น โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหลอดเลือดอุดตัน โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น (Parfait และคณะ, 2009) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่จากกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าผงทดแทนแป้งสาลีบางส่วน

อุปกรณ์และวิธีการ

กระบวนการผลิตกล้วยผงด้วยวิธีทำแห้งแบบถาด

นำกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้า (ระดับการสุก PCI 1 คือ เปลือกสีเขียว ผลแข็ง, PCI 2 คือ เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลืองมากขึ้นโดยมีสีเขียวประมาณ 70% สีเหลืองประมาณ 30%) แช่ใน 0.1% potassium metabisulphite (KMS) ประมาณ 30 นาที ลวกในน้ำเดือด 100°C นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้ง หั่นเป็นชิ้นบาง ประมาณ 0.5 เซนติเมตร ด้วยเครื่องเตรียมอาหาร (Bosch รุ่น MUM57830) จากนั้นเรียงชิ้นกล้วยบนถาดสแตนเลส อบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 12 ชั่วโมง หรือจนกล้วยแห้ง แล้วนำมาบดด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ (Bosch รุ่น MMB11R2) ให้ละเอียดและร่อนด้วยตะแกรง เก็บในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ

กระบวนการผลิตกล้วยผงด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย

กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยอาศัยหลักการใช้อากาศร้อนไหลผ่านอย่างรวดเร็วทำให้น้ำที่อยู่ในผลผลิตระเหยออกไป โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของผงแห้ง จากการทดลองนำกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้า (PCI 1, PCI 2) หั่นตามขวาง เป็นแว่นหนา 1 นิ้ว และแช่ 0.1% KMS เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล นานประมาณ 30 นาที จากนั้นผสมกล้วยบด(แยกตามชนิดกล้วย และระดับการสุก) และน้ำ ในอัตราส่วน 1:9 เติม maltodextrin DE 10 ในปริมาณ 4 และ 5% ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน แล้วปั๊มเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer, NIRO, Denmark) ด้วย peristaltic pump (500 series Watson-Marlow Ltd, Cornwall, United Kingdom) ควบคุมอุณหภูมิขาเข้าที่ 170±5°C อุณหภูมิขาออก 75±5°C, ความดันในห้องทำแห้งที่ 2 bars และเก็บตัวอย่างกล้วยผงในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ

การผลิตบะหมี่จากกล้วยผง

นำกล้วยผงทั้งกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าทั้ง 2 ระดับการสุก ที่ผ่านวิธีการทำแห้งแบบถาดและแบบพ่นฝอย ไปทดแทนแป้งสาลีในสูตรทำบะหมี่ (ดัดแปลงจาก Saifullah และคณะ, 2009) ซึ่งมีส่วนประกอบการทำบะหมี่ ดังนี้ กล้วยผง 10% (แยกตามชนิดกล้วย ระดับการสุก และวิธีทำแห้ง) แป้งสาลี 90% น้ำกรอง 50% เกลือ 1% และ Alkaline salt water 1% เปรียบเทียบกับบะหมี่ที่ไม่เติมกล้วยผง (ใช้แป้งสาลี 100%)

การทดสอบคุณภาพเส้นบะหมี่

การประเมินคุณภาพเส้นบะหมี่ทางประสาทสัมผัส (สี ความเหนียว กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวม) โดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ประเมินที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 20 คน และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ดังนี้ปริมาณ fructooligosaccharides (FOS) (Shiomi, 1992) และ inulin (Lingyun และคณะ, 2007)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale (สี ความเหนียว กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวม) ของผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ทำจากตัวอย่างกล้วยผงชนิดต่างๆ ที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดและแบบพ่นฝอย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งทำจากแป้งสาลี อาจเป็นเพราะว่าในการทดลองนี้ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีเพียง 10% จึงไม่แสดงความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมมากนัก โดยการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างควบคุม เท่ากับ 7.00 ส่วนตัวอย่างกล้วยผง อยู่ในช่วง 5.75-7.10 แสดงว่าผู้ทดสอบชอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง (Table 1) ขณะที่ชนิดของแป้ง (แป้งสาลี และ

กล้วยผง) วิธีการอบแห้ง และ ระดับการสุก มีผลต่อ ความชื้น, ปริมาณ FOS และ inulin ของผลิตภัณฑ์บะหมี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณความชื้น (22.1820%) น้อยกว่าตัวอย่างบะหมี่กล้วยผง (29.2181-33.7628%) และตัวอย่างควบคุมมีปริมาณ FOS และ inulin เท่ากับ 0.015% และ 0.020 mg/100g dry weight ตามลำดับ ส่วนบะหมี่กล้วยมีปริมาณ FOS และ inulin อยู่ในช่วง 0.010-0.019% และ 0.024-0.078 mg/100g dry weight ตามลำดับ (Table 2) โดยกล้วยผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอย มีสีขาว และเป็นผงละเอียดกว่า กล้วยผงที่ทำแห้งแบบถาด ซึ่งมีสีค่อนข้างคล้ำ ทั้งนี้เพราะ กล้วยที่อัดผ่าน atomizer บังคับให้มีขนาดเล็ก และได้เติม maltodextrin ซึ่งเป็นสาร carrier ทำหน้าที่เป็นตัวขนส่งและจับสารเคมีในอาหาร ตัวพาจะช่วยทำให้สารเหล่านี้ถูกความร้อนทำลายหรือระเหยได้น้อยลง ทำให้คุณสมบัติของอาหารที่ตัวพาจับเอาไว้ถูกปลดปล่อยออกมาหลังการคืนรูปอาหารแห้งนั้น ๆ (Douglas และ Glenn, 1982) โดยปริมาณ FOS และ inulin จะขึ้นอยู่กับระยะสุกของกล้วยและกระบวนการแปรรูปที่ใช้ (Sanchez และคณะ, 2008; Singh และคณะ, 2015)

สรุปผล

การเติมกล้วยผงที่ผลิตจากกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าผง โดยใช้กล้วยผงที่ระดับการสุก PCI 1 (กล้วยดิบ) และ PCI 2 (กล้วยห่าม) ที่ผ่านวิธีการอบแห้ง (แบบถาดและแบบพ่นฝอย) ทดแทนแป้งสาลีเพียง 10% ของปริมาณแป้งสาลี ไม่มีผลกระทบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ แต่ทำให้เส้นบะหมี่มีปริมาณ FOS และ inulin ซึ่งเป็นพฤกษเคมีที่สำคัญมากกว่าเส้นบะหมี่ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ดังนั้นเส้นบะหมี่ที่มีส่วนผสมของกล้วยผงจึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ และควรมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มสัดส่วนกล้วยผงในการผลิตบะหมี่เพื่อสุขภาพ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Demirel, D. and Turhan, M., 2003, Air-drying Behavior of Dwarf Cavendish and Gros Michel Banana Slices, Journal of Food Engineering, 59(1): 1-11.

Lingyun, W., Jianhua, W., Xiaodong, Z., Da, T., Yalin, Y., Chenggang, C., Tianhua, F. and Fan, Z., 2007, Studies on the Extracting Technical Conditions of Inulin from Jerusalem Artichoke Tubers, Journal of Food Engineering, 79: 1087-1093.

Maberly, G., 2003, Enriching Lives through Flour Fortification, [Online], Available: http://www.sph.emory.edu/wheatflour/ Training/Resources/Tech_Resources.htm [October 19, 2015].

Parfait, L., Fahrasmane, B. and Aurore, G., 2009, Bananas Raw Materials for Making Processed Food Products, Trends in Food Science and Technology, 20: 78–91.

Saifullah, R., Abbas, F.M.A., Yeoh, S.Y. and Azhar, M.E., 2009, Utilization of Green Banana Flour as a Functional Ingredient in Yellow Noodle, International Food Research Journal, 16: 373-379.

Sanchez, O., Guio, F., Garcia, D., Silva, E. and Caicedo, L., 2008, Fructooligosaccharides Production by *Aspergillus* sp. N74 in a Mechanically Agitated Airlift Reactor, Food and Bioproducts Processing, 86: 109-115.

Singh, S., Bala, N., Verma, A. and Srivastava, S., 2015, Development of Noodle Using Banana Peels as a Functional Ingredient, International Journal of Pure & Applied Bioscience, 3(1):87-91.

Douglas, M.C. and Glenn, P.E., 1982, Food and Food Production Encyclopedia, Van Nostrand Company, New York, 2305 p.

Table 1 Sensory evaluation of noodles from 'Kluai Hom Thong', 'Kluai Khai' and ' Kluai Namwa' powder.

Samples			Sensory evaluation				
Kind of dough	Drying process	PCI	Color	Stickiness	Odor	Flavor	Overall acceptance
Control			7.60±0.29	6.60±0.38	6.85±0.31	6.95±0.30	7.00±0.29
Kluai Hom Thong	Tray	1	6.50±0.31	6.55±0.26	6.85±0.29	6.50±0.24	6.45±0.24
		2	6.90±0.26	6.50±0.34	7.00±0.28	6.65±0.29	6.70±0.31
	Spray	1	7.10±0.34	6.10±0.36	6.85±0.33	6.45±0.30	6.75±0.29
		2	6.80±0.34	5.70±0.33	6.90±0.40	6.50±0.31	6.65±0.32
Kluai Khai	Tray	1	6.65±0.38	6.70±0.38	6.25±0.28	6.65±0.28	6.65±0.38
		2	6.25±0.34	6.85±0.31	6.10±0.27	6.35±0.29	6.25±0.34
	Spray	1	7.10±0.28	6.80±0.31	6.75±0.33	6.95±0.32	7.10±0.28
		2	6.56±0.38	6.80±0.35	6.60±0.35	6.85±0.35	6.56±0.38
Kluai Namwa	Tray	1	6.85±0.30	6.80±0.32	6.50±0.29	6.80±0.28	6.85±0.30
		2	5.75±0.33	6.90±0.39	6.00±0.36	6.25±0.27	5.75±0.33
	Spray	1	6.15±0.42	7.10±0.30	6.30±0.39	6.55±0.40	6.15±0.42
		2	6.40±0.31	6.65±0.34	6.20±0.28	6.30±0.30	6.40±0.31

Table 2 Chemical properties of noodles from 'Kluai Hom Thong', 'Kluai Khai' and ' Kluai Namwa' powder.

Samples			Sensory evaluation		
Kind of dough	Drying process	PCI	Moisture content (%)	FOS (%)	Inulin (mg/100g DW)
Control			22.1820±0.0349^{f}	0.015±0.001^{c}	0.020±0.004^{h}
Kluai Hom Thong	Tray	1	31.9003±0.2274^{b}	0.017±0.000^{ab}	0.048±0.005^{d}
		2	33.7628±0.3740^{a}	0.010±0.000^{f}	0.053±0.008^{c}
	Spray	1	30.2404±0.0113^{d}	0.014±0.000^{cd}	0.068±0.006^{b}
		2	31.9733±0.3877^{b}	0.010±0.000^{f}	0.078±0.009^{a}
Kluai Khai	Tray	1	29.2181±0.1767^{e}	0.018±0.000^{a}	0.028±0.001^{f}
		2	30.2318±0.0321^{d}	0.014±0.001^{cd}	0.027±0.002^{f}
	Spray	1	29.2320±0.2827^{e}	0.019±0.000^{a}	0.024±0.003^{g}
		2	30.8428±0.6630^{cd}	0.013±0.000^{d}	0.041±0.008^{e}
Kluai Namwa	Tray	1	30.3951±0.1366^{d}	0.015±0.000^{c}	0.025±0.000^{g}
		2	31.7727±0.2580^{b}	0.011±0.000^{ef}	0.028±0.001^{f}
	Spray	1	31.3988±0.0651^{bc}	0.013±0.000^{d}	0.025±0.001^{g}
		2	33.6036±0.3264^{a}	0.017±0.000^{ab}	0.028±0.002^{f}

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โครเก็ตเปลือกกุ้ง

Product Development of Shrimp Shell Croquette

ปิยพร เอามงคลสกุล[1] และ ธงชัย พุฒทองศิริ[1]

Aoumongkhunsakun, P.[1] and Puttongsiri, T.[1]

Abstract

Croquette is a snackmade from potatoes originally from France and popular in many countries. This research was conducted using dried shrimp shell to replace shrimp to reduce a cost of shrimp croquette. Response surface methodology and central composite design (CCD) were applied in order to determine the optimal drying condition of shrimp shell. The two independent variables in this experiment were temperature (70-80°C) and time (3-5 hr.) The optimal condition for tray drying was found to be 75°C and 3hrs. The predicted responses for optimize condition was moisture content of 4.34% and an a* value of 12.98, which based on a composite desirability value of 0.72. Shrimp shell powder was used to replace shrimp in the croquette recipe for 40, 50 and 60%. Shrimp croquette mixed with shrimp shell powder 50% showed that sensory scores of appearance, color, flavor, taste, texture, and overall liking were higher than another ratio.

Keywords: potato, croquette, drying, shrimp shell

บทคัดย่อ

โครเก็ตเป็นเมนูอาหารว่างที่ทำจากมันฝรั่งที่มีต้นกำเนิดจากฝรั่งเศสและเป็นที่นิยมในหลายประเทศ งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ผงเปลือกกุ้งทดแทนเนื้อกุ้งเพื่อลดต้นทุนในการผลิตโครเก็ตกุ้งโดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบเปลือกกุ้งด้วยการอบแห้งแบบถาด ใช้การทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง (RSM) และวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) โดยมีตัวแปรในการทดลองคือ อุณหภูมิการอบ (70-80 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาการอบ (3-5 ชั่วโมง) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งแบบถาดคือ อุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยสามารถพยากรณ์ความชื้นของเปลือกกุ้งอบแห้งได้ร้อยละ 4.34 และค่าความเป็นสีแดง (a*) เท่ากับ 12.98 โดยมีค่า desirability value อยู่ที่ 0.72 เมื่อนำผงเปลือกกุ้งไปทดแทนเนื้อกุ้งในสูตรโครเก็ตกุ้งในสัดส่วนร้อยละ 40, 50 และ 60 พบว่าโครเก็ตกุ้งที่ผสมผงเปลือกกุ้งร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สูงกว่าการใช้สัดส่วนอื่น

คำสำคัญ: มันฝรั่ง โครเก็ต การอบแห้ง เปลือกกุ้ง

คำนำ

โครเก็ต ต้นกำเนิดจากประเทศฝรั่งเศสเป็นคำที่แผลงมาจาก croquer เป็นคำฝรั่งเศสซึ่งหมายถึง กรอบ มีส่วนผสมของมันฝรั่งเป็นหลัก และมีการผสมหรือเนื้อสัตว์บด เช่น กุ้ง แล้วชุบเกล็ดขนมปังทอด เป็นอาหารที่ถูกเสิร์ฟก่อนอาหารจานหลัก ถือว่าเป็นอาหารที่ได้รับการนิยมทั่วโลก ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกกุ้งขาวเป็นจำนวนมาก ทำให้มีวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปจำนวนมากจากโรงงาน(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) นักวิจัยจึงพยายามนำวัสดุเศษเหลือมาใช้ประโยชน์ เช่น นำเปลือกกุ้งมาสกัดไคตินและไคโตซานเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ (Ravi Kumar, 2000 ในงานด้านการบริการอาหาร เช่น ในร้านอาหารจะมีการใช้หัวกุ้งในการทำซุป และ ซอสปรุงรส แต่เปลือกและหางกุ้งยังไม่นิยมใช้ในการทำอาหาร การหาแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกและหางกุ้งในเมนูอาหาร เพื่อลดปริมาณเปลือกกุ้งและเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกกุ้งจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ โดยนำเปลือกกุ้งมาผสมในเมนูอาหารที่ชื่อว่าโครเก็ตกุ้ง และยังเป็นการลดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะการเตรียมเปลือกกุ้งที่เหมาะสมในการผลิตโครเก็ตกุ้ง ซึ่งจะสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกกุ้งได้ นอกจากนั้นยังคาดหวังว่าโครเก็ตเปลือกกุ้งจะเป็นที่ยอมรับ สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ และเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจการจัดและบริการอาหารในด้านลดต้นทุนวัตถุดิบและใช้วัตถุดิบให้ได้ประโยชน์มากที่สุด และเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากการลดของเสียหรือขยะที่ต้องกำจัดต่อไป

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

[1] Faculty of Ago-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkung Round, Bangkok, 10520 Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตผงเปลือกกุ้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบลมร้อน

นำเปลือกกุ้งมาทำความสะอาดด้วยสารละลายน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 0.3 และผึ่งนาน 5 นาที นำมาอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด โดยอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยศึกษา ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง (X_1) 70-80 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการอบแห้ง (X_2) 3-4 ชั่วโมง ใช้วิธีการพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) ออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) จากนั้นนำเปลือกกุ้งมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง pin mill แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาวัดค่าสี (L* a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR-400) และวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000) เพื่อหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งเปลือกกุ้ง

2. ศึกษาปริมาณผงเปลือกกุ้งทดแทนเนื้อกุ้งในเมนูโครเก็ตเปลือกกุ้งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับ

นำผงเปลือกกุ้งที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 1 มาผสมในส่วนผสมโครเก็ตโดยใช้ผงเปลือกกุ้งทดแทนเนื้อกุ้งในสูตรโครเก็ตมาตรฐานร้อยละ 40 50 และ 60 ซึ่งโครเก็ตสูตรมาตรฐานมีส่วนประกอบดังนี้ มันฝรั่งร้อยละ 69.32 เนื้อกุ้งร้อยละ 15.6 เนยจืดร้อยละ 1.73 หอมหัวใหญ่สับร้อยละ 8.66 โชยุร้อยละ 0.87 เกลือร้อยละ 0.17 พริกไทยร้อยละ 0.17 น้ำตาลทรายร้อยละ 1.73 จากนั้นชุบด้วยแป้งสาลีอเนกประสงค์ ไข่ไก่ และเกล็ดขนมปังป่นละเอียด นำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที (ดัดแปลงจาก ญาตาวี, 2559) นำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นกุ้ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อเปรียบเทียบหาปริมาณผงเปลือกกุ้งที่ทดแทนเนื้อกุ้งแล้วผู้ชิมยังให้การยอมรับ

ผลการทดลอง

1. ผลอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตผงเปลือกกุ้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบลมร้อน

จากการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตผงเปลือกกุ้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดเพื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์โครเก็ตเปลือกกุ้ง ใช้วิธีการพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ออกแบบการทดลองแบบ (CCD) ได้ผลดัง Table 1 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) และความชื้นของเปลือกกุ้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความสีเหลือง (b*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และการเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง และความชื้นของเปลือกกุ้งเปลี่ยนแปลง โดยเปลือกกุ้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ความเป็นสีแดง และความชื้นของเปลือกกุ้งอบแห้งต่ำลง เมื่อนำผลที่ได้มาทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งอบลมร้อนแบบถาดของผงเปลือกกุ้ง โดยมีสมการทำนายค่าความเป็นสีแดงคือ $Y=51.33-1.842X_1+1.30X_2+0.01X_1^2$ มีค่า $R^2=0.87$ และสมาการทำนายความชื้นคือ $Y=1.47-3.42X_1-3.78X_2+0.02X_1^2$ มีค่า $R^2=0.92$ ตามลำดับ สามารถสร้างแผนภาพคอนทัวร์การเปลี่ยนแปลงดัง Figure1 และเมื่อทำนายสภาวะการอบเปลือกกุ้งที่เหมาะสมพบว่าสภาวะการอบเปลือกกุ้งที่เหมาะสมคือการใช้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้พิจารณาค่า composite desirability เท่ากับ 0.72 ซึ่งเป็นระดับความพึงพอใจที่ดี และทำนายได้ว่าเปลือกกุ้งผงที่มีความชื้นร้อยละ 4.34 และค่าความเป็นสีแดง 12.98 (Table 2)

2. ผลของปริมาณผงเปลือกกุ้งทดแทนเนื้อกุ้งในเมนูโครเก็ตเปลือกกุ้งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับ

จากการศึกษาปริมาณการใช้ผงเปลือกกุ้งทดแทนเนื้อกุ้งในเมนูโครเก็ตเปลือกกุ้ง โดยการใช้ผงเปลือกกุ้งร้อยละ 40 50 และ 60 จากนั้นนำตัวอย่างโครเก็ตที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ได้ผลการทดลองแสดงดัง Table 3 พบว่าการใช้ผงเปลือกกุ้งในปริมาณต่างกันมีผลต่อความชอบของโครเก็ตเปลือกกุ้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นกุ้ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และเมื่อใช้ปริมาณผงเปลือกกุ้งร้อยละ 50 ทดแทนเนื้อกุ้งทำให้โครเก็ตเปลือกกุ้งที่ได้มีคะแนนการยอมรับในด้านต่าง ๆ สูงกว่า การทดแทนเนื้อกุ้งด้วยเปลือกกุ้งที่ปริมาณร้อยละ 40 และ 60

วิจารณ์ผลการทดลอง

การหาสภาวะการอบเปลือกกุ้งด้วยวิธีการอบลมร้อนแบบถาดสามารถใช้ RSM ในการศึกษาได้ โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นสีแดง (a*) และความชื้นของเปลือกกุ้ง เกิดจากอุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูง และเวลานานส่งผลต่อสีเปลือกกุ้งมีความเป็นสีแดงน้อยลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Posomboon (1998) การอบที่อุณหภูมิต่ำที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่แนะนำในการอบเปลือกกุ้งเนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ยอมรับมากที่สุดทางด้านสี ส่วนความชื้นของเปลือกกุ้งต่ำลงเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบที่สูงขึ้น เนื่องจากการระเหยน้ำออก จากอาหารขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ ยิ่งอุณหภูมิสูงน้ำยิ่งออกไปได้เร็วขึ้นทำให้ใช้เวลาในการอบน้อยลง เมื่อนำเปลือก กุ้งอบแห้งมาบดแล้วใช้แทนเนื้อกุ้งในปริมาณที่แตกต่างกัน การใช้เปลือกกุ้งทดแทนเนื้อกุ้งร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด อาจเกิดจากปริมาณการใช้ผงเปลือกกุ้งที่สัดส่วนนี้ทำให้สีเข้มขึ้นเล็กน้อย และกลิ่นเปลือกกุ้งไปเสริมกลิ่นเนื้อกุ้งในผลิตภัณฑ์โครเก็ต และมีรายงานการใช้เปลือกกุ้งในผลิตภัณฑ์คุ้กกี้สามารถใช้เปลือกุ้งในส่วนผสมคุ้กกี้ได้ร้อยละ 10 มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี กลิ่น มากที่สุด นอกจากนั้นเปลือกกุ้งสามารถช่วยเพิ่มโปรตีนให้กับคุ้กกี้ได้ โดยปริมาณโปรตีนแปรตามปริมาณเปลือกกุ้งที่ใช้ Khan และ Nowsad (2012) เห็นได้ว่าการนำเปลือกกุ้งมาอบแห้งแล้วนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมีความเป็นไปได้ และเป็นการใช้วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าเปลือกกุ้งได้

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการอบเปลือกกุ้งด้วยวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด คือใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำให้เปลือกกุ้งที่อบแล้วมีความชื้น และมีค่าความเป็นสีแดงที่ดี และเมื่อนำผงเปลือกกุ้งมาผลิตเป็นโครเก็ตเปลือกกุ้งโดยใช้ผงเปลือกกุ้งร้อยละ 50 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ชิมให้การยอมรับสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณอาจารย์โสรยา เกิดพิบูลย์ที่ช่วยจัดหาตัวอย่างเปลือกกุ้งที่ใช้ในการวิจัย และเจ้าหน้าที่ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ญาตาวี ลิขิตสมบูรณ์, 2559, สูตรโครเก็ต, รายวิชาพัฒนาทักษะการจัดและบริการอาหาร, สาขาเทคโนโลยีการจัดการบริการอาหาร, คณะอุสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร

ดำเกิง ป้องพาล, 2008, การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่งจากการขยายพันธุ์วิธีต่าง ๆ, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

ผกาวดี นารอง, 2543, การใช้ประโยชน์จากเปลือกกุ้ง, วารสสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 หน้า 19-22.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สาคัญและแนวโน้มปี 2559: กุ้ง. กรุงเทพฯ, หน้า 199-212.

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

Khan, M., and Nowsad, A.K.M.A., 2012, Development of protein enrichhed shrimp shell crackers from shrimp shell wastes, Journal of the Bangladesh Agricultural University, 10: 367-374

Ravi Kumar, M.N.V., 2000, A review of chitin and chitosan applications, Reactive and Functional Polymers, 46 :1-27.

Posomboon, W., 1998, Processing effect on quality of dried shrimp, Master of Engineering Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, p. 110.

Table 1 Analysis of variance of independent variables on the response variables for shrimp shell powder

Source	df	Color (a*)	Moisture (%)
Model	5	9.60*	16.59*
X_1 (temperature)	1	8.22*	57.86*
X_2 (time)	1	30.69*	6.01*
X_1X_2	1	0.25	0.051
X_1^2	1	7.89*	8.11*
X_2^2	1	0.03	3.87
Lack of Fit	3	2.45	1.86
R^2	-	0.87	0.92

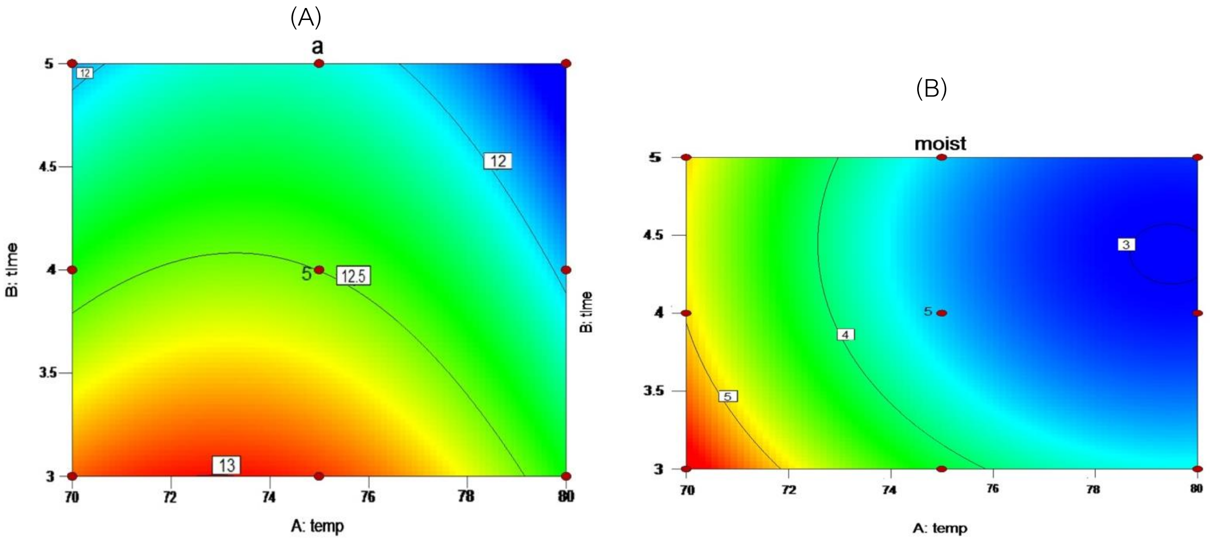


Figure 1 Contour plots for the effect of temperature and time on a* (A) and moisture content (B) of shrimp shell powder

Table 2 Optimization of Tray drying of shrimp shell powder from prediction

Response variable	Optimization of drying condition				
	Goal	Lower	Upper	Weight	Predicted Response
Temperature (°C)	minimize	70	80	1	75
Time (hr.)	minimize	3	5	1	3
Color (a*)	maximize	11.73	13.02	1	12.98
Moisture	minimize	3.02	5.55	1	4.34

Table 3 Sensory score of shrimp shell croquette with difference shrimp shell powder content

Shrimp shell powder (%)	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall like
40	7.30±0.75[a]	7.36±0.61[b]	7.26±0.74[b]	6.96±0.76[b]	6.86±0.86[b]	7.46±0.68[b]
50	7.60±0.81[a]	7.73±0.78[a]	7.96±0.81[a]	7.26±0.91[a]	7.33±0.80[a]	7.96±0.89[a]
60	6.93±0.74[b]	6.66±0.71[c]	6.63±0.76[c]	6.9±0.76[b]	6.36±0.56[c]	6.46±0.63[c]

a-c Means within the column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

ผลของโพแทสเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียภายหลังการเก็บเกี่ยว

Effects of Potassium Chloride and Calcium Chloride on Postharvest Qualities of ‘Pattavia’ Pineapple Fruit

อภิชัย เจนจบ[1] สุนทร โมลา[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] สุกัญญา เอี่ยมลออ[1] สายลม สัมพันธ์เวชโสภา[3] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2*]

Jenjob, A.[1], Mola, S.[1], Jitareerat, P.[1,2], Aiamla-Or, S.[1], Sampanvejsobha, S.[3] and Uthairatanakij, A.[1,2*]

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of monthly foliar sprays of 2% KCl and 6% $CaCl_2$ until harvest on postharvest quality of pineapple fruit. Harvested fruit were washed and dipped into 1,000 ppm carbendazim and dried before storage at 10°C. Fruit were separated into two groups; determined immediately or placed at ambient for 2 days. Results showed that fruit sprayed with KCl had the lowest internal browning and the lowest malondialdehyde content. Furthermore, fruit sprayed with KCl had the highest total ascorbic acid and phenolic content in pulp. While, hue angle of peel and pulp showed no difference compared to the control. In contrast, internal browning in fruit sprayed with $CaCl_2$ was not difference, but $CaCl_2$ significantly induced the highest MDA content. Fruit sprayed with KCl or $CaCl_2$ did not differ in titratable acidity and total soluble solids.

Keywords: pineapple fruit, potassium chloride, calcium chloride, internal browning

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่นปุ๋ยทางใบต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยพ่นสับปะรดด้วย KCl 2% และ $CaCl_2$ 6% เดือนละครั้งจนกระทั่งเก็บเกี่ยว จากนั้นนำสับปะรดล้างทำความสะอาดและจุ่มสารคาร์เบนดาซิม 1,000 ppm ผึ่งให้แห้ง เก็บที่อุณหภูมิ 10°C โดยแบ่งสับปะรดออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มแรกวิเคราะห์ผลทันที อีกกลุ่มย้ายไปวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน พบว่า สับปะรดที่พ่นด้วย KCl มีไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุด และปริมาณ MDA น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้เนื้อสับปะรดมีปริมาณวิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด แต่ไม่มีผลต่อค่า Hue angle ของสีเปลือกและเนื้อสับปะรดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในทางตรงกันข้ามสับปะรดที่พ่นด้วย $CaCl_2$ มีไส้สีน้ำตาลไม่แตกต่างกับชุดควบคุม แต่มีปริมาณ MDA มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามสับประรดที่พ่นด้วย KCl และ $CaCl_2$ มีปริมาณ TSS และ TA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: สับปะรด โพแทสเซียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ อาการไส้สีน้ำตาล

คำนำ

แคลเซียม (Ca^{2+}) เมื่อเกิดการรวมตัวกับโปรตีน (calcium-binding protein) สามารถทำหน้าที่เป็น secondary messenger เพื่อส่งสัญญาณให้พืชเกิดการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ในขณะที่โพแทสเซียม (K^+) เป็นธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจของพืชและควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ดังนั้นธาตุอาหารดังกล่าวจึงมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น (Hepler และ Wayne, 1985; Marschner, 1995) ธาตุอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพผลสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ก่อนเก็บเกี่ยวทำให้สับปะรดมีปริมาณแคลเซียมในแกนและเนื้อผลมากขึ้น และลดอาการไส้สีน้ำตาลได้ (Wijeratnam และคณะ 2003) และการให้โพแทสเซียมจำนวน 16 กรัมต่อต้น สามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่เก็บที่อุณหภูมิ 7 องศา

---

[1] **สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150**

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] **ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400**

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

[3] **สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140**

[3] Learning Institute, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

เซลเซียส ได้ (Soares และคณะ, 2005) มีรายงานผลการศึกษาการให้แคลเซียมคลอไรด์กับต้นสับปะรดระหว่างการเพาะปลูกและการพัฒนาของผล อัตรา 1.3 กรัมต่อต้น แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน พบว่าสามารถช่วยลดอาการไส้สีน้ำตาลลงได้ (Herath และคณะ, 2003) แต่อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ของสับปะรดมีผลต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับปะรด อิษยาและจริงแท้ (2551) พบว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณแคลเซียมสูงจึงแสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าพันธุ์ควีนที่มีแคลเซียมน้อย ทั้งนี้มีรายงานว่าปริมาณแคลเซียมเกี่ยวข้องกับการสร้างและรักษาความแข็งแรงให้กับเซลล์ (Picchioin และคณะ, 1995) การให้โพแทสเซียมหรือแคลเซียมกับพืชมักใช้ในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อสารดังกล่าวเกิดการแตกตัวให้ไอออน K^+, Ca^{2+} และ Cl^- ซึ่งไอออน Cl^- จะเกิดการสลายตัวได้ง่าย ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโพแทสเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียภายหลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ปลูกในเขตจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ หลังจากติดดอกระยะเวลา 1 เดือน ทำการพ่นด้วย KCl ความเข้มข้น 2% และ$CaCl_2$ ความเข้มข้น 6% เดือนละครั้ง เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้พ่นสาร (ชุดควบคุม) และเก็บเกี่ยวในระยะตามีสีเหลืองจำนวน 2 แถว คัดเลือกผลที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) นำผลสับปะรดมาตัดขั้วผลให้เหลือประมาณ 5 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดแล้วจุ่มด้วยสารคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้น 1,000 ppm ผึ่งให้แห้ง นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และทำการสุ่มสับปะรดทุก 7 วันแล้วแบ่งสับปะรดออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกทำการบันทึกผลทันที ส่วนอีกกลุ่มย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 2 วันเพื่อจำลองการวางจำหน่าย (7+2 และ14+2 วัน) บันทึกผล ดังนี้ สีเปลือกและสีเนื้อ (CHROMA METER CR - 400) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer PAL-1) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณสาร Phenolics (ดัดแปลงจาก Shahidi และ Naczk,1995) ปริมาณ malondialdehyde (MDA) (ดัดแปลงจาก Chung และคณะ, 2012) ปริมาณ ascorbic acid (ดัดแปลงจาก Roe และคณะ, 1948) และอาการไส้สีน้ำตาล (Selvarajah และคณะ, 2001)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Hue angle ของสีเปลือกและสีเนื้อสับปะรดทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1A,1B) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แล้วย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน พบว่า สับปะรดทุกกลุ่มการทดลองแสดงอาการไส้สีน้ำตาล โดยปรากฏอาการเพิ่มขึ้นเมื่อย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (รัศมี 2531; ปณิธาน, 2533) และพบว่าสับปะรดที่พ่นด้วยสารละลาย KCl 2% แสดงอาการไส้สีน้ำตาล น้อยกว่าทุกกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 2A) และมีปริมาณ MDA (Figure 2B) น้อยสอดคล้องกับ Soares และคณะ (2005) พบว่า โพแทสเซียมช่วยลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne และลดปริมาณ MDA ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ lipid peroxidation ที่ใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ (Imahori และคณะ, 2008) และยังสอดคล้องกับปริมาณ ascorbic acid ซึ่งในสับปะรดที่พ่นด้วย KCl 2% มีปริมาณมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 3B) นอกจากนี้ การเก็บรักษาผลสับปะรดนานขึ้นทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสับปะรดเพิ่มขึ้น (Figure 3A) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Uthairatanakij และคณะ (2013) พบว่าสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตาม สับปะรดที่พ่นด้วย KCl 2% และ $CaCl_2$ 6% มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Figure 4A) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Figure 4B) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับ Hong และคณะ (2013) พบว่าสับปะรดพันธุ์ Comte de Paris เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

สรุปผล

การพ่น KCl สามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้ โดยสับปะรดที่พ่นด้วย KCl ความเข้มข้น 2% แสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าการพ่นด้วย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 6% และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ MDA ที่พบน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าสับปะรดที่พ่นด้วย KCl ความเข้มข้น 2% มีปริมาณวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกและเนื้อสับปะรดเมื่อ

เปรียบเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามสับปะรดที่พ่นด้วย KCl และ $CaCl_2$ มีปริมาณ total soluble solids และ titratable acidity ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณวิจัยจากรัฐผ่านมหาวิทยาลัย (ว.1) ประจำปี 2557 และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ปณิธาน ส่องประทีป, 2533, ความสัมพันธ์ของลักษณะการลอยน้ำกับวัยและการเกิด chilling injury ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

รัศมี ฟักกลัด, 2531, อิทธิพลของระดับอุณหภูมิต่างๆ ในการเก็บรักษาผลสับปะรดสดต่อการเกิด chilling injury, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

อิษยา ภู่สิทธิกุล และ จริงแท้ ศิริพานิช, 2551, ความสัมพันธุ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรด, วิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่39 ฉบับพิเศษ 3. หน้า 176-179

Chung, K.T., Zainon, M.A. and Zamri, Z., 2012, Changes in ethylene production carbohydrase activity and antioxidant status in pepper fruits during ripening, Journal of Scientia Horticulturae. 142: 23-31.

Herath, H.M.I., Bandara, D.C. and Abeysinghe Banda, D.M.G., 2003, Effect of pre-harvest calcium fertilizer application on the control of internal browning development during the cold storage of pineapple 'Mauritius' (*Ananas comosus* (L.) Merr.), Journalof HorticulturalScience & Biotechnology78:762-767

Hepler, P.K., Wayne, R.O., 1985, Calcium and plant development, Annual Review of Plant Physiology 36: 394-439.

Hong, K., Xu, H., Wang, J., Zhang, L., Hu, H., Jia, Z., Gu, H., He, Q. and Gong, D., 2013, Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures, Scientia Horticulturae 151: 68-74.

Marschner, H., 1995, Mineral nutriention of higher plants, 2nd ed. New York, Academic Press, 889p.

Imahori, Y., Takemura, M. and Bai, J., 2008, Chilling-induced oxidative stress and antioxidant responses in mume (*Prunus mume*) fruit during low temperature storage, Postharvest Biology and Technology 49: 54-60.

Roe, J.H., Mills, M.B., Oesterling, M.J. and Damron, C.M., 1948, The determination of diketo-L-gulonic acid, dehydro- L-ascorbic acid, and L-ascorbic acid in the same tissue extract by the 2,4-dinitrophyenylhydrazine method, Journal of Biological Chemistry, 174: 201-208.

Picchioni, G.A., Wattada, A.E., Conway, W.S., Whitaker, B.D. and Sama, C.E., 1995, Phospholipid, Galactolipid, and Steryl Lipid Composition of Apple Fruit Cortical Tissue Following Postharvest $CaCl_2$ Infiltration, Phtochemistry 39: 763-769.

Selvarajah, S., Bachot, A.D., and John, P., 2001, Internal browning in cold stored pineapple is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology. 23: 167-170.

Soares, A.G., Trugo, L.C., Botrel, N. and Souza., L.F.S., 2005, Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of potassium, Postharvest Biology and technology 35: 201-207.

Shahidi, F. and Naczk, M., 1995, Food phenolics: sources, chemistry, effects, applications. Lancaster: Technomic Publishing Co. Inc.

Uthairatanakij, A., Jitareerat, P., Srilaong, V. and Photchanachai, S., 2013, Effect of gamma irradiation dose on postharvest quality and antioxidant activity of 'Trad Si Thong' pineapple, Acta Hortic., 1012: 829-835.

Wijeratnam, R.S.W., Hewajulige, I.G.N., Wijesundera, R.L.C. and Mbeysekere, M., 2003, Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple, Journal of the Science of Food and Agriculture, 83:1451-1454.

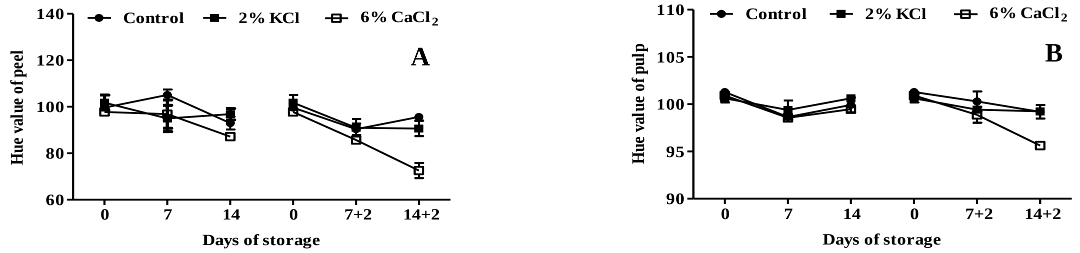


Figure 1 Hue angle of peel (A) and Hue angle of pulp (B) of pineapple cv. Pattavia sprayed monthly with 2% KCl and 6% $CaCl_2$ during fruit development. Harvested fruit were stored at 10°C.

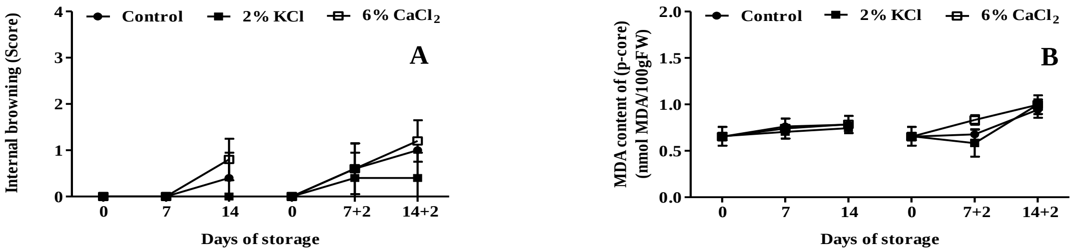


Figure 2 Internal browning (A) and Lipid peroxidation (B) of pineapple cv. Pattavia sprayed monthly with 2% KCl and 6% $CaCl_2$ during fruit development. Harvested fruit were stored at 10°C.

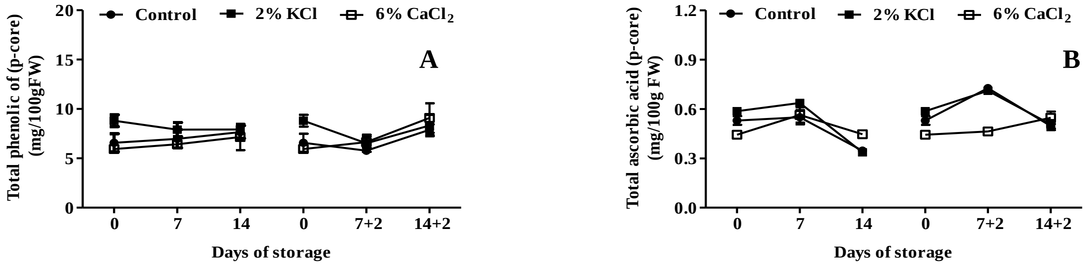


Figure 3 Phenolic compounds (A) and total ascorbic acid (B) of pineapple cv. Pattavia sprayed monthly with 2% KCl and 6% $CaCl_2$ during fruit development. Harvested fruit were stored at 10°C.

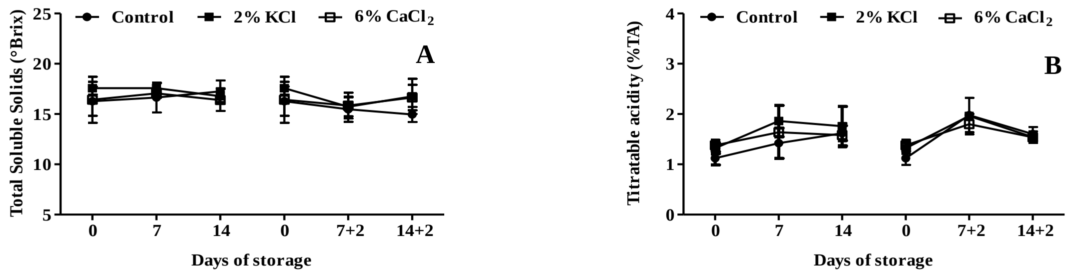


Figure 4 Total soluble solids (A) and Titratable acidity (B) of pineapple cv. Pattavia sprayed monthly with 2% KCl and 6% $CaCl_2$ during fruit development. Harvested fruit were stored at 10°C.

ความมีชีวิตและการงอกของละอองเรณูพืชสกุลหงส์เหินพื้นเมืองหกชนิดของประเทศไทย

Pollen Viability and Germination of Six Native *Globba* Species of Thailand

กิตติคุณ มุขตวาภัย[1] **และเฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์**[1]

Muktawapai, K.[1] and Wongchaochant, S.[1]

Abstract

The pollen viability and germination of six *Globba* species of Thailand were studied. The anthers were collected in early anthesis stage around 8:00 am. The pollen viability test, pollen grains were stained by Acetocarmine for 15 minutes before counted and observed a reddish pollen grain. The results showed that the pollen viability of *G. winitii*, *G. williamsiana*, *G. schomburgkii*, *G. globulifera*, *G. xantholeuca* and *G. explansa* were 92.33 ± 2.52, 91.66 ± 5.03, 88.66 ± 4.51, 70.33 ± 6.66, 67.33 ± 2.52, 44.33 ± 4.16%, respectively. For pollen germination test, the hanging drop method was applied. Pollen grains were cultured on modified liquid medium (Sakhanokho and Kanniah, 2010). The percentage of pollen germination of *G. winitii*, *G. williamsiana*, *G. schomburgkii*, *G. xantholeuca*, *G. explansa* and *G. globulifera* were 82, 76, 32, 30, 24, 21%, respectively.These results could clarify for pollen quality which really useful for hand pollination.

Keywords: Pollen viability, Pollen germination, *Globba*

บทคัดย่อ

ศึกษาความมีชีวิตและการงอกของละอองเรณูของพืชสกุลหงส์เหินของประเทศไทย 6 ชนิด โดยเก็บอับละอองเรณูในระยะเริ่มแรกของการออกดอกในช่วงเวลาประมาณ 8 โมงเช้า การศึกษาความมีชีวิตของละอองเรณู ใช้อะซีโตคาร์มีนย้อมละอองเรณู นาน 15 นาที และนับละอองเรณูที่ติดสีแดง ผลแสดงให้เห็นว่าความมีชีวิตของละอองเรณูของ *G. winitii*, *G. williamsiana*, *G. schomburgkii*, *G. globulifera*, *G. xantholeuca* และ *G. explansa* เท่ากับ 92.33 ± 2.52, 91.66 ± 5.03, 88.66 ± 4.51, 70.33 ± 6.66, 67.33 ± 2.52, 44.33 ± 4.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการศึกษาการงอกของละอองเรณู ใช้วิธี Hanging drop method โดยนำละอองเรณูมาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตรดัดแปลง (Sakhanokho and Rajasekaran, 2010) ผลการศึกษา พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเรณูของ *G. winitii*, *G. williamsiana*, *G. schomburgkii*, *G. xantholeuca*, *G. explansa* และ *G. globulifera* เท่ากับ 82, 76, 32, 30, 24, 21เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้สามารถทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องคุณภาพละอองเรณู ซึ่งมีความสำคัญในเรื่องของการผสมเกสร

คำสำคัญ: ความมีชีวิตของละอองเรณู การงอกของละอองเรณู พืชสกุลหงส์เหิน

คำนำ

พืชสกุลหงส์เหิน (*Globba*) เป็นไม้ดอกประเภทหัว มีถิ่นกำเนิดในเอเชียและโอเชียเนียเขตร้อนชื้น โดยศูนย์กลางการกระจายพันธุ์ คือ ประเทศไทย ซึ่งพบประมาณ 34 ชนิด 46 หน่วยอนุกรมวิธาน กระจายพันธุ์ทั่วทุกภาค โดยพืชสกุลนี้มีบทบาทร่วมในทางประเพณีและวัฒนธรรมมาช้านาน ใช้เป็นพืชทางศาสนาพุทธทำให้พืชนี้มีชื่อสามัญอีกชื่อคือ ดอกเข้าพรรษา เนื่องจากพืชสกุลนี้จะออกดอกในช่วงเข้าพรรษา จึงนิยมนำมาใช้ประโยชน์ในพิธีกรรมช่วงเทศกาลเข้าพรรษา และยังเป็นที่นิยมประดับเป็นไม้กระถาง หรือไม้ตัดดอกอีกด้วย เพราะมีช่อดอกที่อ่อนช้อยสวยงาม ดอกย่อยมีใบประดับที่มีสีสันสะดุดตาและยังมีโครงสร้างคล้ายหงส์ที่กำลังจะโผบิน (Larsen และ Larsen, 2006) โดยในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงพันธุ์พืชสกุลหงส์เหิน เพื่อให้มีสีสันของใบประดับที่หลากหลาย รวมถึงทรงกอ ทรงต้น และอายุการใช้ของดอกให้มากขึ้น แต่ขั้นตอนในการปรับปรุงพันธุ์พบอุปสรรคก่อนการปฏิสนธิ ทำให้ผสมไม่ติด ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากละอองเรณูมีความมีชีวิตต่ำ ละอองเรณูไม่งอกบนเกสรเพศเมีย ชั้นผนังด้านนอกของละอองเรณูหนาเกินไป การเข้ากันไม่ได้ระหว่างหลอดละอองเรณูกับก้านชูเกสรเพศเมีย การเข้ากันไม่ได้ระหว่างละอองเรณูกับน้ำตาลบนยอดเกสรเพศเมีย เป็นต้น ดังนั้นใน

[1] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่อยู่ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Kasetsart University, Bangkhen, 50 Ngam Wong Wan Rd, Ladyaow Chatuchak Bangkok 10900

การศึกษาครั้งนี้ จึงได้ศึกษาและสังเกตความชีวิตของละอองเรณู และการงอกของหลอดละอองเรณูเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเรื่องของคุณภาพละอองเรณู ซึ่งเป็นประโยชน์และมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการปรับปรุงพันธุ์ของพืชสกุลหงส์เหิน

อุปกรณ์และวิธีการ

ละอองเรณูของพืชสกุลหงส์เหิน 6 ชนิดที่ทำการศึกษา คือ *Globba xantholeuca* Craib., *G. explansa* Wall., *G. globulifera* Gagnep., *G. schomburgkii* Hook.f., *G. williamsiana* M.F. Newman and *G. winitii* C.H. Wright โดยทำการเก็บอับละอองเรณูในระยะเริ่มแรกของการบานของดอกในช่วงเวลา ประมาณ 8 โมงเช้า ในการศึกษาความมีชีวิตของละอองเรณู ใช้สีย้อมอะซีโตคาร์มีนย้อมละอองเรณู นาน15 นาที สังเกตและนับละอองเรณูที่ติดสีโทนแดงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 200 และ 400 เท่า ฟีลด์ละ 100 ละอองเรณู ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ในแต่ละชนิด สำหรับการศึกษาการงอกของละอองเรณู ใช้วิธี Hanging drop method โดยนำละอองเรณูมาเลี้ยงบนกระจกสไลด์ใช้อาหารเหลวสูตรดัดแปลงของ Sakhanokho และ Kanniah (2010) ที่ประกอบด้วย ซูโครส 1.2 M แคลเซียมไนเตรท [$Ca(NO_3)_2$] 0.42 g/L กรดบอริค (H_3BO_3) 0.20 g/L โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) 0.1 g/L และ แม็กนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.22 g/Lจากนั้น สังเกตและนับเรณูที่งอก ตั้งแต่นาทีที่ 5 – 180 หลังจากที่เริ่มเลี้ยงในอาหาร โดยนับชนิดละ100 ละอองเรณูที่กำลังขยาย 200 และ 400 เท่า

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความมีชีวิตของละอองเรณูของพืชสกุลหงส์เหิน 6 ชนิด พบว่า ความมีชีวิตของละอองเรณูของ *G. winitii* เท่ากับ 92.33 ± 2.52 เปอร์เซ็นต์, *G. williamsiana* เท่ากับ 91.66 ± 5.03 เปอร์เซ็นต์, *G. schomburgkii* เท่ากับ 88.66 ± 4.51 เปอร์เซ็นต์, *G. globulifera* เท่ากับ 70.33 ± 6.66 เปอร์เซ็นต์, *G. xantholeuca* เท่ากับ 67.33 ± 2.52 เปอร์เซ็นต์ และ *G. explansa* เท่ากับ 44.33 ± 4.16 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1 และ Figure 3) ซึ่งละอองเรณูของ *G.winitii*, *G. williamsiana* และ *G. schomburgkii* มีอัตราความมีชีวิตมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และ *G. globulifera* และ *G. xantholeuca* จัดอยู่ในระดับปานกลาง คือ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ส่วน *G. explansa* อยู่ในระดับต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ตามเกณฑ์การจัดกลุ่มของ Takano (2001) โดยอัตราความมีชีวิตของละอองเรณูขึ้นกับจำนวนชุดโครโมโซม ซึ่งกลุ่มที่มีจำนวนโครโมโซม $2n = 32$ มีอัตราความมีชีวิตในระดับสูง ส่วนกลุ่มที่มีจำนวนโครโมโซม $2n = 48$ และกลุ่มทริพพลอยด์ มีอัตราความมีชีวิตของละอองเรณูในระดับปานกลางถึงต่ำ (Takano, 2001) ส่วนผลการศึกษาการงอกของละอองเรณูของพืชสกุลหงส์เหิน 6 ชนิด พบว่า*G. winitii* เท่ากับ 82 เปอร์เซ็นต์, *G. williamsiana* เท่ากับ 76 เปอร์เซ็นต์, *G. schomburgkii* เท่ากับ 32 เปอร์เซ็นต์, *G. xantholeuca* เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์, *G. explansa* เท่ากับ 24 เปอร์เซ็นต์ และ *G. globulifera* เท่ากับ 21 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1 และ Figure 3) โดย *G. winitii* และ *G. williamsiana* มีเปอร์เซ็นต์การงอกในระดับสูงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วน *G. schomburgkii*, *G. globulifera*, *G. xantholeuca* และ *G. explansa* จัดอยู่ในระดับต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ Nontaswatsri และ Suksathan (2014) ได้รายงานเปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเรณูของ *G. schomburgkii* ว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำเช่นเดียวกับในงานวิจัยนี้ แต่ *G. globulifera* ที่ปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่พบว่ามีอัตราการงอกของหลอดเรณูระดับปานกลาง (63.55%) ซึ่งอาจเป็นผลจากสภาพแวดล้อมในการปลูกหงส์เหินที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ *G. xantholeuca, G. globulifera* และ *G. schomburgkii* พบว่าละอองเรณูมีผนังชั้นนอก (exine layer) ที่หนา ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ละอองเรณูมีการงอกที่ช้าหรือไม่งอกเลย เนื่องจากผนังชั้นนอกของละอองเรณูมีหน้าที่เป็นแหล่งสารอาหารและปกป้องแกมีตเพศผู้ไม่ให้สูญเสียความชื้น เมื่อละอองเรณูมีการกระจัดกระจายไปตามพื้นที่ต่าง ๆ ที่ไม่เหมาะสมต่อการงอก (Heslop-Harrison, 1976; Tanaka *และคณะ*, 2004; Sakhanokho และ Kanniah, 2010)

สรุปผล

การศึกษาความมีชีวิตของละอองเรณูของหงส์เหิน 6 ชนิด พบว่า ละอองเรณูของ *G. winitii* และ *G. williamsiana* และ *G. schomburgkii* อยู่ในระดับสูง *G. globulifera* และ *G. xantholeuca* อยู่ในระดับปานกลาง และ *G. explansa* อยู่ในระดับต่ำกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาการงอกของละอองเรณู พบว่า ละอองเรณูของ *G. winitii* และ *G. williamsiana* มีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วน *G. schomburgkii*, *G. xantholeuca*, *G. explansa* และ *G. globulifera* มีเปอร์เซ็นต์การงอกระดับต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งข้อมูลทางสรีรวิทยาของละอองเรณูนี้ สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกพ่อ-แม่ ที่ใช้เป็นคู่ผสมเพื่อแก้ปัญหาอุปสรรคก่อนการปฏิสนธิในการปรับปรุงพันธุ์ของพืชสกุลหงส์เหินได้

เอกสารอ้างอิง

Larsen K., and S. Larsen. Gingers of Thailand, 2006, 1st Edn., QSBG the botanical garden organization, ministry of natural resources and environment, Chiang Mai.

Takano, A., 2001, Cytological analyses of 19 taxa in Globba (Zingiberaceae). APG, Acta phytotaxonomica et geobotanica, 52(1): 65-74.

Nontaswatsri C., and Suksathan, P., 2014, Interspecific Hybridization in the Genus *Globba* Using In *Vitro* Embryo Culture. Proc. IS on Orchids and Ornamental Plants, Acta Horticulturae, (1025): 31-36.

Heslop-Harrison, J., 1976, The adaptive significance of the exine. In: Ferguson, I.K., Muller, J. (Eds.), The Evolutionary Significance of the Exine. Linnaean Society Symposium Series 1. The Linnean Society of London, London: 27–37.

Sakhanokho F.H., and Kanniah, R., 2010, Pollen biology of ornamental ginger (*Hedychium* spp. J. Koenig), Scientia Horticulturae,125: 129–135.

Tanaka, N., Uehara, K., and Murata, J., 2004, Correlation between pollen morphology and pollination mechanisms in the Hydrocharidaceae, Journal of Plant Research, 117: 265–276.

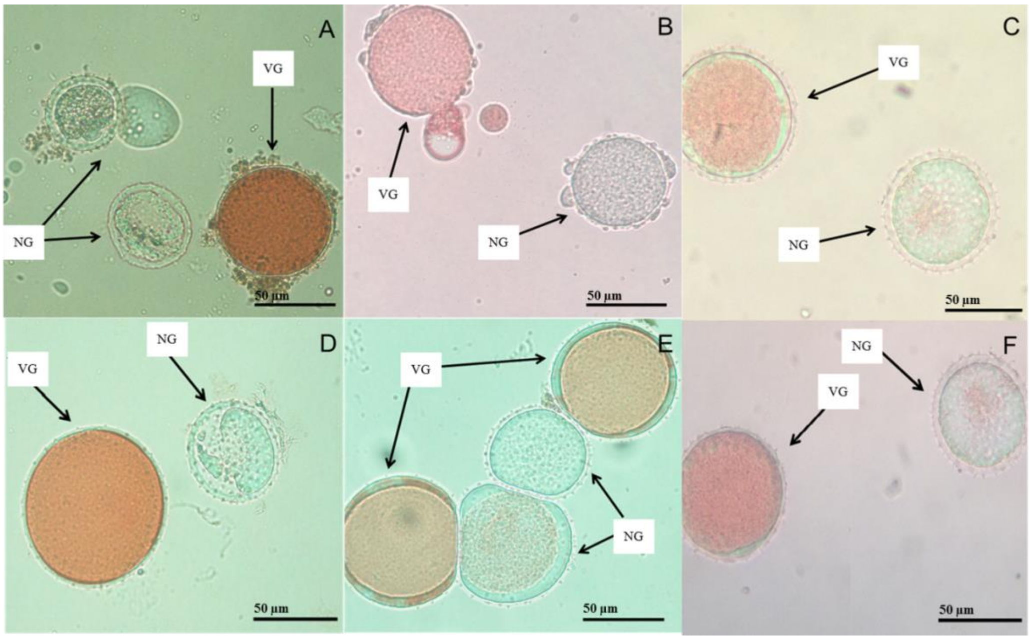


Figure 1 Pollen viability of 6 *Globba* species: (A) *G. xantholeuca*; (B) *G. explansa*; (C) *G. globulifera*; (D) *G. schomburgkii*; (E) *G. williamsiana*; (F) *G. winitii*; (VG) Viable grain; (NG) Non-viable grain.

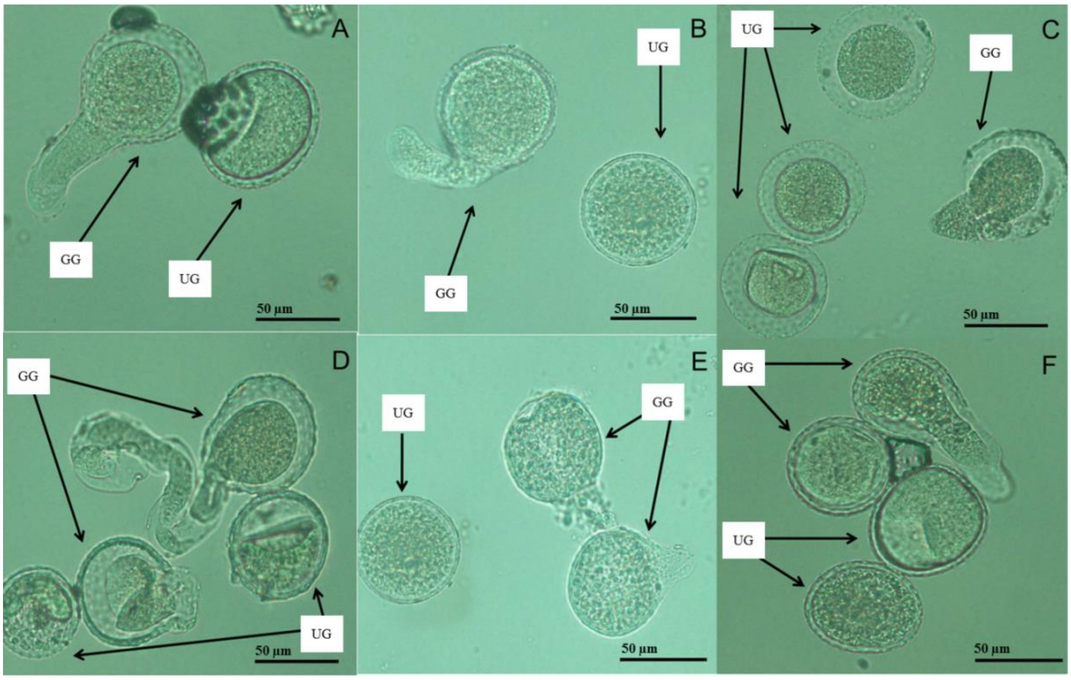


Figure 2 Pollen germination of 6 *Globba* species: (A) *G. xantholeuca*; (B) *G. explansa*; (C) *G. globulifera*; (D) *G. schomburgkii*; (E) *G. williamsiana*; (F) *G. winitii*; (GG) Germinated grain; (UG) Ungerminated grain.

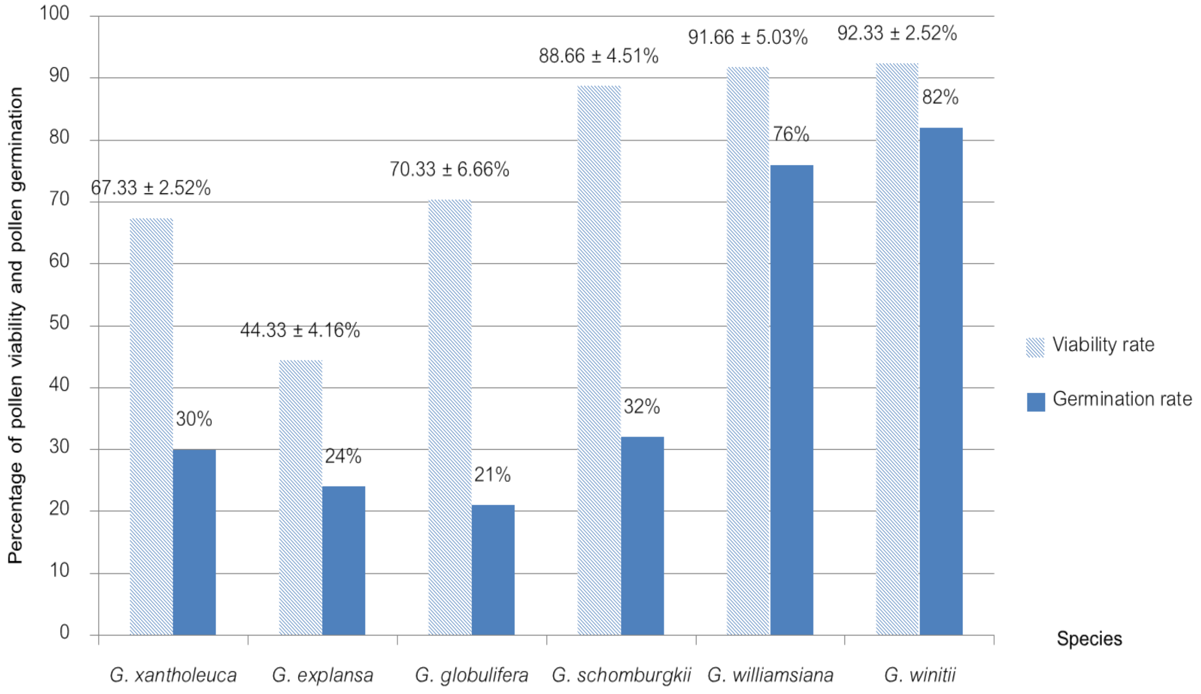


Figure 3 Percentage of pollen viability and pollen germination of 6 *Globba* species.

ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกนินและคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่ง

Effect of Chitosan Coating Combined with Ultraviolet C Irradiation on the Changing of Lignin and Chlorophyll of Asparagus Spear

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] พริมา พิริยางกูร[2] และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[3]

Poubol, J.[1] Phiriyangkul, P.[2] and Boonyaritthongchai, P.[3]

Abstract

This research was studied on the effect of chitosan coating combined with UV-C irradiation on the changing of chlorophyll and lignin. The experiment was divided into 4 treatments. Asparagus dipped in chitosan (0.5%), irradiated with UV-C (1.2 kJ/m^2), dipped in chitosan combined with UV-C irradiation, and dipped in distilled water (control). The spears were packed in foam tray, wrapped with PVC film and stored at 10^{o}C. Changing of asparagus tip and spears were determined every 2 days. The result showed that lignin of asparagus tip and spears were increased, whereas chlorophyll content was decreased during storage. At the end day of storage, lignin of asparagus tip dipped in chitosan, irradiated with UV-C, and dipped in chitosan combined with UV-C irradiation were lesser increased with 95% significant different than that of control. Chlorophyll content of asparagus tip and spear of all treatments were not significant different.

Keywords: asparagus, UV- C, chitosan, lignin, chlorophyll

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกนิน และคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่ง โดยแบ่งออกเป็น 4 วิธีการ คือ จุ่มในไคโตซาน (ร้อยละ 0.5) ฉายรังสียูวีซี (1.2 กิโลจูลต่อตารางเมตร) จุ่มในไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซี และจุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) แล้วบรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์มพีวีซี เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงในส่วนยอดและส่วนก้านของหน่อไม้ฝรั่งทุก ๆ 2 วัน โดยพบว่าส่วนยอดและส่วนก้านของหน่อไม้ฝรั่งทุกวิธีการมีปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าส่วนยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่จุ่มในไคโตซาน ฉายรังสียูวีซี และการใช้ไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซี มีปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้นน้อยกว่าในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่ส่วนยอดและส่วนก้านของหน่อไม้ฝรั่งในทุกวิธีการมีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: หน่อไม้ฝรั่ง ยูวีซี ไคโตซาน ลิกนิน คลอโรฟิลล์

คำนำ

หน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) เป็นพืชผักที่เสื่อมเสียได้ง่ายภายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากมีอัตราการหายใจสูง อีกทั้งยังเป็นพืชที่ปลูกบนดินดังนั้นจึงเกิดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ได้ง่าย ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร (Raybaudi-Massilia และคณะ, 2009) ไคโตซานเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติจึงนิยมใช้ในการเคลือบผิวผักและผลไม้สด มีรายงานว่าการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผักและผลไม้หลายชนิดรวมถึงหน่อไม้ฝรั่ง (Qui และคณะ, 2013) และยังช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ได้ (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2557) นอกจากไคโตซานแล้วการฉายรังสียูวีซีสามารถช่วยชะลอการ

[1] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

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

[2] สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

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

[3] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[3] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King's Mongkut University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

สูญเสียวิตามินซี และช่วยลดการผลิตก๊าซเอทธิลีนในหน่อไม้ฝรั่ง (Poubol และคณะ, 2010) อีกทั้งการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซียังสามารถช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ในหน่อไม้ฝรั่งได้ (Poubol และคณะ, 2015) นอกจากการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานและการฉายรังสียูวีซีจะช่วยรักษาคุณภาพและความปลอดภัยจากจุลินทรีย์แล้ว มีรายงานว่าการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ซึ่งเป็นการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะที่เก็บรักษา เช่น การบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในถุงพลาสติก low density polyethylene (Techavuthiporn and Boonyaritthongchai, 2016) และการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (Poubol, 2012) สามารถช่วยรักษาคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจศึกษาการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกนินและคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่งที่ปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การใช้สารเคลือบผิวไคโตซานและการฉายรังสียูวีซี

การใช้สารเคลือบผิวไคโตซานทำโดยนำหน่อไม้ฝรั่งที่ได้จากจังหวัดนครปฐม (เส้นผ่านศูนย์กลางหน่อ 10 มิลลิเมตร) มาล้างด้วยน้ำประปา ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำแล้วนำมาจุ่มลงในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อย 0.5 (low molecular weight chitosan; 75% deacetylation degree) ซึ่งละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ทิ้งไว้ให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อนาน 5 นาที จากนั้นนำไปคลุกกับเชื้อจุลินทรีย์ผสมของ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. (ปริมาณเชื้อ 10^5 CFU/ml) แล้วทิ้งไว้ให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ การฉายรังสียูวีซีทำโดยนำหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำมาคลุกกับเชื้อจุลินทรีย์ผสม ทิ้งไว้ให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ แล้วนำไปฉายรังสียูวีซีที่ปริมาณรังสี 1.2 กิโลจูลต่อตารางเมตร สำหรับการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซี ทำโดยนำหน่อไม้ฝรั่งที่จุ่มในสารละลายไคโตซานและทิ้งไว้ให้แห้งแล้วมาคลุกกับเชื้อจุลินทรีย์ผสม ทิ้งไว้ให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อแล้วนำไปฉายรังสียูวีซี จากนั้นบรรจุหน่อไม้ฝรั่งลงในถาดโฟมขนาด 144×203×16 มิลลิเมตร แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride หนา 13 ไมครอน (CO_2 permeability 292,862 มิลลิลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในการทดลองนี้ใช้หน่อไม้ฝรั่งที่จุ่มในน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม

2. การตรวจวัดปริมาณลิกนินและคลอโรฟิลล์

ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกนินและปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนยอดและส่วนก้านทุก ๆ 3 วัน โดยวิเคราะห์ปริมาณลิกนินตามวิธีการของ Bruce and West (1989) และปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีการของ Moran (1982) โดยใช้ N,N-demethylformamide วัดค่าการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ a และคลอโรฟิลล์ b ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร (Inskeep และ Bloom, 1985) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกนินและคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่ง

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาพบว่าหน่อไม้ฝรั่งในส่วนก้านมีปริมาณลิกนินเท่ากับ 2.2 มิลลิกรัม ภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าหน่อไม้ฝรั่งในทุกชุดการทดลองยกเว้นหน่อไม้ฝรั่งในชุดควบคุมมีปริมาณลิกนินในส่วนก้านเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5-1 มิลลิกรัม ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นหน่อไม้ฝรั่งในส่วนก้านมีปริมาณลิกนิน ลดลงยกเว้นหน่อไม้ฝรั่งที่จุ่มในสารละลายไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซีมีปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้นเป็น 3.2 มิลลิกรัม (Figure 1A) ซึ่งสาเหตุหนึ่งของการเพิ่มขึ้นของปริมาณลิกนินเกิดจากกลไกในการต้านทานต่อการเกิดโรคในพืช ดังมีรายงานการตรวจพบการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (POX) และ phenylalanine ammonialyase (Kombrink and Somssich, 1995) ส่งผลให้ส่วนก้านของหน่อไม้ฝรั่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น จากการวัดปริมาณลิกนินในส่วนยอดของหน่อไม้ฝรั่งพบว่าในวันเริ่มต้นหน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณลิกนินเท่ากับ 1.1 มิลลิกรัม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน พบว่าหน่อไม้ฝรั่งในทุกวิธีการทดลองมีปริมาณลิกนินในส่วนยอดเพิ่มขึ้นประมาณ 0.2 มิลลิกรัม ซึ่งมีปริมาณลิกนินอยู่ในช่วง 1.1-1.4 มิลลิกรัม ยกเว้นหน่อไม้ฝรั่งในชุดควบคุมมีปริมาณลิกนินในส่วนยอดเพิ่มขึ้นเป็น 2.4 มิลลิกรัม (Figure 1B) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าหน่อไม้ฝรั่งในทุกชุดการทดลองมี

ปริมาณลิกนินในส่วนยอดอยู่ในช่วง 1.3-1.4 มิลลิกรัม ในขณะที่หน่อไม้ฝรั่งในชุดควบคุมมีปริมาณลิกนินลดลงเป็น 1.8 มิลลิกรัม แต่มีค่าสูงกว่าส่วนยอดของหน่อไม้ฝรั่งในวิธีการอื่น ๆ จากการทดลองพบว่าการใช้สารเคลือบผิวไคโตซาน การฉายรังสียูวีซี และการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซี สามารถช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณลิกนินในส่วนยอดของหน่อไม้ฝรั่งได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

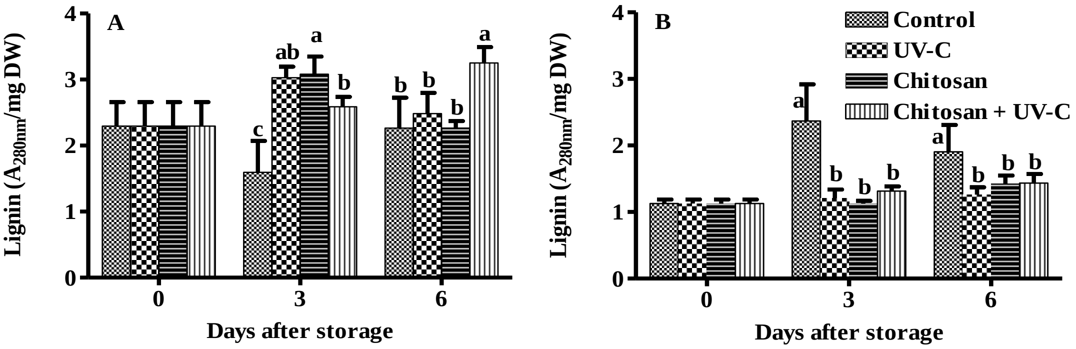


Figure 1 Lignin content of asparagus spear (A) and asparagus tip (B) inoculated with *Escherichia coli* and *Salmonella* sp., then coated with chitosan and/or irradiated with UV-C. The spears were stored at 10°C for 6 days.

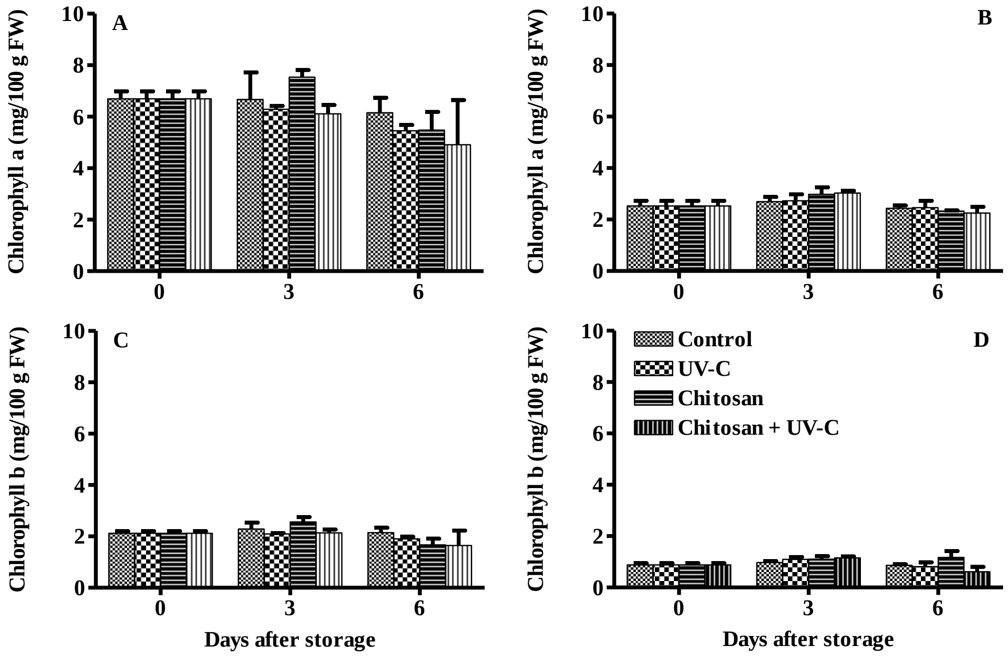


Figure 2 Chlorophyll a and b of asparagus spear (A, C) and asparagus tip (B, D) inoculated with *Escherichia coli* and *Salmonella* sp., then coated with chitosan and/or irradiated with UV-C. The spears were stored at 10°C for 6 days.

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในส่วนก้านมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีเท่ากับ 6.8 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Figure 2 A และ C) ซึ่งสูงกว่าหน่อไม้ฝรั่งในส่วนยอดที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีเท่ากับ 2.4 และ 0.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Figure 2 B และ D) เมื่อเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าหน่อไม้ฝรั่งในส่วนก้านและส่วนยอดมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามหน่อไม้ฝรั่งในทุกชุดการทดลองทั้งในส่วนก้านและส่วนยอดมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากงานวิจัยของ Qui และคณะ (2013) พบว่าการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และ 0.5 ช่วยชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่งเมื่อเปรียบเทียบกับหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้ใช้สารเคลือบผิวไคโตซาน (ชุดควบคุม) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 สามารถช่วยรักษาสีเขียวในส่วน

ยอดของบร็อคโคลีตัดแต่งได้โดยไม่ก่อให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติ (Moreira และคณะ, 2011) ในขณะที่การใช้สารเคลือบผิวไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเขียวของผลฝรั่งได้ดีกว่าการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 0.5 (Hong และคณะ, 2012)

สรุปผล

การใช้สารเคลือบผิวไคโตซาน การฉายรังสียูวีซี และการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับการฉายรังสียูวีซีช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของลิกนินในส่วนยอดของหน่อไม้ฝรั่ง แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งในส่วนก้านและส่วนยอดของหน่อไม้ฝรั่ง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.) ประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และพริมา พิริยางกูร, 2557, ผลของสารละลายไคโทซานต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 45 ฉบับที่ 3/1 หน้า 69-72.

Bruce, R.J., and West, C.A., 1989, Elicitation of lignin biosynthesis and isperoxidase activity by pectic fragments in suspension cultures of castor bean, Plant Physiology, 91:889-897.

Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., and Gong, D., 2012, Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidum guajava* L.) fruit during cold storage, Scientia Horticulturae, 144:172-178.

Inskeep, W.P., and Bloom, P.R., 1985, Extinction coefficient of chlorophyll a and b in N,N-dimethylformamide and 80% acetone, Plant Physiology, 77:483–485.

Kombrink, E., and Somssich, I.E., 1995, Defense responses of plants to pathogens, In: Callow, J.A. Ed. Advances in Botanical Research. Vol. 21. London, UK: Academic Press. 1-34.

Moran, R., 1982, Formulae for determination of chlorophylous pigments extracted with N,N-dimethylformamide, Plant Physiology, 69:1376–1381.

Moreira, M.R., Roura, S.I., and Ponce, A., 2011, Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli, LWT-Food Science and Technology, 44:2335-2341.

Poubol, J., Lichanporn, I., Puthmee, T., and Kanlayanarat, S., 2010, Effect of ultraviolet-C irradiation on quality and natural microflora of asparagus spears, Acta Horticulturae, 875:257-262.

Poubol, J., Lichanporn, I., Puthmee, T., and Kanlayanarat, S., 2012, Quality and microbiological changes of asparagus spear packaged in polyvinylchloride film and treated with ultraviolet-C, Acta Horticulturae, 943:235-240.

Poubol, J., Phiriyangkul, P., and Boonyaritthongchai, P., 2015, Combination of chitosan coating and ultraviolet-C irradiation for reducting *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. on asparagus spears, International Journal of Food Engineering, 1:50-54.

Qui, M., Jiang, H., Ren, G., Huang, J., and Wang, X., 2013, Effect of chitosan coating on postharvest green asparagus quality, Carbohydrate Polymers, 92:2027-2032.

Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Soliva-Fortuny, R., and Martin-Belloso, O., 2009, Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials," Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 8:157-180.

Techavuthiporn, C., and Boonyaritthongchai, P., 2016, Effect of prestorage short-term anoxia treatment and modified atmosphere packaging on the physical and chemical changes of green asparagus, Postharvest Biology and Technology, 117:64-70.

ผลของความชื้นเริ่มต้นต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและโครงสร้างทางจุลภาคของขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือย

Effect of Initial Moisture Content on Oil Uptake and Microstructure of Snack from Surimi and Job's Tears Flour

สิริมา ชินสาร[1] **วิชมณี ยืนยงพุทธกาล**[1] **และ กฤษณะ ชินสาร**[2]

Chinnasarn, S.[1], Yuenyongputtakal, W.[1] and Chinnasarn, K.[2]

Abstract

Initial moisture content of snack affects on puffing quality which leads to different chemical and physical properties of final product. The objective of this research was to study the effect of initial moisture content on oil uptake and microstructure of snack from surimi and job's tears flour. After molding, the snack samples were dried at 60°C in a hot air tray-drier to the initial moisture content of 28% (control), 20% and 12%. Then, all samples were fried at 170°C. Results showed that oil uptake of the control was 14.54%, but oil uptake of the snacks at the initial moisture content of 20% and 12% was reduced to 11.01 and 7.90%, respectively. The microstructure analysis demonstrated that the product with high initial moisture had a more porous on the surface and there were larger cracks inside its structure.

Keywords: snack, oil uptake, microstructure

บทคัดย่อ

ความชื้นเริ่มต้นของขนมขบเคี้ยวมีผลต่อการพองตัวจึงส่งผลให้สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายแตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของความชื้นเริ่มต้นต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันและโครงสร้างทางจุลภาคของขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือย โดยอบตัวอย่างภายหลังการขึ้นรูปด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้น 28 (ตัวอย่างควบคุม) 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำตัวอย่างมาทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอย่างควบคุมดูดซับน้ำมัน 14.54 เปอร์เซ็นต์ และขนมขบเคี้ยวที่มีความชื้นเริ่มต้น 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการดูดซับน้ำมันลดลง คือ 11.01 และ 7.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงผิวหน้าจะมีรูพรุนมากและโครงสร้างภายในจะเกิดรอยแตกขนาดใหญ่กว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยว การดูดซับน้ำมัน โครงสร้างทางจุลภาค

คำนำ

ขนมขบเคี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มักมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยใช้ซูริมิและแป้งลูกเดือยเป็นส่วนผสมในการผลิตสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์และทำให้เกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคได้อีกทางหนึ่ง (สิริมา และคณะ, 2555) ซูริมิเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างน้ำเพื่อขจัดไขมันและองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ จึงเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ โดยมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบถึง 16 เปอร์เซ็นต์ (สุทธวัฒน์, 2549) ส่วนลูกเดือยนั้น มีคุณค่าทางอาหารในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีน 14.8 กรัม และแคลเซียม 19 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ, 2527) การผลิตขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือยโดยการทอดแบบน้ำมันท่วมจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีลักษณะเฉพาะตัว คือ มีสี รสชาติ และความกรอบ ทำให้น่ารับประทานมากขึ้น แต่ทั้งนี้ สภาวะในการผลิตโดยเฉพาะความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์จัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคและการดูดซับน้ำมันภายหลังการทอดของขนมขบเคี้ยว ดังนั้น หากเราทราบความชื้นเริ่มต้นที่เหมาะสมในการผลิต นอกจากจะช่วยให้

---

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

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

[2] **คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131**

[2] Faculty of Informatics, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างที่เหมาะสมทั้งต่อคุณภาพด้านโครงสร้างของขนมขบเคี้ยวและต่อการดูดซับน้ำมันภายหลังการทอด ซึ่งจะส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการโดยรวมของขนมอีกเช่นกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมขนมขบเคี้ยวโดยมีสัดส่วนของส่วนผสมหลัก คือ แป้งลูกเดือย 70 เปอร์เซ็นต์ แป้งสาลี 21 เปอร์เซ็นต์ และซูริมิ 9 เปอร์เซ็นต์ และส่วนผสมอื่นๆ คือ มอลโตเด็กซ์ทริน 15 เปอร์เซ็นต์ เลซิทิน 1 เปอร์เซ็นต์ เนยขาว 13 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักส่วนผสมหลัก (สิริมา และคณะ, 2555) จากนั้น นำเนยขาวและเกลือตีผสมให้เข้ากันในเครื่องนวดผสม แล้วเติมมอลโตเดกซ์ทริน เลซิทิน ซูริมิ แป้งลูกเดือย แป้งสาลี และน้ำลงไป นวดผสมจนเกิดโด นำโดที่ได้มารีดเป็นแผ่นหนา 0.5 เซนติเมตร ตัดให้เป็นชิ้นมีความกว้าง 0.5 เซนติเมตร และความยาว 6 เซนติเมตร

สำหรับซูริมิที่ใช้เป็นส่วนผสมเป็นซูริมิแช่เยือกแข็งซึ่งซื้อมาจากบริษัท อนุสรณ์มหาชัยซูริมิ จำกัด ก่อนใช้นำมาทำการละลายน้ำแข็งด้วยการเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ส่วนแป้งลูกเดือย เตรียมโดยการแช่ลูกเดือยในน้ำอัตราส่วนลูกเดือยต่อน้ำ 1:4 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นล้างลูกเดือยด้วยน้ำสะอาด แล้วต้มโดยใช้อัตราส่วนลูกเดือยต่อน้ำ 1: 4 เป็นเวลา 50 นาที เติมน้ำอีก 1 ลิตร ต้มต่ออีก 10 นาที นำลูกเดือยขึ้นให้สะเด็ดน้ำ อบด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 40 นาที บดด้วยเครื่องบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช บรรจุแป้งที่ได้ในถุงพลาสติกและปิดผนึก

การศึกษาผลของความชื้นเริ่มต้นต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยว ทำได้โดยนำขนมขบเคี้ยวที่เตรียมได้มาอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 (ตัวอย่างควบคุมไม่ผ่านการอบแห้ง) 60 และ190 นาที เพื่อปรับความชื้นของขนมขบเคี้ยวเป็น 28 (ตัวอย่างควบคุม) 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำตัวอย่างมาทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 80 และ 70 วินาที สำหรับตัวอย่างที่มีความชื้น 28 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์

1) ปริมาณน้ำมัน โดยวัดในรูปปริมาณน้ำมันที่เกาะติดที่ผิวของตัวอย่าง (Chinnasarn, 2005) และปริมาณน้ำมันที่ผลิตภัณฑ์ดูดซับเข้าไปภายในโครงสร้างเนื้อขนม (A.O.A.C., 2005) แล้วคำนวณปริมาณน้ำมันทั้งหมด ดังนี้

ปริมาณน้ำมันทั้งหมด = ปริมาณน้ำมันที่ผิว + ปริมาณน้ำมันภายในโครงสร้าง

2) โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกน (SEM) ศึกษาโครงสร้างแบบภาคตัดขวางที่กำลังขยาย 100 เท่า และโครงสร้างพื้นผิวที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

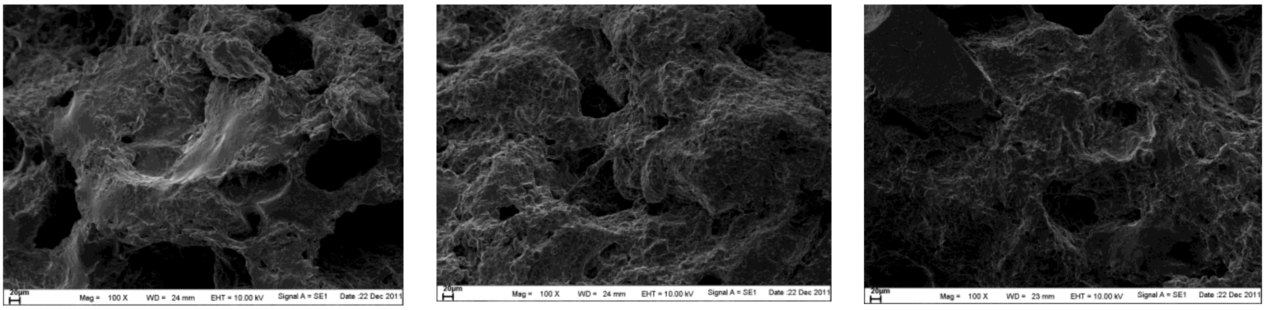
ผลการศึกษาปริมาณการดูดซับน้ำมันของขนมขบเคี้ยวที่มีความชื้นเริ่มต้นระดับต่างๆ ดัง Table 1 พบว่าปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับในผลิตภัณฑ์ภายหลังการทอดโดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นน้ำมันในส่วนของน้ำมันที่เกาะติดที่ผิวของตัวอย่างเป็นหลัก สำหรับน้ำมันที่ถูกดูดซับเข้าไปภายในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์นั้นจะมีปริมาณน้อยกว่า เพียง 1.0 - 4.13 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการทอดผลิตภัณฑ์ในช่วงแรกนั้นน้ำที่ผิวของตัวอย่างจะเกิดการระเหยกลายเป็นไอออกไปจากผิวก่อนทำให้ผิวนอกของผลิตภัณฑ์เกิดลักษณะแห้ง แข็ง และขรุขระ ซึ่งความขรุขระนี้เองทำให้น้ำมันสามารถเกาะติดที่ผิวภายนอกได้ดี และความแห้ง แข็งของผิวนอกทำให้น้ำภายในผลิตภัณฑ์ซึ่งเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอในขณะทอดเคลื่อนที่ออกมาสู่ภายนอกได้น้อย ทำให้ความดันภายในผลิตภัณฑ์สูงกว่าความดันภายนอกจากแรงขับของไอน้ำที่เกิดขึ้นจึงเป็นตัวป้องกันการดูดซับน้ำมันเข้าไปภายในโครงสร้างทำให้ปริมาณน้ำมันภายในโครงสร้างของขนมขบเคี้ยวน้อยกว่าปริมาณน้ำมันที่ผิวนอก (สิริมา, 2552)

Table 1 Oil content of pre-dried products at the initial moisture contents of 28, 20 and 12% after frying

Initial moisture content (%)	Surface oil (%)	Structural oil (%)	Total oil (%)
28	10.41 ± 0.24^{a}	4.13 ± 0.89^{a}	14.54 ± 0.89^{a}
20	8.64 ± 0.12^{b}	2.37 ± 0.15^{b}	11.01 ± 1.05^{ab}
12	6.90 ± 0.32^{c}	1.00 ± 0.75^{c}	7.90 ± 0.75^{b}

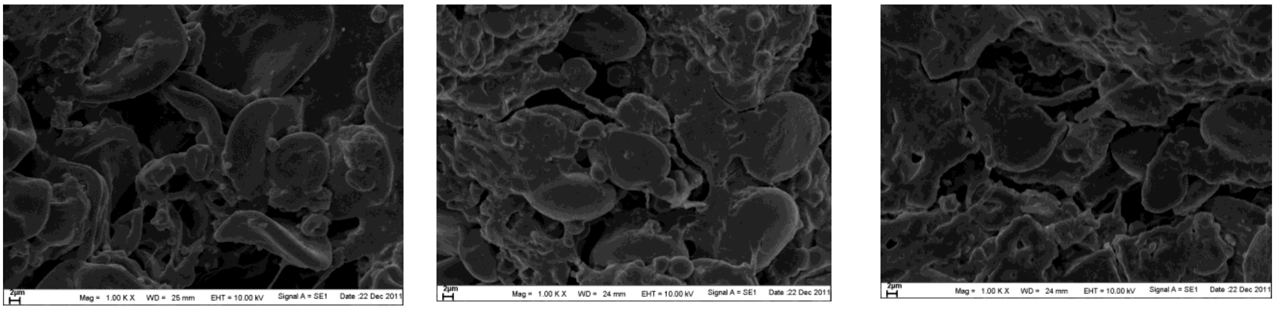
a,b,c Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลของปริมาณความชื้นเริ่มต้นต่อการดูดซับน้ำมันของขนมขบเคี้ยว พบว่า ปริมาณน้ำมันทั้งที่ผิวนอก ภายในโครงสร้าง และปริมาณน้ำมันทั้งหมดของขนมขบเคี้ยวมีปริมาณลดลงเมื่อความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปจากผลิตภัณฑ์ทั้งที่บริเวณผิวนอกและจากภายในโครงสร้างจะมีปริมาณมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์ภายหลังการทอดมีผิวที่ขรุขระและมีรูพรุนมากในขณะที่โครงสร้างภายในก็เกิดรอยแตกจากแรงดันไอน้ำที่เกิดขึ้นทำให้น้ำมันสามารถเกาะติดที่ผิวนอกและถูกดูดซับเข้าไปภายในผ่านรอยแตกที่เกิดขึ้นได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ นอกจากนั้นแรงดันไอน้ำที่เกิดขึ้นยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงกว่ามีการพองตัวได้ดี จึงเกิดช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์และสามารถดูดซับน้ำมันได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ รองรัตน์ และคณะ (2546) ที่ได้ทำการศึกษาผลของความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและเวลาในการทอดต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือก โดยพบว่า เมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและเวลาการทอดจะทำให้ปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ดังนั้น การลดความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์จึงสามารถช่วยลดปริมาณการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ลงได้ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ยังสอดคล้องกับผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของขนมขบเคี้ยวที่มีความชื้นเริ่มต้น 28 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์ และผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส (Figure 1 และ 2)



(A) (B) (C)

Figure 1 Scanning electron microphotographs of the cross sections of snack after frying (A) control, 28% M.C. (B) 20% M.C. and (C) 12% M.C.



(A) (B) (C)

Figure 2 Scanning electron microphotographs of the surface of snack after frying (A) control, 28% M.C. (B) 20% M.C. and (C) 12% M.C.

จาก Figure 1 และ 2 พบว่า โครงสร้างภาคตัดขวางของขนมขบเคี้ยวที่มีความชื้นสูง (28 เปอร์เซ็นต์) มีโครงสร้างภายในเป็นโพรงอากาศ และรอยแตกขนาดใหญ่ (Figure 1A) เมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลง คือ 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โครงสร้างภายในมีขนาดของโพรงอากาศ และรอยแตกที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งสัมพันธ์กับความชื้นเริ่มต้นที่ลดลง (Figure 1B และ 1C) ผลการทดลองที่ได้ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pithus และคณะ (1995) ที่กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์อาหารและการเกิดรูพรุนขึ้นอยู่กับการระเหยของน้ำกลายเป็นไอออกจากผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำมันสามารถซึมผ่านเข้าไปในช่องว่างที่เกิดขึ้นได้ ถ้าหากผลิตภัณฑ์มีรูพรุนมากจะทำให้ปริมาณน้ำมันเข้ามาแทรกอยู่ในชิ้นอาหารได้มากขึ้น ส่วนการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิว พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น 28, 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์ มี

ลักษณะผิวค่อนข้างขรุขระ ซึ่งเกิดจากการที่ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนจากการอบแห้ง (ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์) และความร้อนจากการทอด ทำให้น้ำบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอและระเหยออกมา เกิดช่องว่างบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ โดยขนมขบเคี้ยวที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงผิวหน้าจะเกิดรูพรุนมาก สอดคล้องกับปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้าที่มีค่ามากขึ้นเมื่อความชื้นเริ่มต้นของขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้น

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือยที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นต่ำสามารถลดการดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอดได้ โดยตัวอย่างควบคุมที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงสุด คือ 28 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการดูดซับน้ำมัน 14.54 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำลง คือ 20 และ 12 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการดูดซับน้ำมันลดลง คือ 11.01 และ 7.90 ตามลำดับ โครงสร้างทางจุลภาคแสดงให้เห็นว่าโพรงอากาศและรอยแตกในผลิตภัณฑ์มีขนาดที่เล็กลงเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นเริ่มต้นลดลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2527, ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย, กรุงเทพฯ : กองโภชนาการ.

รองรัตน์ รัตนาธรรมวัฒน์, ธงชัย สุวรรณสิชณน์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, กล้าณรงค์ ศรีรอต และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์, 2546, ผลของความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและเวลาในการทอดต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือก, เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 45-52.

สิริมา ชินสาร, 2552, การดูดซับน้ำมันในกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 14(2): 138-145.

สิริมา ชินสาร, วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และกฤษณะ ชินสาร, 2555, การพัฒนาขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากซูริมิและแป้งลูกเดือย, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2549, ซูริมิ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาบด, กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

A.O.A.C., 2005, Official Methods of Analysis of AOAC International (18^{th} ed.), Gaithersburg, Md.: AOAC International.

Chinnasarn, S., 2005, Effects of protein gel structure on oil uptake in deep-fat frying process, Doctoral dissertation, Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Pithus, E.J., Weinberg, P., and Saguy, I.S., 1995, Oil uptake in deep frying as affected by porosity, Journal of Food Science, 60(4): 767- 769.

การชักนำแคลลัสจากใบอ่อนในหญ้าเนเปียร์ *(Pennisrtum purpareum)*

Callus Induction from Young Leaf of Napier Grass *(Pennisrtum purpareum)*

นงลักษณ์ เทียนเสรี[1] วนาลี บุญมี[2] อนุรักษ์ อรัญญนาค[1] และ นรุณ วรามิตร[1]

Teinseree, N.[1*],Boonmee, V.[2], Arunyanark, A.[1] and Waramit, N.[1]

Abstract

The influences of explant factors and culture media on callus induction of Purple Napier grass and Pakchong1 were investigated. The young first and second leaves divided into 3 parts were cultured under dark condition on MS medium containing 0, 1, 2 and 3 mg/l 2, 4-D combined with 0 and 5% coconut water. Results showed that the Napier cultivar and culture media had an influence on callus induction. The highest percentage of mixed callus (11.82%) was found in MS medium supplemented with 2 mg/l 2, 4-D and 5% coconut water. The Purple Napier grass demonstrated the higher percentage of total callus, gelatinous callus and mixed callus than Pakchong1. The leaf base showed the highest percentage of total callus, however, the percentage of friable callus, gelatinous callus and mixed callus did not differ from the middle part of leaf. The different leaf-level had no effect on callus induction.

Keywords: tissue culture, callus, Napier, plant growth regulator

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำแคลลัสจากใบอ่อนของหญ้าเนเปียร์ โดยนำใบอ่อนชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 จากปลายยอดของหญ้าเนเปียร์ม่วงและพันธุ์ปากช่อง 1 มาตัดแบ่งเป็นส่วนโคน กลาง และปลายใบ เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2, 4-D เข้มข้น 0 1 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำมะพร้าว 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพมืด นาน 4 สัปดาห์ พบว่า พันธุ์หญ้าเนเปียร์และสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง มีอิทธิพลต่อการเกิดแคลลัส อาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ชักนำให้เกิด Mixed callus ได้สูงสุด (11.82%) พันธุ์หญ้าเนเปียร์ม่วงมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสรวม Gelatinous callus และ Mixed callus สูงกว่าพันธุ์ปากช่อง 1 บริเวณโคนใบมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสรวมสูงสุดและมีการพัฒนาเป็นแคลลัสรูปแบบต่างๆ ไม่แตกต่างจากส่วนกลางใบ และชั้นของใบไม่มีอิทธิพลต่อการเกิดแคลลัส

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แคลลัส เนเปียร์ สารควบคุมการเจริญเติบโต

คำนำ

หญ้าเนเปียร์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เช่น เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ และนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งพื้นที่เป้าหมายในการปลูกพืชพลังงานทดแทนส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เพื่อลดปัญหาขัดแย้งระหว่างการใช้พื้นที่ปลูกพืชอาหาร และพืชพลังงานทดแทน เช่น พื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม ดินกรด พื้นที่ชายฝั่งทะเล เป็นต้น ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่จะนำหญ้าเนเปียร์หรือพืชพลังงานชนิดอื่นไปปลูกในพื้นที่เหล่านี้ได้ คือการปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ เหล่านี้ หนึ่งในวิธีดังกล่าวนี้คือการประยุกต์เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการก่อกลายพันธุ์ โดยในเบื้องต้นจำเป็นต้องพัฒนาขั้นตอนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าเนเปียร์เพื่อชักนำและเพาะเลี้ยงแคลลัสให้ได้ก่อน ซึ่งแคลลัสนี้จะถูกนำไปใช้เป็นชิ้นส่วนพืชเริ่มต้นสำหรับขั้นตอนการชักนำให้กลายพันธุ์ต่อไป มีรายงานวิจัยของ จันทกานต์ (2544) และดำรงค์รักษ์ (2546) พบว่าการเพาะเลี้ยงใบอ่อนของหญ้าเนเปียร์แคระ (*Pennisetum purpuruem* cv. Mott) ในอาหารสูตร MS ที่เติมน้ำมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ และ 2, 4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ดี และ Wan and Vasil (1996) ศึกษาตำแหน่งของแผ่นใบอ่อนที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดแคลลัส พบว่าจากฐานใบอ่อนขึ้นไป 1.4-

---

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus NakhonPathom, 73140

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเกษตร กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] Program in Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus NakhonPathom, 73140

2.6 เซนติเมตร สามารถเจริญไปเป็น embryogenic callus ได้มากกว่าส่วนอื่นๆ ของใบอ่อน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำแคลลัสจากใบอ่อนของหญ้าเนเปียร์ม่วงและพันธุ์ปากช่อง1

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัดส่วนปลายยอดของหญ้าเนเปียร์ม่วงและพันธุ์ปากช่อง 1 ที่อายุประมาณ 1 เดือน ลอกใบแก่ออกจนเหลือใบม้วนด้านในประมาณ 3-4 ชั้น นำม้วนใบอ่อนมาล้างบริเวณผิวภายนอกด้วยน้ำให้สะอาด ฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยคลอรอกซ์เข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เขย่าเป็นเวลา 20 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที นำม้วนใบอ่อนที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วมาลอกใบม้วนด้านนอกออกด้วยวิธีการปลอดเชื้อ จนได้ม้วนใบอ่อน 2 ชั้นในสุด แบ่งบริเวณแผ่นใบออกเป็น 3 ส่วน คือ โคน กลาง ปลาย ส่วนโคน คือวัดจากส่วนโคนใบที่ติดกับข้อขึ้นมาทางปลายใบ 2.5 เซนติเมตร ส่วนกลาง นับต่อจากส่วนโคนขึ้นมาทางปลายใบ 2.5 เซนติเมตร และส่วนปลาย นับต่อจากส่วนกลางขึ้นมาทางปลายใบ 2.5 เซนติเมตร เมื่อแบ่งบริเวณแล้ว ตัดแผ่นใบอ่อนเป็นชิ้นให้มีขนาด 0.5 เซนติเมตร นำแต่ละชิ้นไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ น้ำมะพร้าว 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ รวม 8 สูตร โดยอาหารทุกสูตรจะปรับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.7 เติมวุ้น 7 กรัมต่อลิตร น้ำตาล 20 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยง 1 ชิ้นต่อขวด ในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสรวม (Total callus, TC) แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสชนิดต่างๆ ได้แก่ Friable callus (FC), Mixed callus (MC) และ Gelatinous callus (GC) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 15 ชิ้น วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย LSD

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พันธุ์ของหญ้าเนเปียร์ และสูตรอาหารที่ใช้มีอิทธิพลต่อการเกิดแคลลัสทุกชนิด ยกเว้นในแคลลัสชนิด MC ขณะที่ชั้นของใบไม่มีอิทธิพลต่อการเกิดแคลลัส ยกเว้นในแคลลัสชนิด GC และปัจจัยที่นำมาศึกษาไม่มี interaction ระหว่างกัน (Table 1) โดยหญ้าเนเปียร์ม่วงมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสรวม แคลลัสแบบ GC และ MC สูงกว่าพันธุ์ปากช่อง1 (Figure 1) เมื่อพิจารณาผลของชั้นใบ พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสรวม แคลลัสแบบ FC และ MC จากใบชั้นที่ 1 และใบชั้นที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ใบชั้นที่ 1 สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสแบบ GC ได้มากกว่าใบชั้นที่ 2 (Figure 2) ตำแหน่งบนแผ่นใบที่เหมาะ สมต่อการใช้ชักนำให้เกิดแคลลัสคือ บริเวณโคนใบ โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสรวมสูงสุด คือ 60.70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโคนใบมีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสแบบ FC GC และ MC ไม่แตกต่างจากส่วนกลางใบ และมีการพัฒนาเป็นแคลลัสรูปแบบต่างๆได้ดีกว่าส่วนปลายใบ (Figure 3) ทั้งนี้เพราะเซลล์แต่ละบริเวณของใบอ่อนมีการพัฒนาแตกต่างกัน คือเซลล์ที่บริเวณฐานใบอ่อนยังคงเป็นเซลล์เนื้อเยื่อเจริญที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เซลล์ที่ปลายใบเป็นเซลล์ที่มีการพัฒนาแล้ว ส่งผลให้ความสามารถในการเจริญและพัฒนาของเนื้อเยื่อลดลง (Baker และคณะ, 1999)

Table 1 Mean squares form analysis of variance in callus formation

Source of variation	df	Mean squares			
		TC	FC	GC	MC
VAR	1	56.14**	11.00**	160.79**	6.82
LEAF	1	0.84	4.74	31.36*	1.38
MEDIA	7	100.61**	104.68**	32.59**	5.35
VAR*LEAF	1	3.76	20.49	36.36	6.65
VAR*MEDIA	7	5.80	6.28	15.76	5.08
LEAF*MEDIA	7	3.05	3.26	4.46	1.86
VAR*LEAF*MEDIA	7	2.37	9.12	3.46	2.30
Error	64	6.52	7.34	4.79	3.06

- Data were transformed by square root (X+0.5)

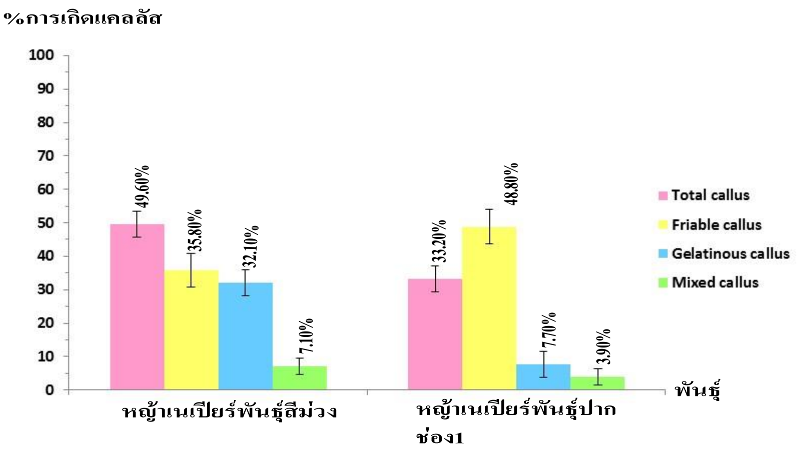


Figure 1 Percentage of total callus, friable callus, gelatinous callus and mixed callus formation in Purple Napier and Napier Pakchong1

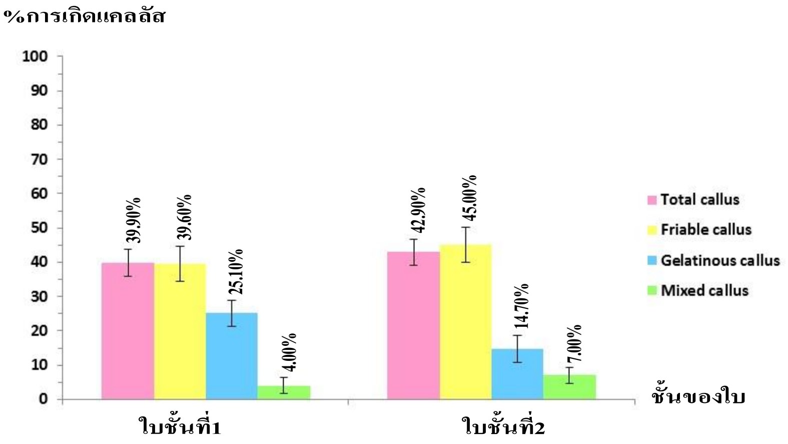


Figure 2 Percentage of total callus, friable callus, gelatinous callus and mixed callus formation from leaf-level

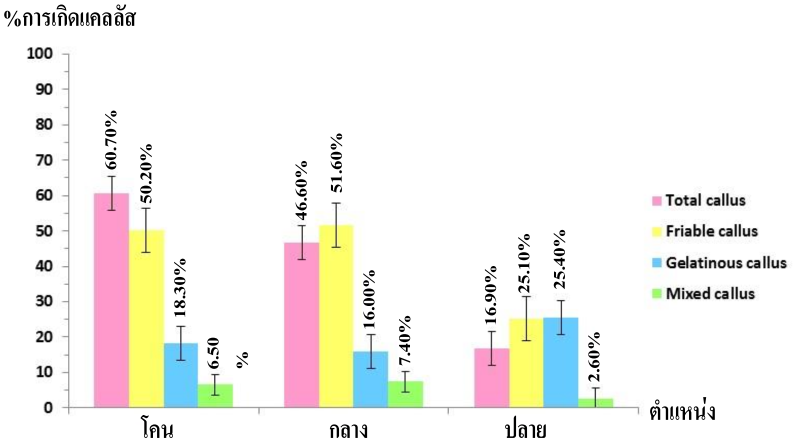


Figure 3 Percentage of total callus, friable callus, gelatinous callus and mixed callus formation from each part of leaf blade

เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสรวม แคลลัสแบบ FC GC และ MC จากสูตรอาหารทั้ง 8 สูตร พบว่าพันธุ์ของหญ้าเนเปียร์และสูตรอาหารที่ใช้มีอิทธิพลต่อการเกิดแคลลัส โดยทุกสูตรอาหารที่ทดสอบให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส

รวมไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในอาหารสูตรที่ไม่เติม 2, 4-D ซึ่งไม่มีแคลลัสเกิดขึ้น ในอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D 3 มิลลิกรัมต่อลิตร. มีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสรวมสูงสุด คือ 65.64 เปอร์เซ็นต์(Figure 4 A) และสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสแบบ GC ได้สูงสุดคือ 39.28 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4C) ขณะที่ 2,4-D 3 มิลลิกรัมต่อลิตร. ร่วมกับน้ำมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ชักนำให้เกิดแคลลัสแบบ FC ได้สูงสุด คือ 68.21 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4B) และสูตรอาหารที่เติม 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร. ร่วมกับน้ำมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ ชักนำให้เกิดแคลลัสแบบ MC สูงสุด คือ 11.82 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4D) ซึ่งแคลลัสแบบ MC เป็นแคลลัสแบบผสมเหมาะสำหรับนำไปชักนำให้เกิดต้น เนื่องจากมีส่วนประกอบของ compact callus อยู่ด้วย สอดคล้องกับรายงานของดำรงรักษ์ (2546)

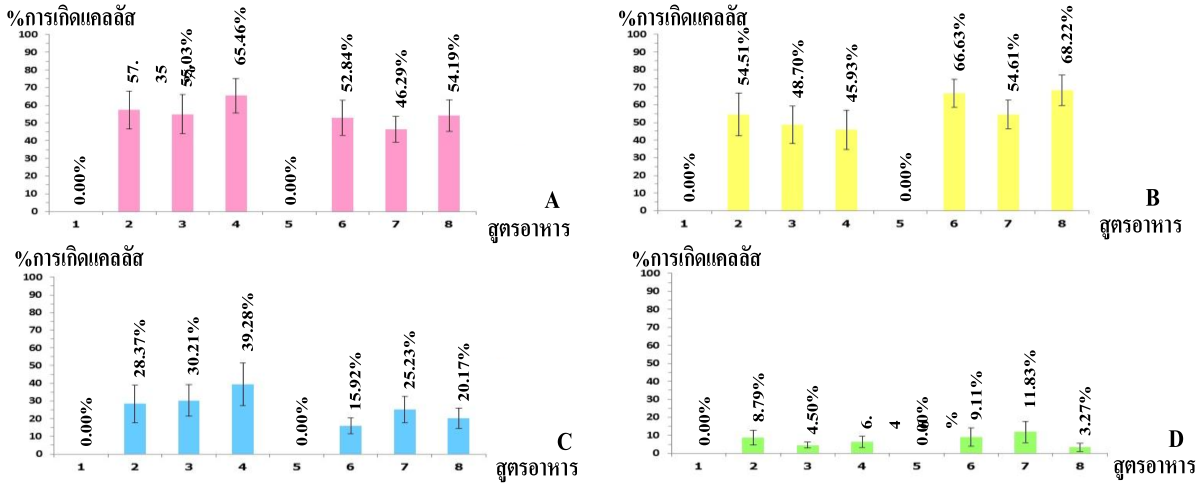


Figure 4 Percentage of total callus (A), friable callus (B), gelatinous callus (C) and mixed callus (D) formation from young leaves cultured on MS medium supplemented with 5% coconut water and various concentration of 2,4-D

สรุปผล

พันธุ์หญ้าเนเปียร์ ตำแหน่งบนแผ่นใบ และสูตรอาหารมีอิทธิพลต่อการเกิดแคลลัส แต่ชั้นของใบไม่มีอิทธิพลต่อการเกิดแคลลัส ยกเว้นในแคลลัสชนิด GC โดยสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำแคลลัสในหญ้าเนเปียร์ คืออาหารสูตร MS ที่เติม 2, 4-D ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ และ ไม่พบการเกิดแคลลัสในอาหารสูตรที่ไม่เติม 2, 4-D

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนวิจัยพืชไร่นา 2559 ภาควิชาพืชไร่นา และสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

จันทกานต์ อรุณนันท์, 2544, การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในหญ้าเนเปียร์แคระโดยรังสีแกมมาร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดำรงรักษ์ จ้อยรักษา, 2546, ผลของรังสีแกมมาร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Baker, C.M., Munos-Fernandez, N. and Carter, C.D., 1999, Improved shoot development and rooting from mature cotyledon of sunflower. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 58: 39-49.

Wan, C.H. and Vasil, I.K., 1996, Regeneration of plants from embryogenic callus, cell suspension, protoplast, and cryopreserved cell suspension cultures of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.), J. Plant Physiol., 148: 718-726.

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลที่ฉายรังสียูวี-ซี

Ultraviolet-C Radiation on Physiological Changes of Fresh-cut ‘Red Maradol’ Papaya

ชลิดา ฉิมวารี[1,2] พนิดา บุฤทธิ์ธงไชย[1,2] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[3]
Chimvaree, C.[1,2], Boonyaritthongchai, P.[1,2] and Poubol, J.[3]

Abstract

This research was aimed to study the physiological changes of fresh-cut ‘Red Maradol’ ripe papaya irradiated with UV-C, at the dose of 1.2, 2.4 and 3.6 kJ/m^2, and stored at 7^{o}C for 6 days. Respiration rate, ethylene production rate, firmness and water soaking were determined every 2 days, which were compared to un-irradiated fresh-cut ripe papaya (control). Results showed that all doses of irradiated UV-C could delay respiration rate, ethylene production rate, loss of firmness and water soaking appearance as compared to control. The UV-C irradiated at 3.6 kJ/m^2 was the best treatment for delaying the physiological changes of fresh-cut ripe papaya, which its water soaking was occurred lesser than 50% and its shelf life was 6 days.
Keywords: fresh-cut papaya, UV-C, physiological changes

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลที่ผ่านการฉายรังสียูวี-ซี ที่ปริมาณรังสี 1.2, 2.4 และ 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ตรวจวัดอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน ความแน่นเนื้อ และอาการฉ่ำน้ำของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกๆ 2 วัน โดยเปรียบเทียบกับมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ผ่านการฉายรังสียูวี-ซี (ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่าการฉายรังสียูวี-ซีทุกระดับช่วยชะลออัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน การสูญเสียความแน่นเนื้อ และการเกิดอาการฉ่ำน้ำได้เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ฉายรังสียูวีซี (ชุดควบคุม) โดยการฉายรังสียูวี-ซีที่ความเข้ม 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ดีที่สุด โดยเกิดอาการฉ่ำน้ำต่ำกว่าร้อยละ 50 ตลอดอายุการเก็บรักษา และมีอายุการเก็บรักษา 6 วัน
คำสำคัญ: มะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภค ยูวีซี การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

คำนำ

ผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นธุรกิจที่มีแนวโน้มได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลา เหมาะกับชีวิตประจำวันที่ต้องเร่งรีบของผู้บริโภค อีกทั้งมีความสดใหม่ มีคุณภาพและคุณค่าทางอาหารสูง ผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ในระหว่างการแปรรูป เช่น การล้างทำความสะอาด การปอกเปลือก การตัดแต่ง การหั่น และการบรรจุ ตลอดจนการเก็บรักษา การแปรรูปในลักษณะดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบอบบาง มีการเสื่อมสภาพทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และการเน่าเสียจากจุลินทรีย์อย่างรวดเร็วในระหว่างการแปรรูป (O’Beirne และ Francis, 2003) เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสที่ผิดปกติ (Kabir, 1994; Varoquaux และ Willy, 1994)

รังสียูวี-ซี (UV-C) มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแถบสีน้ำเงินของสเปกตรัมแสงกับแถบของรังสีเอกซ์ มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 200-280 นาโนเมตร (สมบุญ, 2538) เป็นรังสีที่ไม่ก่อให้เกิดไอออน (non-ionization) เมื่อนำมาใช้กับพืชจะซึมผ่านเพียงแค่พื้นผิวเท่านั้น (Luckey, 1980) มีรายงายว่ารังสียูวี-ซีที่ปริมาณ 1 และ 1.5 kJ/m^2 สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ (Marquenie และคณะ, 2001) ส่วนรังสียูวี-ซีที่ปริมาณ 4.5 kJ/m^2 สามารถชะลอการ

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 กรุงเทพมหานคร 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Bangkok 10150
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand
[3] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[3] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

สูญเสียความแน่นเนื้อของสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Pan และ Zu, 2012) นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้รังสียูวี-ซีเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพและป้องกันโรคในระหว่างการเก็บรักษาในผลไม้หลายชนิด เช่น เกรพฟรุต (D' hallewin และคณะ, 2000) มะม่วง (Gonzales-Aguilar และคณะ, 2001) และส้ม (D' hallewin และคณะ, 1999) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลที่ฉายรังสียูวีซี

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแปรรูปและการฉายรังสียูวี-ซีของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล

คัดเลือกมะละกอสุกพันธุ์เรดมาราดอลจากสวนในจังหวัดปราจีนบุรี ผิวมีสีเหลืองร้อยละ 75 หนักประมาณ 1,300 กรัม ไม่มีโรคและแมลงทำลาย ล้างฝุ่นผงออกด้วยน้ำประปาและสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก ตัดให้เป็นชิ้นขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำมาฉายรังสียูวี-ซี ที่ปริมาณ 1.2 2.4 และ 3.6 kJ/m^2 ตามลำดับ บรรจุมะละกอหนัก 120 กรัม ลงในถาดโฟมก้นลึก หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลิไวนิลคลอไรด์หนา 10 ไมโครเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ทุก 2 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

2. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธ์เรดมาราดอล

ชั่งมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคหนัก 25 กรัม ใส่ในขวดแก้วใสปิดสนิทปริมาตร 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง วัดอัตราการหายใจด้วยเครื่อง gas chromatography ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC 8A column ชนิด molecular sieve 5A (Mesh 60/80 อัตราการผลิตเอทิลีนโดยใช้ column ชนิด parapack Q (Mesh 60/80) วัดความแน่นเนื้อโดยเครื่อง Texture analyzer TA-XT 2 ใช้ใบมีดยาว 7 เซนติเมตร บันทึกค่าที่ได้ในหน่วยนิวตัน (N) และตรวจวัดอาการฉ่ำน้ำ (water soaking) โดยนับจำนวนชิ้นมะละกอแล้วคำนวณหาร้อยละของการเกิดอาการฉ่ำน้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการฉายรังสียูวี-ซีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาพบว่ามะละกอมีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 3.24-4.20 mg CO_2/kg.hr แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1 A) โดยพบว่ามะละกอที่ฉายรังสียูวี-ซีมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นช้ากว่ามะละกอพร้อมที่ไม่ได้ฉายรังสี (ชุดควบคุม) โดยรังสียูวี-ซีที่ปริมาณ 3.6 kJ/m^2 ชะลอการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (8.66 mg CO_2/kg.hr) รองลงมาคือมะละกอที่ฉายรังสียูวี-ซีปริมาณ 1.2 kJ/m^2 (10.40 mg CO_2/kg.hr) และ 2.4 kJ/m^2 (10.42 mg CO_2/kg.hr) ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามะละกอมีอัตราการผลิตเอทิลีนอยู่ในช่วง 0.44-0.57 µl C_2H_4/kg.hr และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกชุดการทดลอง (Figure 1 B) มะละกอที่ฉายรังสียูวี-ซีมีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นช้ากว่ามะละกอที่ไม่ได้ฉายรังสียูวี-ซี (ชุดควบคุม) โดยมะละกอฉายรังสียูวี-ซีที่ปริมาณ 3.6 kJ/m^2 มีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นต่ำที่สุด (1.75 µl C_2H_4/kg.hr) รองลงมาคือที่ปริมาณ 2.4 kJ/m^2 (1.97 µl C_2H_4/kg.hr) และ 1.2 kJ/m^2 (1.66 µl C_2H_4/kg.hr) อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง มะละกอตัดแต่งในทุกชุดการทดลองมีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากบาดแผลจากการตัดแต่ง เช่นเดียวกับที่พบในมะละกอสุกพันธุ์ Sunset ซึ่งมีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นภายหลังการตัดแต่ง (Paull และ Chen, 1997) จากการทดลองพบว่าการฉายรังสียูวี-ซีสามารถชะลออัตราการหายใจได้ อาจเนื่องมาจากรังสียูวี-ซีไปลดกิจกรรมของเอนไซม์ succinic dehydrogenase และ cytochrome C oxidase (Yang และคณะ, 2004) เช่นเดียวกับที่มีรายงานในสตรอเบอรี่ (Baka และคณะ, 1999) และช่วยยับยั้งการผลิตเอทิลีน โดยมีรายงานว่ารังสียูวี-ซีสามารถชะลอการสุกของมะเขือเทศได้โดยลดการแสดงออกของ ethylene response factor (ERF) 13 ชนิด (Joseana และคณะ, 2014)

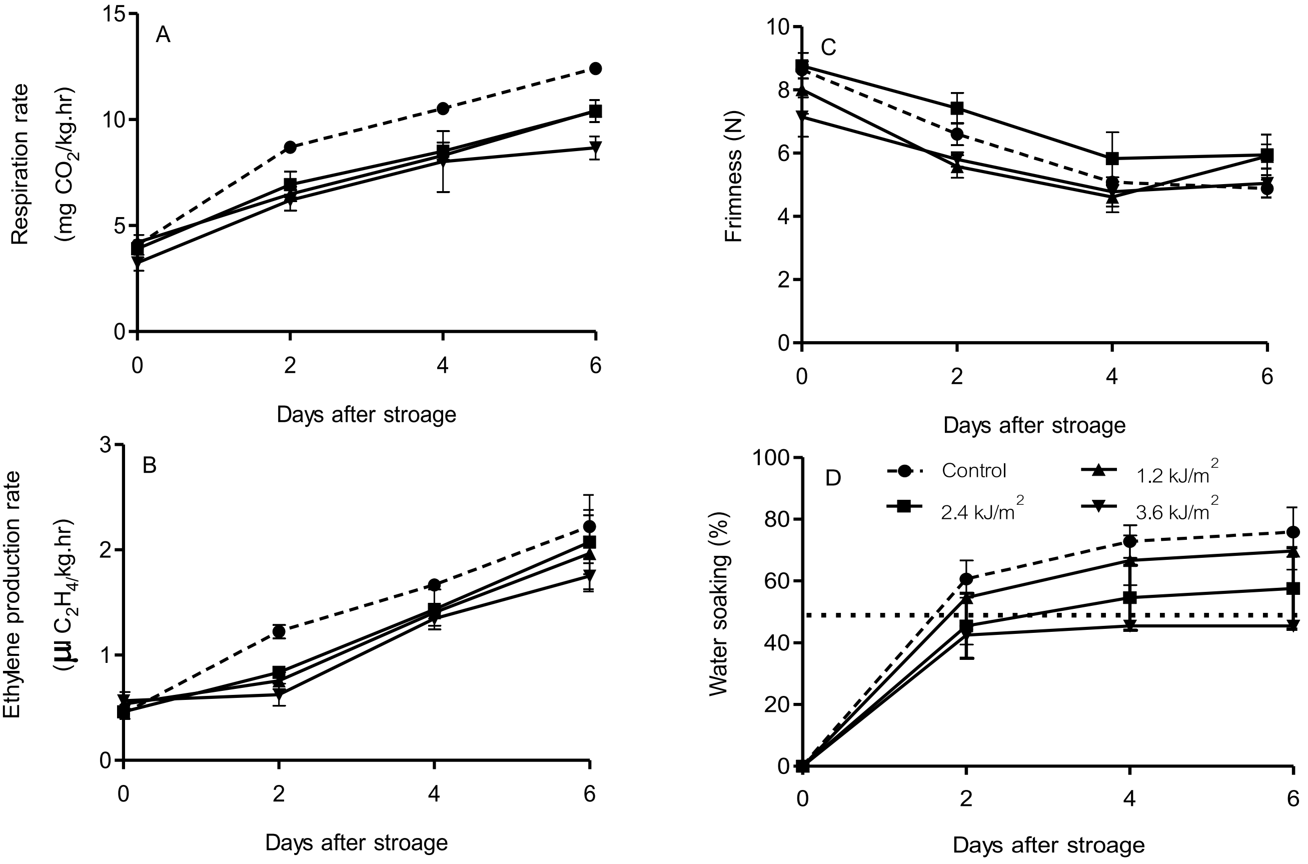


Figure 1 Respiration rate (A), ethylene production rate (B), firmness (C), and water soaking of fresh-cut 'Red Maradol' papaya treated with UV-C at 1.2, 2.4 and 3.6 kJ/m^2.Papaya cubes were packed in foam tray and wrapped with PVC films, then stored at 7 ºC for 6 days. Dotted line represents microbial counts were below to the detection level.

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามะละกอมีความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 7.14 - 8.64 นิวตัน หลังจากนั้นค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงทุกชุดการทดลอง (Figure 1 C) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าค่าความแน่นเนื้อลดลงอยู่ในช่วง 4.88-6.28 นิวตัน เนื่องจากอาหารที่สะสมไว้ในเซลล์ถูกนำมาใช้ในกระบวนการหายใจ จึงทำให้ความแน่นเนื้อลดลง มะละกอที่ฉายรังสียูวี-ซี มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่ามะละกอที่ไม่ได้ฉายรังสียูวี-ซี แต่อย่างไรก็ตามค่าความแน่นเนื้อในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษามะละกอในทุกชุดการทดลองเกิดอาการฉ่ำน้ำเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (Figure 1 D) และค่อนข้างคงที่ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มะละกอที่ฉายรังสีที่ปริมาณ 3.6 kJ/m^2 เกิดอาการฉ่ำน้ำเพิ่มขึ้นต่ำที่สุดประมาณร้อยละ 42.42 ซึ่งผู้บริโภคยังให้การยอมรับ (ไม่เกินร้อยละ 50) รองลงมาคือที่ปริมาณ 1.2 kJ/m^2 ประมาณร้อยละ 45.45 หลังจากนั้นอาการฉ่ำน้ำจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าร้อยละ 50 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนที่ปริมาณ 2.4 kJ/m^2 และชุดควบคุมเกิดอาการฉ่ำน้ำเกินร้อยละ 50 ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ในขณะที่มะละกอฉายรังสีที่ปริมาณ 3.6 kJ/m^2 เกิดอาการฉ่ำน้ำเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 50 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามการเกิดอาการฉ่ำน้ำในมะละกอไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สรุปผล

การฉายรังสียูวี-ซี ปริมาณ 3.6 kJ/m^2 สามารถชะลออัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน และการลดลงของความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด และมีอาการฉ่ำน้ำไม่เกินร้อยละ 50 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือในการทำวิจัย และสนับสนุนการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

โชคอนันต์ จันทร์สำราญกุล, 2550, ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาและการฉายรังสียูวี-ซีต่อคุณภาพของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมบุญ จิรชาญชัย, 2538, “What happens when you meet we?”, นิวเคลียร์ปริทัศน์, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 1-9.

Baka, M., Mercier, J., Corcruff, R., Castaigne, F., and Arul, J., 1999, Photochemical treatment to improve storability of fresh strewberries, Journal of Food Science, 64:1068-1072.

D’hallewin, G., Schirra, M., Manueddu, E., Piga, A., and Ben-Yehoshua, S., 1999, Scoparone and scopoletin accumulation and ultraviolet-C induced resistance to postharvest decay in oranges as influenced by harvest date, Journal of American Society for Horticultural Sciences, 124:702–707.

D’hallewin, G., Schirra, M., Pala, M., and BenYehoshua, S., 2000, Ultraviolet C irradiation at 0.5 kJ·m–2 reduces decay without causing damage or affecting postharvest quality of star ruby grapefruit (C. paradisi Macf.), Journal of Agricultural Food Chemistry, 48:4571-4575.

González-Aguilar, G.A., Wang, C.Y., Buta, J.G., and Krizek, D.T., 2001, Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe ‘Tommy Atkins’ mangoes, International Journal of Food Science & Technology, 36:767-773.

Seavro, J., Tiecher, A., Pirrello, J., Regad, F., Latche, A., Pech, J-C., Bouzayen, M., and Rombaldi, C.V., 2015, UV-C radiation modifiles the ripening and accumulation of ethylene response factor (ERF) transcripts in tomato fruit, Postharvest Biology and Technology, 102:9-16.

Kabir, H., 1994, “Fresh-cut vegetables, In A. L. Brods and V. A., Herndon (Eds.)”, Modified atmosphere food packaging, Naperville, Illinois: Instiute of Packaging Professionals, pp. 155-160.

Luckey, T. D., 1980, Hormesis with ionizing radiation, CRC Press, Boca Roton, FL.

Marquenie, D., Michiels, C.W., Geeraerd, A.H., Schenk, A., Soontjiens, C., Van Impe, J.F., and Nicolai, B.M., 2002, Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry, International Journal of Food Microbiology, 73:187-196.

O’Beirne, D., and Francis, G. A., 2003, Reducing the pathogen risk in MAP-prepared produce, In R., Ahvenainen (Ed.), Novel food packaging techniques, Cambridge, UK; Boca Roton, FL: Woodhead Publishing Limited/CRC Press LLC, pp. 321-286.

Pan, Y.G., and Zu, H., 2012, Effect of UV-C radiation on the quality of fresh-cut pineapple, Procedia Engineering, 37:113-119.

Paull, R.E. and Chen, W., 1997, Minimal processing of papaya (Carica papaya L.) and the physiology of halved fruit, Postharvest Biology and Technology, Vol. 12, pp. 93-99.

Varoquaux, P., and Wiley, R., 1994, Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables, In R. C., Wiley (Ed.), Minimally processed refrigerated fruits and vegetables, New York, USA: Chapman and Hall, pp.226-268.

Yang, Z., Cao, S., Su, X., and Jiang. Y., 2014, Respiratory activity and mitochondrial membrane associated with fruit senescence in postharvest peaches in response to UV-C treatment, Food Chem, 15:16-21.

การเตรียมน้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม: ผลของระดับการทำเข้มข้นต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

Preparation of Ready-to-drink Gac Concentrate: Effect of Concentration Levels on the Biologically Active Ingredients and Antioxidant Capacity

ศรินญา สังขสัญญา[1] **และ พิสุทธิ หนักแน่น**[2]

Sangkasanya, S.[1] and Naknaen, N.[2]

Abstract

The aim of this research was to determine the effect of concentration levels of Gac Concentrate (GC) on the biologically active ingredients and antioxidant capacity of Ready-to-drink Gac Concentrate (RGC). Firstly, three concentrations (50, 60 and 70%) of Mixed Gac Juice (red aril: yellow pulp = 1:1)(MGJ) were prepared and evaluated by 9-point hedonic scale. No difference in acceptability was found among the three concentrations of MGJ ($p>0.05$). Thus, 60% of MGJ was selected for preparing the GC based on the acceptability score of approximately 7. Two concentration levels (3 and 8°Brix) of GC were prepared by open pan evaporation (85+5°C). The 8°Brix of GC was diluted with water (1:2). After that, both of them were mixed with other ingredients and pasteurized to obtain RGC (14°Brix). The quality evaluations showed that RGC prepared with GC of 8°Brix had higher content of lycopene (11.97 µg/ml), beta-carotene (7.06 µg/ml), total carotenoids (57.87 µg/ml) and DPPH radical scavenging activity (0.23 mg AAE/ml) compared to the RGC prepared by GC with 3°Brix.

Keywords: ready-to-drink gac concentrate, concentration level, biologically active ingredients, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับการทำเข้มข้นฟักข้าวเข้มข้น ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมน้ำฟักข้าวผสมเข้มข้น 50, 60 และ 70% ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับน้ำฟักข้าวผสม ($p>0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกน้ำฟักข้าวผสมเข้มข้น 60% ซึ่งมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด (7.0 คะแนน) เพื่อนำไปผลิตเป็นฟักข้าวเข้มข้นต่อไป ขั้นตอนที่สองเคี่ยวกระทะเปิดน้ำฟักข้าวผสม (85+5°C) ให้ได้ฟักข้าวเข้มข้นสองระดับความเข้มข้น ได้แก่ 3 และ 8°บริกซ์ นำฟักข้าวเข้มข้นที่ได้ผสมกับส่วนผสมอื่นๆ (เฉพาะฟักข้าวเข้มข้น 8°บริกซ์ จะถูกเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:2 ก่อนผสมกับส่วนผสมอื่นๆ) และเคี่ยวกระทะเปิดต่อจนได้ผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มความเข้มข้น 14°บริกซ์ ผลทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม ที่เตรียมจากฟักข้าวเข้มข้น 8°บริกซ์ จะมีปริมาณไลโคปีน (11.97 µg/ml) เบต้าแคโรทีน (7.06 µg/ml) แคโรทีนอยด์ทั้งหมด (57.87 µg/ml) และ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (0.23 mg AAC/ml) ที่สูงกว่าการเตรียมจากน้ำฟักข้าวเข้มข้น 3°บริกซ์ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม ระดับการทำเข้มข้น สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ฟักข้าว (*Momordica cochinensis* Spreng.) พืชสมุนไพรท้องถิ่นของไทย นิยมนำมาใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่หลากหลาย ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในรูปแบบน้ำผักผลไม้สกัดพร้อมดื่มได้รับความนิยมในการเลือกบริโภคสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาจเป็นเพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ หาซื้อง่าย สะดวกในการเตรียมบริโภค รสชาติดี และให้ความสดชื่นขณะบริโภค ปัจจุบันพบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากฟักข้าวมีวางจำหน่ายมากมายในท้องตลาด (Kubora และ Sirimornpun, 2011) อย่างไรก็ตามเครื่องดื่มน้ำฟักข้าวที่มีจำหน่ายในปัจจุบันมักมีการผสมน้ำผลไม้ชนิดอื่นลงไปด้วย เบื้องต้นคณะผู้วิจัยจึง

[1] **สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี** 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

[2] **สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ** 10110

[2] Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Bangkok, 10110

สนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากฟักข้าวที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำผลไม้ชนิดอื่น และทางผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการพัฒนาสูตรต้นแบบของน้ำฟักข้าวผสมที่ใช้เพียงส่วนของน้ำฟักข้าวเพียงอย่างเดียว พร้อมทั้งทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยการทำการทดสอบของผู้บริโภคซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ (Sarinya และคณะ, 2016)

กระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีที่ลดลง แต่ในทางตรงกันข้ามพบเมื่อมีการตรวจติดตามความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนกลับพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระยังคงที่ หรือเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผักผลไม้สด ดังเช่นงานวิจัยของ Dewanto และคณะ (2002) รายงานว่าปริมาณ ไลโคปีนในมะเขือเทศที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 88 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 15 และ 30 นาที มีปริมาณสูงขึ้นจาก 2.01 เป็น 3.11, 5.45 และ 5.32 มิลลิกรัมต่อกรัมมะเขือเทศ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มสูงขึ้นของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จาก 4.13 เป็น 5.29, 5.53 และ 6.70 ไมโครโมลกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมมะเขือเทศ ตามลำดับ กระบวนการทำเข้มข้นด้วยการเคี่ยวกระทะเปิด เป็นกระบวนแปรรูปโดยความร้อนรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เตรียมผลิตภัณฑ์น้ำผักผลไม้สกัดพร้อมดื่มได้ ซึ่งทั้งนี้อาจมีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับการทำเข้มข้นฟักข้าวเข้มข้น ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบและการเตรียมน้ำฟักข้าวผสม

คัดเลือกผลฟักข้าวระยะสุกเต็มที่ ที่มีความสมบูรณ์ จากแหล่งวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ปลูกฟักข้าวบ้านปลักไม้ลาย อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม นำฟักข้าวที่ได้มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และแยกส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและเนื้อสีเหลืองเพื่อใช้ในการเตรียมน้ำฟักข้าวผสมตามวิธีการของ Sarinya และคณะ (2016) โดยผสมเนื้อฟักข้าว (เยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงต่อเนื้อสีเหลืองในอัตราส่วน 1:1) จากนั้นเติมน้ำสะอาดในอัตราส่วนเนื้อต่อน้ำเท่ากับ 1:4 ปั่นให้เข้ากันด้วยโถผสม เป็นเวลา 5 นาที กรองแยกกากละเอียด

2. การคัดเลือกความเข้มข้นของน้ำฟักข้าวผสมที่เหมาะสม

นำน้ำฟักข้าวผสมที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาเตรียมให้ได้ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60 และ 70 พิจารณาคัดเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมด้วยการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คน พิจารณาคะแนนคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รส ความรู้สึกภายในปาก และ ความชอบโดยรวม พิจารณาคัดเลือกน้ำฟักข้าวผสมที่ความเข้มข้นที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3. การเตรียมฟักข้าวเข้มข้นและน้ำฟักข้าวสกัดพร้อมดื่ม

เตรียมน้ำฟักข้าวผสมตามที่ความเข้มข้นที่คัดเลือกได้จากการทดลองตอนที่ 2 เพื่อนำมาศึกษาระดับการทำเข้มข้นที่เหมาะสมด้วยวิธีการเคี่ยวกระทะเปิด น้ำฟักข้าวผสมจะถูกเคี่ยวในกระทะเปิดจนได้ฟักข้าวเข้มข้น 2 ระดับ ได้แก่ (1) เคี่ยวจนได้ระดับการทำเข้มข้น 3°บริกซ์ (2) เคี่ยวจนได้ระดับการทำเข้มข้น 8°บริกซ์ (แล้วนำไปเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:2 ก่อนนำไปใช้) จากนั้นทั้งสองระดับความเข้มข้นจะถูกนำมาผสมกับส่วนผสมอื่น ได้แก่ น้ำ (26.63%) โอลิโกฟรุคโตส (6.66%) น้ำผึ้ง (4.44%) เกลือ (0.04%) และกรดซิตริก (0.09%) พาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอการตรวจวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำฟักข้าวสกัดพร้อมดื่ม

นำน้ำฟักข้าวสกัดพร้อมดื่มที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 3 มาวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณเบต้าแคโรทีน, ปริมาณไลโคปีน และ ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ด้วยวิธี สเปกโตรโฟโตเมตรี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radicals scavenging (Sarinya และคณะ, 2016)

5. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองทางประสาทสัมผัสแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New

multiple range test (DMRT) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าวิเคราะห์จาก 2 กลุ่มตัวอย่างด้วย T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการทดลอง

การคัดเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำฟักข้าวผสมโดยพิจารณาจากคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ แสดงดัง Table 1 ผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำฟักข้าวผสมไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามน้ำฟักข้าวผสมที่ความเข้มข้น 60% มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด จึงถูกคัดเลือกเพื่อนำไปใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาระดับการทำเข้มข้นฟักข้าวเข้มข้นในตอนต่อไป

Table 1 Consumer acceptance of Gac juices at different concentrations of 50, 60 and 70%

gac juice concentration (%)	acceptance score (1-9)				
	attributes				
	color^{ns}	odor^{ns}	taste^{ns}	mouth feel^{ns}	overall^{ns}
50	7.13	6.50	6.47	6.50	6.84
60	6.75	6.50	6.72	6.63	7.00
70	6.75	6.44	6.63	6.63	6.78

Values are given as means. Means with ns in the same column are not are significantly different at the $p<0.05$ level.

ระดับการทำเข้มข้นฟักข้าวเข้มข้นที่แตกต่างกันมีผลโดยตรงต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม ($p<0.05$) โดยน้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มที่เตรียมจากฟักข้าวเข้มข้นที่ผ่านการเคี่ยวกระทะเปิดจากน้ำฟักข้าวผสมจนได้ความเข้มข้น 8^{o}บริกซ์ จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณไลโคปีน และ ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ที่สูงกว่าฟักข้าวเข้มข้นที่ได้จากการเคี่ยวกระทะเปิดน้ำฟักข้าวผสมจนได้ความเข้มข้น 3^{o}บริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองแสดงดัง Table 2 และ มีความสัมพันธ์ทางตรงต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดพร้อมดื่ม ($p<0.05$) ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radicals scavenging แสดงดัง Figure 1

Table 2 Beta-carotene, Lycopene and Total carotenoids contents of Ready-to-drink Gac Concentrate (RGC)

RGC	Biologically active ingredients (µg/ml)		
	Beta-carotene	Lycopene	Total carotenoids
Preparing form 3^{o}Brix concentrate	$6.00+0.10^{b}$	$9.98+0.05^{b}$	$50.21+0.12^{b}$
Preparing form 8^{o}Brix concentrate*	$7.06+0.12^{a}$	$11.97+0.05^{a}$	$57.87+0.10^{a}$

Values are given as means+SD.

Means with the different letters in the same column are significantly different at the $p<0.05$ level.

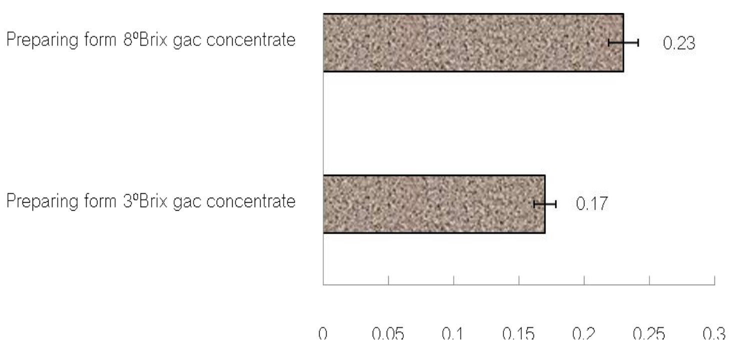


Figure 1 DPPH radical scavenging activity (mg AAC/ml) of Ready-to-drink Gac Concentrate (RGC)

วิจารณ์ผล

ความเข้มข้นของน้ำฟักข้าวผสมส่งผลต่อลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความข้นหนืดภายในปากขณะรับประทาน แต่ลักษณะความแตกต่างของน้ำฟักข้าวผสมนั้นไม่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคดังพิจารณาได้จากคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกสิ่งทดลอง กระบวนการทำเข้มข้นแบบเคี่ยวกระทะเปิดเป็นหนึ่งในกระบวนการทำเข้มข้นผลิตภัณฑ์แบบดั้งเดิมที่มีการให้ความร้อนโดยตรงต่อผลิตภัณฑ์เพื่อระเหยน้ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นสูงขึ้น (Kim และคณะ, 2015) การเคี่ยวกระทะเปิดในการเตรียมฟักข้าวเข้มข้นก่อนนำไปใช้เตรียมผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มในการทดลองครั้งนี้นั้น พบว่าการให้ความร้อนสูง ระยะเวลานานขึ้น จนได้ฟักข้าวเข้มข้นที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม ($p<0.5$) โดยเมื่อทำการเคี่ยวกระทะเปิดนานขึ้นจนได้ฟักข้าวเข้มข้น 8°บริกซ์ ก่อนนำมาผสมกับส่วนผสมอื่นเพื่อเตรียมน้ำฟักข้าวสกัดพร้อมดื่มนั้น สามารถตรวจพบปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณไลโคปีน และ ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่สูงขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า (Shi และ Maguer, 2000; Dewanto และคณะ, 2002) อธิบายได้ว่ากระบวนแปรรูปด้วยความร้อนสามารถเพิ่มปริมาณสารแคโรทีนอยด์ให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นเพราะความร้อนมีผลทำให้ผนังเซลล์พืชและเยื่อหุ้มเซลล์พืชอ่อนนุ่มลง เป็นผลทำให้การปลดปล่อยสารแคโรทีนอยด์ ออกมาเกิดได้ง่ายขึ้น อีกทั้งความร้อนมีผลในการปลดปล่อยสารไลโคปีนซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลักที่มีมากในฟักข้าวที่มักจะเกาะอยู่กับส่วนเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำได้อีกด้วย (Shi และ Maguer, 2000) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าความร้อนมีส่วนช่วยในการปลดปล่อยสารฟีนอลิกอื่นๆที่สะสมอยู่ในส่วนแวคิวโอล และ ความร้อนในการเคี่ยวกระทะเปิดซึ่งสูงกว่า 88 องศาเซลเซียส อาจมีผลช่วยในการยับยั้งกิจกรรมของไฮโดรไลติกเอ็นไซม์ที่มีผลในการออกซิเดชั่นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มฟีนอลิก (Chism และ Haard, 1996) ส่งผลต่อการคงหรือเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย

สรุปผล

ความร้อนและระยะเวลาที่ใช้ในการเคี่ยวกระทะเปิด ส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ เมื่อให้ความร้อนสูงในระยะเวลาที่นานขึ้นแก่น้ำฟักข้าวผสม จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ฟักข้าวเข้มข้นที่มีความเข้มข้นสูง และมีผลในการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม โดยการเตรียมฟักข้าวเข้มข้น 8°บริกซ์ จากการเคี่ยวกระทะเปิดน้ำฟักข้าวผสม 60% ก่อนนำไปใช้เตรียมผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มนั้น สามารถเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สอดคล้องกับผลความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง

เอกสารอ้างอิง

Chism, G.W., and Haard, N.F., 1996, Characteristics of edible plant tissues. In Food Chemistry. (Fennema, O. R., Ed). Dekker, New York, 943p.

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K., and Liu, R.H., 2002, Thermal processing enhances the nutritional value of Tomatoes by increasing total antioxidant activity, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 3010-3014.

Kim, S., Shiri, J., Singh, V.P., Kisi, O., and Landeras., 2015, Predicting daily pan evaporation by soft computing models with limited climatic data, Hydrological Sciences Journal, 60: 1120-1136.

Kubola, J., and Siriamornpun, S., 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis Spreng.*), Food Chemistry, 127: 1138–1145.

Sarinya, S., Sutthipong, P., Chawanthat, N. and Phisut, N., 2016, Red aril and yellow pulp from Gac fruit (Momordica cochinchinensis Spreng) as a source of biologically active ingredients for functional drink: Effect of formulation, 18th Food Innovation Asia Conference 2016. June 16-18, 2016, Bangkok, Thailand. 215p.

Shi, J., and Maguer, M. L., 2000, Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40:1-42.

ผลของการเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของขนมปังแซนด์วิช

Effect of the Incorporation of Pineapple Cores Dietary Fiber on Quality of Sandwich Bread

สุภาวิณี แสนทวีสุข[1]
Saentaweesuk, S.[1]

Abstract

The aim of this reserch was to study the effect of substitution of wheat flour with dietary fiber (DF) from pineapple cores at 0%, 3%, 5% and 7% (flour basis) on physical and sensory properties of sandwich bread. Results showed that the specific volume and moisture content of sandwich bread significantly decreased with the increasing DF from pineapple cores. For color parameters, lightness (L*) of bread crumb decreased, whereas, an increase of redness (a*) and yellowness (b*) was observed. Textural properties of the samples as determined instrumentally showed that firmness increased, while springiness decreased with an increase in DF from pineapple cores. Sensory evaluation using a 9-point hedonic scales illustrated that addition of maximum 5% DF from pineapple cores to sandwich bread resulted in a product of acceptable sensory characteristics.

Keywords: dietary fiber, pineapple cores, sandwich bread

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 3 5 และ 7 (โดยน้ำหนักแป้ง) ที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังแซนด์วิช จากการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณใยอาหารจากแกนสับปะรดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะและความชื้นของขนมปังแซนด์วิชลดลง ค่าความสว่าง (L*) ของตัวอย่างมีค่าลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัดพบว่า ปริมาณใยอาหารจากแกนสับปะรดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ขนมปังแซนด์วิชมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่นลดลง ผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่าการเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรดในขนมปังแซนด์วิชสามารถทำได้ไม่เกินร้อยละ 5 โดยทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

คำสำคัญ: ใยอาหาร แกนสับปะรด ขนมปังแซนด์วิช

คำนำ

แกนสับปะรดเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลพลอยได้ และเป็นที่ทราบกันดีว่าสับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมด้วยเส้นใยอาหาร โดยเฉพาะเส้นใยอาหารจากแกนสับปะรดสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหารชนิดต่างๆ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น (อังคณา และคณะ, 2557) โดยเส้นใยอาหารนั้นมีบทบาทที่สำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ ได้แก่ ช่วยป้องกันโรคระบบทางเดินอาหาร (Mondeloff, 1987) ช่วยในการลดความอ้วน (Stavin, 2005) ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด (King, 2005) และ ป้องกันโรคมะเร็งบางชนิด (Nomura และคณะ, 2007; Roth และ Mobarhan, 2001) ปัจจุบันประเทศไทยเป็นสังคมแห่งการเร่งรีบ ผู้คนส่วนใหญ่รับประทานอาหารด้วยความเร่งรีบ ขนมปังแซนด์วิชจึงมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากรับประทานง่าย สะดวก แต่อย่างไรก็ตามขนมปังแซนด์วิชสีขาวไม่ใช่ตัวเลือกที่ดีนักเพราะเส้นใยอาหาร วิตามินและแร่ธาตุอื่นๆ ของแป้งสาลีที่จะนำมาทำขนมปังได้สูญสลายไปในขั้นตอนการขัดขาวและฟอกให้เป็นแป้งขาวแล้ว จึงทำให้ขนมปังแซนด์วิชขาวที่มีคุณค่าทางโภชนาการของใยอาหารที่มีประโยชน์ยังมีน้อย ในขณะที่แนวโน้มผู้บริโภคในปัจจุบันมีความห่วงใยและใส่ใจในสุขภาพมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจากศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2558) พบว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมอบมีมูลค่าตลาด 22.4 พันล้านบาท และแนวโน้มของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้

[1] **สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา** 13000
[1] Division of Food Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranahon Si Ayutthaya 13000

เน้นทางด้านสุขภาพตามกระแส wellness ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่มีการเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรด เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับขนมปังแซนด์วิช เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ ตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าแกนสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมใยอาหารจากแกนสับปะรด

นำแกนสับปะรดมาผลิตเป็นใยอาหาร โดยดัดแปลงจาก Prakongpan และคณะ (2002) โดยนำแกนสับปะรดมาล้างทำความสะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดไม่เกิน 0.25 นิ้ว แล้วบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น ล้างด้วยน้ำอุ่น 3-4 ครั้ง แล้วนำไปต้มกับน้ำในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก จนเดือดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นล้างแล้วทำให้เย็น บีบน้ำออก แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง บดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อน 100 เมช ใยอาหารที่ได้เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทเพื่อรอการนำไปประเมินคุณภาพและนำไปใช้ต่อไป

2. การศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังแซนด์วิช

นำใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนส่วนของแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0, 3, 5 และ 7 ของน้ำหนักแป้งสาลีในสูตร ซึ่งส่วนผสมทั้งหมดประกอบด้วย แป้งสาลี น้ำตาล เกลือ เนยขาว ยีสต์ นมผงพร่องมันเนย เนยชาว และ น้ำ ในปริมาณ 100,10, 1.75, 1, 4, 6, และ 60 กรัม ตามลำดับ (ดัดแปลงมาจาก จิตธนา และอรอนงค์, 2541) โดยนำส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นเนยขาว ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมจากนั้นเติมเนยขาวผสมต่อด้วยความเร็วปานกลาง จนได้โดที่เนียน ใช้เวลา 15 นาที พักก้อนโดประมาณ 45-60 นาที แล้วนำมานวดไล่อากาศ คลึงเป็นแผ่นแล้วม้วนเป็นท่อนยาว พับตะเข็บให้แน่นวางในพิมพ์ขนาด 6x4x4.5 นิ้ว จากนั้นพักโดให้ขึ้นเกือบเต็มพิมพ์ แล้วนำไปอบที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของขนมปังแซนด์วิช ได้แก่ ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง (Specific volume of bread) โดยการแทนที่เมล็ดงา, เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer : BROOKFIELD CT3) ด้วยวิธี Texture profile analyzer (TPA) 2 ครั้ง ใช้หัววัด cylinder probe ขนาด 38 มม. (Dahle และ Sambucci, 1987) โดยรายงานค่าเป็นค่าความแน่นเนื้อ (firmness), และ ความยืดหยุ่น (springiness), ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000), และค่าสี (CIE L^*, a^*, b^*) ของส่วนเนื้อขนมปังที่ผ่านการตัดขวาง ด้วยเครื่อง color meter (Hunter lab รุ่น Miniscan XE Plus)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปัง

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความนุ่ม และความชอบโดยรวม ด้วยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการใช้ใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 3 5 และ 7 (โดยน้ำหนักแป้ง) ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ พบว่า เมื่อปริมาณใยอาหารจากแกนสับปะรดเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะและความชื้นของขนมปังแซนด์วิชลดลง ($P \leq 0.05$) (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากโดที่ใช้ใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนแป้งสาลี ทำให้มีปริมาณกลูเตนลดลง จึงทำให้ความสามารถในการเก็บกักก๊าซและความชื้นลดลง (Angioloni และ Collar, 2008) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัดพบว่า ปริมาณใยอาหารจากแกนสับปะรดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ขนมปังแซนด์วิชมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) (Table 1) ซึ่งค่าความแน่นเนื้อของขนมปังสอดคล้องกับปริมาตรจำเพาะของขนมปัง คือเมื่อขนมปังมีปริมาตรจำเพาะต่ำจะมีขนาดเล็กไม่ขึ้นฟูทำให้มีรูพรุนน้อย ค่าความแน่นเนื้อจึงมากกว่าขนมปังที่ขึ้นฟู ในขณะที่เมื่อปริมาณใยอาหารจากแกนสับปะรดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นลดลง โดยการใช้ใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ

ร้อยละ 3 และ 5 มีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างจากตัวอย่างขนมปังที่ไม่ได้เสริมใยอาหารจากแกนสับปะรด ($P > 0.05$) สำหรับค่าสี พบว่า การใช้ใยอาหารจากแกนสับปะรดทดแทนแป้งสาลีมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ของตัวอย่างมีค่าลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างขนมปังที่ไม่ได้เสริมใยอาหารจากแกนสับปะรด (Table 2) แสดงให้เห็นว่าการเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรดส่งผลให้ขนมปังแซนด์วิชมีสีคล้ำและสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังแซนด์วิช พบว่า การเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรดในขนมปังแซนด์วิชส่งผลให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ ลดลง ($P \leq 0.05$) และจาก Table 3 จะเห็นว่า การเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรดในขนมปังแซนด์วิชสามารถทำได้ไม่เกินร้อยละ 5 โดยทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค เนื่องจากคะแนนความชอบในทุกๆ ด้านอยู่ในระดับชอบปานกลาง

Table 1 Specific volume, Moisture content and Texture profile of sandwich bread as affected by different levels of dietary fiber (DF) from pineapple cores.

Fiber from pineapple cores. (%)	L*	a*	b*
0	83.63 ± 1.45^{b}	-0.46 ± 0.67^{a}	16.48 ± 1.47^{a}
3	83.64 ± 0.98^{b}	-0.22 ± 0.13^{a}	20.35 ± 1.08^{b}
5	82.04 ± 0.56^{a}	-0.08 ± 0.32^{a}	22.70 ± 1.10^{c}
7	81.47 ± 0.59^{a}	0.94 ± 0.24^{b}	25.19 ± 0.73^{d}

a, b, c,... Mean in the same column followed by different superscript letters differs significantly ($P \leq 0.05$).

Table 2 Color values (L*, a*, b*) of sandwich bread as affected by different levels of dietary fiber (DF) from pineapple cores.

Fiber from pineapple cores. (%)	Specific Volume (g/cm^3)	Moisture content (%)	Firmness (g)	Springiness
0	2.55 ± 0.12^{a}	38.17 ± 0.04^{b}	62.00 ± 4.24^{c}	2.55 ± 0.16^{a}
3	2.11 ± 0.08^{b}	37.22 ± 0.77^{b}	85.00 ± 2.83^{c}	2.43 ± 0.02^{ab}
5	1.53 ± 0.09^{c}	35.00 ± 0.14^{a}	168.50 ± 10.61^{b}	2.35 ± 0.00^{ab}
7	1.33 ± 0.01^{c}	33.58 ± 0.76^{a}	233.00 ± 33.94^{a}	2.24 ± 0.01^{b}

a, b, c,... Mean in the same column followed by different superscript letters differs significantly ($P \leq 0.05$).

Figure 1 Sandwich bread as affected by different levels of dietary fiber (DF) from pineapple cores.

Table 3 Sensory scores of sandwich bread as affected by different levels of dietary fiber (DF) from pineapple cores.

Fiber from pineapple cores. (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	8.23 ± 0.75^{c}	8.00 ± 0.69^{c}	8.10 ± 1.02^{c}	8.32 ± 0.57^{c}	8.50 ±0.52^{d}
3	7.45 ± 0.67^{b}	7.68 ± 0.57^{c}	7.91 ± 0.53^{c}	7.55 ± 0.68^{b}	7.68 ±0.57^{c}
5	7.00 ± 0.69^{b}	7.14 ± 0.64^{b}	7.14 ± 0.71^{b}	7.05 ± 0.79^{b}	7.18 ± 0.50^{b}
7	5.91 ± 1.27^{a}	5.86 ± 1.27^{a}	6.05 ± 1.40^{a}	5.82 ± 1.33^{a}	5.91 ± 1.38^{a}

a, b, c,... Mean in the same column followed by different superscript letters differs significantly ($P \leq 0.05$).

Sensory scores based on 9-point hedonic scale (9 = extremely like, 1 = extremely dislike).

สรุปผล

การเพิ่มปริมาณใยอาหารจากแกนสับปะรดในส่วนผสมมีผลต่อปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ การคืนตัว และค่าสี ของขนมปังแซนด์วิช ทำให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ ลดลง และการเสริมใยอาหารจากแกนสับปะรดในขนมปังแซนด์วิชสามารถทำได้ไม่เกินร้อยละ 5 โดยทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจาก ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ปีงบประมาณ 2559

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2558, อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม, รายงานวันที่ 24 สิงหาคม 2558.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2541, เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 224 หน้า.

อังคณา คงคชวรรณ, ตรี อินดราริณี เวียร์ยันโตโร และ อภิรักษ์ เพียรมงคล, 2557, การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกและแกนสับปะรด, รวมเล่มเรื่องเต็มการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 14, วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2556 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Angioloni, A. and Collar, C. 2008. Functional Response of Diluted Dough Matrixes in High-Fiber Systems: A Viscometric and Rheological Approach, Food Research International, 41: 803-812.

Dahle, L. and Sambucci, N. 1987. Application of Devised Universal Testing Machine Procedures for Measuring the Texture of Bread and Jam Filled Cookies. American Association of Cereal Chemists, Inc. 32, No. 7, 466-470.

King, D.E. 2001. Dietary fiber, inflammation and cardiovascular disease. Molecular Nutrition and Food Research, 49, 594, 600.

Mendeloff, A.I., 1987, Dietary fiber on gastrointestinal disease. American Journal of Clinical Nutrition. 45: 1267-1270.

Nomura, A.M.Y., Hankin, J.H., Henderson, B.E., Wilkens L.R., Murphy, S.P. and Pike, M.C., 2007,. Dietary fiber and colorectal cancer risk: the multiethnic cohort study. Cancer Causes and Control, 18: 753-764.

Prakongpan, T., Nitithamyong, A. and Luangpituksa, P., 2002, Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. Journal of Food Science. 67: 1308-1313.

Roth, J. and Mobarhan, S., 2001, Preventive role of dietary fiber in gastric cardia cancer. Nutrition Reviews, 59, 372-374.

Slavin, J.L., 2005, Dietary fiber and body weight. Nutrition, 21, 411-418.

ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งถั่วหรั่งต่อคุณภาพของขนมปัง

Effect of Partial Substitution of Wheat flour with Bambara Groundnut Flour on Qualities of Bread

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์[1]

Ekthamasut, K.[1]

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of partial substitution of wheat flour with Bambara groundnut flour at the ratio of 100:0, 90:10, 80:20 and 70:30 (by weight) on qualities of bread. Bread characteristics showed that, L*, hue angle and specific volume of Bambara groundnut composite bread decreased significantly ($p<0.05$) while chroma, density, hardness, gumminess and chewiness increased with increasing Bambara groundnut flour substitution. In addition protein and fiber content of bread mixing with increasing Bambara groundnut flour were higher than the control (100:0) but all sensory attributes were lower.

Keywords: Bambara groundnut flour, bread

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนัก ต่อคุณภาพของขนมปัง ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นขนมปังจะมีค่าสี L* Hue angle และ Specific volume ลดลง แต่จะมีค่า Chroma Density Hardness Gumminess และ Chewiness เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ขนมปังสูตรที่มีการผสมแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้น จะมีปริมาณโปรตีน และเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น แต่การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (100:0)

คำสำคัญ: แป้งถั่วหรั่ง ขนมปัง

คำนำ

ถั่วหรั่ง (Bambara groundnut) เป็นพืชเศรษฐกิจที่ให้ผลผลิตสูง นิยมปลูกมากในแถบภาคใต้ของประเทศไทย ถั่วหรั่งเมล็ดแก่สามารถนำมาบดเป็นแป้งและนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้ (Adebowale และคณะ, 2002) เนื่องจากแป้งถั่วหรั่งเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีความสมดุลย์ทางโภชนาการดีมาก (Olaleke และคณะ 2006) โดยมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 18.3-22.1% (Adebowale และคณะ, 2002; Amarteifio และ Moholo 1998; Fasoyiro และคณะ, 2006) รวมทั้งมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น ได้แก่ ไลซีนและเมทไธโอนีนในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันที่จำเป็นชนิดลิโนเลอิกและลิโนเลนิกในปริมาณสูงด้วยเช่นกัน (Minka และ Bruneteau, 2000; Olaleke และคณะ, 2006) จึงเหมาะแก่การนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลีที่มีปริมาณไลซีนและกรดไขมันที่จำเป็นต่ำ (Alozie และคณะ, 2009) เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และยังเป็นการส่งเสริมพืชเศรษฐกิจทางภาคใต้ให้มีมูลค่าทางการค้าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งถั่วหรั่งทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณภาพของขนมปังในด้านต่างๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ

[1] **สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400**

[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

แป้งสาลีเอนกประสงค์ (ตราว่าว) แป้งถั่วหรั่ง (ที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ประยุกต์โดย กมลทิพย์, 2558)

การทำขนมปัง

ผสมแป้งสาลีกับแป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนัก และนำแป้งผสมที่ได้ไปทำขนมปัง โดยใช้ส่วนผสมต่างๆ คือ นมผง 3% ยีสต์ 1% น้ำ 43% นมข้นจืด 10% น้ำตาล 8% เกลือ 1% เนยขาว 6% เอ็มเพล็กซ์ (เบอรี่ ยุคเกอร์ สเปเชียลตีส์ จำกัด) 0.5% และไข่ไก่ 6% โดยน้ำหนักแป้ง ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมด (ยกเว้นเนยขาว) เข้าด้วยกัน จากนั้นจึงเติมเนยขาวและนวดจนแป้งเนียนได้ที่ พักโดทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วจึงทำการนวดไล่อากาศและแบ่งโดเป็นก้อน คลึงผิวให้เรียบตึง พักไว้ 10 นาที นำโดมาม้วนเป็นลักษณะกะโหลกและใส่ในพิมพ์ที่ทาเนยขาวแล้ว พักไว้ 60 นาที โดจะขยายตัวจนเกือบเต็มพิมพ์ และนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 30 นาที

การทดสอบคุณภาพของขนมปัง

องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตตามวิธีใน AOAC (1990)

การทดสอบทางกายภาพ ปรับปรุงจากวิธีของ Ryan และคณะ (2002) และวิธีของ Artan และคณะ (2010) โดยนำขนมปังมาหั่นเป็นชิ้นหนา 3 cm เลือกชิ้นที่อยู่ตรงกลางไปทดสอบค่าต่างๆ ได้แก่ ค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter Lab (Colorflex®) และคำนวณค่า Hue angle และ Chroma จากสูตร Hue angle = arctan(b*/a*) และ Chroma = $(a^{*2}+b^{*2})$ ทดสอบค่าความหนาแน่นและปริมาตรจำเพาะ โดยการแทนที่ด้วยเมล็ดถั่วเขียวและคำนวณค่าจากสูตร Density (g/ml) = Weight of bread/Volume of bread และ Specific volume (ml/g) = Volume of bread/Weight of bread และวิเคราะห์ Texture Profile Analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Lloyd Texture Analyser รุ่น LRX (Lloyd instrument, Fareham, Hampshire, UK)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบจำนวน 40 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้ SPSS version 11.5 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ขนมปังที่ผสมแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน และเส้นใยอาหารเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณสารดังกล่าวสูงกว่าแป้งสาลีนั่นเอง ซึ่งแป้งสาลีที่นำมาทดลองมีโปรตีน 11.59% ไขมัน 1.20% และเถ้า 9.54% ในขณะที่แป้งถั่วหรั่งมีโปรตีน 16.83% ไขมัน 8.48% และเถ้า 13.01% (กมลทิพย์, 2558) และการใช้แป้งถั่วหรั่งทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในขนมปังส่งผลให้ขนมปังมีค่าสี L* ลดต่ำลง ในขณะที่ค่า a* และ b* เพิ่มสูงขึ้น (Table 2) แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการผสมแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ขนมปังที่ได้มีสีที่คล้ำขึ้น เนื่องจาก ปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นทำให้ขนมปังสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าขนมปังที่ผสมแป้งถั่วหรั่งมากขึ้น มีค่า Hue Angle ลดลงในขณะที่ค่า Chroma เพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) แสดงว่าขนมปังมีสีเหลืองลดลง และมีสีเข้มขึ้น ซึ่งการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Ryan และคณะ (2002) ที่พบว่าเมื่อผสมแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วเหลืองจะทำให้ขนมปังมีสีคล้ำขึ้น เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้มากขึ้นนั่นเอง

ขนมปังที่มีการผสมแป้งถั่วหรั่งในอัตราที่สูงมากขึ้น จะมีค่า Specific volume ลดต่ำลง ในขณะที่ค่า Density เพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนมปังที่มีการผสมแป้งถั่วหรั่งนั้นจะมีเนื้อที่แน่นมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกลูเตนที่ลดลงทำให้ขนมปังมีความยืดหยุ่นลดต่ำลงและเก็บอากาศได้ไม่ดีทำให้ขนมปังไม่ขึ้นฟู ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mcwatters และคณะ (2004) ที่พบว่าเมื่อผสมแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดถั่วฝักยาวในปริมาณ 15 และ 30% โดยน้ำหนักส่งผลให้ขนมปังที่ได้มีค่า Loaf volume ลดต่ำลง และเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดถั่วฝักยาวมากขึ้น ค่า Loaf volume จะยิ่งลดต่ำลงมากขึ้นเนื่องจากปริมาณกลูเตนที่ลดลงนั่นเอง และจากผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของขนมปังโดยวิธี Texture Profile Analysis พบว่า การผสมแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งจะไม่ส่งผลต่อค่า Cohesiveness ของขนมปัง ($p>0.05$) แต่จะทำให้ค่า Hardness Gumminess และ Chewiness มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเติมแป้งถั่วหรั่งในปริมาณที่มากขึ้น

จะทำให้ขนมปังนั้นแข็งและเหนียวมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกลูเตนที่ลดลง รวมทั้งปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารที่เพิ่มขึ้น ขนมปังจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นและเหนียว นอกจากนี้ยังพบว่าขนมปังที่มีการผสมแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 90:10 จะมีค่าทาง Texture Profile ทุกค่าไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (แป้งสาลี 100%) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Ryan และคณะ (2002) ที่รายงานว่าการผสมแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วเหลืองปริมาณ 12% โดยน้ำหนัก จะได้ขนมปังที่มีค่า Gumminess Chewiness และ Hardness สูงกว่าสูตรควบคุม (แป้งสาลี 100%)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 3) พบว่า ขนมปังที่มีการใช้แป้งถั่วหรั่งในอัตราที่มากขึ้นจะได้คะแนนทางประสาทสัมผัสลดต่ำลงในทุกๆ ด้าน ($p<0.05$) เนื่องจากขนมปังจะมีเนื้อแน่นขึ้น (Table 2) ทำให้ไม่ขึ้นฟู ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสจึงไม่ดี รวมทั้งแป้งถั่วหรั่งทำให้ขนมปังมีสีคล้ำขึ้น (Table 2) นอกจากนี้ตัวแป้งถั่วหรั่งเองยังมีกลิ่นถั่วค่อนข้างแรง จึงส่งผลต่อการทดสอบทางด้านกลิ่นรสและความชอบโดยรวม แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า ขนมปังสูตรที่มีการผสมแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 90:10 มีค่าการทดสอบต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (แป้งสาลี 100%) มากที่สุด

สรุปผล

ขนมปังที่ใช้แป้งถั่วหรั่งทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 10-30% โดยน้ำหนัก จะมีคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสที่ลดลงในทุกๆ ด้าน แต่จะมีคุณภาพทางเคมีเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ขนมปังสูตรที่ใช้แป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่งในอัตราส่วน 90:10 จะมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (แป้งสาลี 100%) มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์, 2558, สมบัติบางประการของแป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3) (พิเศษ): 685-688.

Adebowale, K.O., Afolabi, T.A., and Lawal, O.S., 2002, Isolation, chemical modification and physicochemical characterization of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch and flour, Food Chemistry, 78:305-311.

Alozie, Y.E., Iyam, M.A., Lawal, O., Udofiaand, U., and Ani, I.F., 2009, Utilization of bambara groundnut flour blends in bread production, Journal of Food Technology, 7(4): 111-114.

Amarteifio, J.O., and Moholo, D., 1998, The chemical composition of four legumes consumed in Botswana, Journal of Food Composition and Analysis, 11: 329-332.

Artan, M.Y., Karim, R., Chern, B.H., Ariffin, A.A., Che Man, Y., and Chin, N.L., 2010, The influence of different formulations of palm oil/palm stearin-based shortenings on the quality of white bread, Middle-East Journal of Scientific Research, 5(6):469-476.

Association of official analytical chemists, 1990, Official Method of Analysis, 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Fasoyiro, S.B., Ajibade, S.R., Omole, A.J., Adeniyan, O.N., and Farinde, E.O., 2006, Proximate, minerals and antinutritional factors of some under-utilized grain legumes in South-Western Nigeria, Nutrition and Food Science, 36: 18-23.

Minka, S.R., and Bruneteau, M., 2000, Partial chemical composition of bambara pea [*Vigna subterranea* (L.) Verde], Food Chemistry, 68: 273-276.

Olaleke, A.M., Olorunfemi, O., and Emmauel, A.T., 2006, A comparative study on the chemical and amino acid composition of some nigerian under-utilized legume flours, Pakistan Journal of Nutrition, 5:34-38.

Ryan, K.J., Homco-Ryan, C.L., Jenson, J., Robbins, K.L., Prestat, C., and Brewer, M.S., 2002. Effect of lipid extraction process on performance of texturized soy flour added wheat bread, Journal of Food Science, 67:2385-2390.

Table 1 Chemical composition of bread made from wheat flour : bambara groundnut flour blends.

Chemical composition	Wheat flour : Bambara groundnut flour			
(%)	100:0	90:10	80:20	70:30
Moisture content	32.87^{b}±0.53	31.41^{c}±0.21	33.93^{a}±0.38	32.60^{b}±0.24
Ash content	4.65^{b}±0.16	5.06^{b}±0.26	5.58^{b}±0.69	9.43^{a}±8.60
Crude protein	7.96^{b}±0.15	8.18^{ab}±0.25	8.28^{a}±0.11	8.39^{a}±0.21
Crude Fat	7.78^{c}±0.11	7.69^{c}±0.28	12.86^{b}±0.42	14.24^{a}±0.26
Crude fiber	0.16^{c}±0.07	0.24^{bc}±0.04	0.30^{ab}±0.02	0.38^{a}±0.01
Available carbohydrate	46.28^{b}±0.01	47.38^{a}±0.54	43.50^{c}±0.42	29.35^{d}±0.02

$^{a, b, c, ...}$ Means within rows followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 2 Physical qualities of bread made from wheat flour : bambara groundnut flour blends.

Parameter	Wheat flour : Bambara groundnut flour			
	100:0	90:100	80:20	70:30
L*	78.36^{a}±0.08	75.54^{b}±0.53	75.39^{b}±0.61	73.30^{c}±0.54
a*	0.07^{c}±0.28	0.35^{c}±0.20	0.90^{b}±0.40	1.96^{a}±0.21
b*	24.77^{d}±0.99	25.80^{c}±0.51	26.85^{b}±0.15	27.57^{a}±0.14
Hue Angle (^{o})	89.82^{a}±0.06	89.21^{a}±0.44	88.08^{b}±0.84	85.92^{c}±0.46
Chroma	24.77^{d}±0.21	25.80^{c}±0.51	26.86^{b}±0.16	27.63^{a}±0.20
Density (g/ml)	0.31^{c}±0.01	0.34^{c}±0.01	0.52^{b}±0.01	0.67^{a}±0.03
Specific volume (ml/g)	3.20^{a}±0.07	2.90^{b}±0.11	1.89^{c}±0.01	1.45 ^{d}±0.07
Hardness (N)	1.24^{b}±0.12	1.38^{b}±0.15	1.61^{b}±0.06	3.26^{a}±0.23
Cohesiveness	0.55^{a}±0.06	0.51^{a}±0.01	0.51^{a}±0.02	0.49^{a}±0.02
Springiness (mm)	6.26^{a}±0.11	6.35^{a}±0.09	6.54^{a}±0.06	5.36^{b}±0.21
Gumminess (N)	0.67^{c}±0.08	0.69^{c}±0.06	0.89^{b}±0.09	1.58^{a}±0.04
Chewiness (N.mm)	4.46^{c}±0.04	4.51^{c}±0.08	6.01^{b}±0.09	8.63^{a}±0.09

$^{a, b, c, ...}$ Means within rows followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 3 Sensory evaluation of bread made from wheat flour : bambara groundnut flour blends.

Attributes	Wheat flour : Bambara groundnut flour			
	100:0	90:10	80:20	70:30
Appearance	7.53^{a}±0.90	7.00^{b}±1.37	5.88^{c}±1.28	4.25^{d}±1.35
Color	7.38^{a}±1.29	7.30^{a}±1.11	6.03^{b}±1.14	4.65^{c}±1.25
Texture	7.45^{a}±1.56	6.48^{b}±1.50	4.88^{c}±1.53	3.60^{d}±1.46
Flavor	7.13^{a}±1.70	6.43^{b}±1.61	4.88^{c}±1.77	4.05^{d}±1.72
Overall liking	7.75^{a}±1.02	6.73^{b}±1.28	5.33^{c}±1.43	4.03^{d}±1.56

$^{a, b, c, ...}$ Means within rows followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

ซอร์พชันไอโซเทอมของความชื้นของขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือย

Moisture Sorption Isotherms of Snack from Surimi and Job's Tears Flour

สิริมา ชินสาร[1] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ กฤษณะ ชินสาร[2]

Chinnasarn, S.[1], Yuenyongputtakal, W.[1] and Chinnasarn, K.[2]

Abstract

Moisture sorption isotherms are useful for finding the drying rate and suitable moisture content of products. The objective of this research was to study moisture sorption isotherms of snack at 35 and 45°C. Main ingredients of the snack were 70% job's tears flour, 21% wheat flour and 9% surimi. The product was formed into a strip having 0.5 cm. thickness and 6 cm. length and was fried at 170°C for 150 seconds. Then, the product was ground and sieved through a 40-mesh sifter. The moisture sample was controlled by using saturated salt solutions in the range of a_w values from 0.2-0.9. Results showed that the equilibrium moisture content decreased with a_w, at the constant temperature. Guggenheim-Anderson-deBoer (GAB) model was able to predict the equilibrium moisture content of snack at 35 and 45°C which was in good agreement with the experimental data with an SEE of 0.01 and an R^2 of 0.97.

Keywords: snack, equilibrium moisture content, moisture sorption isotherm

บทคัดย่อ

ซอร์พชันไอโซเทอมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการกำหนดอัตราการทำแห้งและความชื้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้ศึกษาซอร์พชันไอโซเทอมของความชื้นของขนมขบเคี้ยวที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส โดยขนมขบเคี้ยวมีส่วนประกอบหลัก คือ แป้งลูกเดือย 70 เปอร์เซ็นต์ แป้งสาลี 21 เปอร์เซ็นต์ และซูริมิ 9 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นแท่งขนาดความหนา 0.5 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร ทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 วินาที จากนั้นบดตัวอย่างให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมซ ควบคุมความชื้นของตัวอย่างด้วยสารละลายเกลืออิ่มตัว ซึ่งมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 พบว่า ที่อุณหภูมิคงที่ค่าความชื้นสมดุลของขนมขบเคี้ยวมีค่าลดลง เมื่อค่า a_w ลดลง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB สามารถใช้ทำนายปริมาณความชื้นสมดุลของขนมขบเคี้ยวทั้งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจากการทดลอง โดยมีค่า SEE เท่ากับ 0.01 และค่า R^2 เท่ากับ 0.97

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยว ปริมาณความชื้นสมดุล ซอร์พชันไอโซเทอมของความชื้น

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำจึงมีความไวต่อการดูดความชื้นมาก มีผลทำให้ขนมขบเคี้ยวมีคุณภาพด้านความกรอบและอายุการเก็บรักษาสั้น (ธงชัย, 2535) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นสมดุลของอาหารและความชื้นสัมพัทธ์ที่จุดสมดุล หรือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำของอาหารและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่อุณหภูมิคงที่เมื่อนำมาพลอตจะได้กราฟซอร์พชันไอโซเทอม (รุ่งนภา และ ไพศาล, 2545) ซึ่งการศึกษาซอร์พชันไอโซเทอมเป็นแนวทางหนึ่งในการประเมินอายุการเก็บรักษา และคัดเลือกกระบวนการทำแห้ง รวมทั้งสามารถใช้ในการกำหนดอัตราและปริมาณการทำแห้งหรือความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านความชื้น มีนักวิจัยหลายท่านทำการศึกษาหาแบบจำลองซอร์พชันไอโซเทอมของผลิตภัณฑ์อาหารโดยอาศัยแบบจำลองของ Guggenheim – Anderson - de Boer (GAB) เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของอาหาร (Labuza และ Hyman, 1998) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดีซอร์พชันไอโซเทอมของขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือยซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ที่ได้พัฒนาขึ้น (สิริมา และคณะ, 2555) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดความชื้น

---

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

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

[2] คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[2] Faculty of Informatics, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

สุดท้ายที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและอายุการเก็บรักษานาน รวมทั้งยังสามารถนำค่าความชื้นวิกฤตที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์และออกแบบบรรจุภัณฑ์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมซูริมิ โดยนำซูริมิจากปลาทรายแดงแช่แข็งซึ่งซื้อมาจากบริษัท อนุสรณ์มหาชัยซูริมิ จำกัด มาทำการละลายน้ำแข็งด้วยการเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ส่วนการเตรียมแป้งลูกเดือย แช่ลูกเดือยในน้ำอัตราส่วนลูกเดือยต่อน้ำเป็น 1:4 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นล้างลูกเดือยด้วยน้ำสะอาด แล้วต้มโดยใช้อัตราส่วนลูกเดือยต่อน้ำ 1: 4 เป็นเวลา 50 นาที เติมน้ำอีก 1 ลิตร ต้มต่ออีก 10 นาที นำลูกเดือยขึ้นให้สะเด็ดน้ำ อบด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 40 นาที บดด้วยเครื่องบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช บรรจุแป้งที่ได้ในถุงพลาสติกและปิดผนึก

การเตรียมขนมขบเคี้ยวตามวิธีของ สิริมา, วิชมณี และกฤษณะ, 2555 เตรียมส่วนผสมโดยมีส่วนผสมหลัก ดังนี้ แป้งลูกเดือย 70 เปอร์เซ็นต์ แป้งสาลี 21 เปอร์เซ็นต์ และซูริมิ 9 เปอร์เซ็นต์ และส่วนผสมอื่นๆ คือ มอลโตเด็กซ์ทริน (maltodextrin) 15 เปอร์เซ็นต์ เลซิทิน 1 เปอร์เซ็นต์ เนยขาว 13 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักส่วนผสมหลัก กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยว คือ นำเนยขาวและเกลือ ตีผสมให้เข้ากันก่อน แล้วเติมส่วนผสมมอลโตเดกซ์ทริน เลซิทิน ซูริมิ แป้งลูกเดือย แป้งสาลี และน้ำลงไป โดยค่อยๆ ใส่แป้งและน้ำสลับกัน ผสมให้เข้ากันในเครื่องนวดผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันจนเกิดโด นำโดที่ได้มารีดเป็นแผ่นหนา 0.5 เซนติเมตร ตัดให้เป็นชิ้นมีความกว้าง 0.5 เซนติเมตร และความยาว 6 เซนติเมตร นำขนมขบเคี้ยวไปทอดแบบน้ำมันท่วมในน้ำมันปาล์ม ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 วินาที

การศึกษาซอร์พชันไอโซเทอม ของขนมขบเคี้ยวจากซูริมิและแป้งลูกเดือยดัดแปลงจากวิธีของพนารัตน์ (2553) นำขนมขบเคี้ยวมาบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในภาชนะเปิดและเก็บไว้ในโถแก้วควบคุมความชื้นที่อิ่มตัวด้วยสารละลายเกลือ ดังนี้ เกลือโพแทสเซียมอะซิเตด (CH_3COOK) แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) โซเดียมโบรไมด์ (NaBr) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) แบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) ซึ่งมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.2-0.9 ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุกวันจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ แล้วคำนวณหาความชื้นสมดุล ตามวิธีหาความชื้นของ A.O.A.C. (2000) นำรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Guggenheim-Anderson-deBoer (GAB) มาทำนายความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของตัวอย่างที่ระดับ a_w ต่างๆ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w กับความชื้นที่อุณหภูมิที่กำหนด เรียกว่า ซอร์พชันไอโซเทอมของความชื้น ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถหาได้จากการทำการทดลอง จากการทดลองหาปริมาณความชื้นสมดุลของขนมขบเคี้ยวที่อุณหภูมิ 35 และ 45 $^{\circ}C$ และค่า a_w ในช่วง 0.2 – 0.9 โดยใช้สารละลายเกลือมาตรฐาน เป็นสารควบคุมค่า a_w และใช้ตู้อบเป็นส่วนควบคุมอุณหภูมิ สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นสมดุลของของขนมขบเคี้ยวกับค่า a_w ดังแสดงใน Figure 1

จาก Figure 1 พบว่า ที่อุณหภูมิคงที่ ค่าความชื้นสมดุลของขนมขบเคี้ยวมีค่าลดลง เมื่อค่า a_w ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการลดค่า a_w จะทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าความดันไอของอากาศรอบ ๆ ขนมขบเคี้ยวนี้ลดลง ส่งผลให้ค่าความชื้นสมดุลของขนมขบเคี้ยวลดลงตามไปด้วย ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในสารละลายทั่วไป นั่นคือ ความดันไอของสารละลายจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความชื้นของบรรยากาศรอบสารละลายนั้น (Basunia และ Abe, 2001)

เมื่อทดลองแทนค่าปริมาณความชื้นสมดุล (M_e) และค่า a_w ลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB สามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความชื้นสมดุลใน 1 ชั้นโมเลกุลของ GAB (M_{gm}) ค่าคงที่ K และ C ได้ดัง Table 1 จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นสมดุล และค่า a_w ที่ได้จากการทดลอง สามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB สร้างแบบจำลองดีซอร์พชันไอโซเทอร์มของขนมขบเคี้ยวเนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB สามารถทำนาย และอธิบายข้อมูลได้ดี สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารในช่วงค่า a_w 0.1 – 0.9 (Fito, Ortega-Rodriguez, และ Barbosa-Canovas, 1997; Delgado และ Sun, 2002) โดยใช้ค่ากำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เป็นพารามิเตอร์ทางสถิติที่บ่งชี้ให้ทราบถึงความสอดคล้องระหว่างสมการและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งค่า R^2 มีค่าอยู่

ในช่วง 0 ถึง 1 โดยหากค่า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้มีความสอดคล้องกับข้อมูลผลการทดลองมาก ซึ่งเกณฑ์ในการยอมรับได้คือค่า R^2 มากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 นอกจากนี้ยังใช้พารามิเตอร์ทางสถิติในการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลจากการทดลองกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณในรูปของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนาย (SEE) ซึ่งหากสมการที่ได้ให้ค่า SEE ต่ำ แสดงว่าสมการนั้นสามารถนำมาอธิบายผลการทดลองได้ดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB สามารถทำนายปริมาณความชื้นสมดุลได้ดี โดยที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C มีค่า SEE เท่ากับ 0.01 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.97

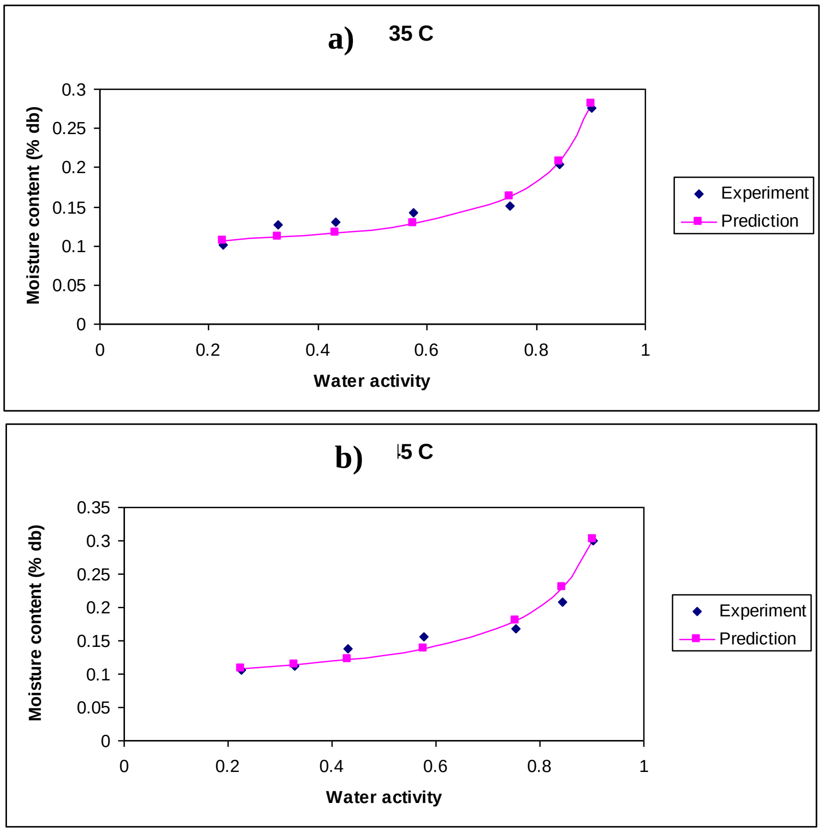


Figure 1 Experimental and predicted moisture desorption isotherm of snack using GAB equation at a) 35°C and b) 45°C

Table 1 Parameters of the GAB model at 35°C and 45°C for snack from surimi and job's tears flour

Temperature (°C)	Constant value				
	M_{gm} (% dry basis)	C	K	SEE	R^2
35	0.030	0.800	1.000	0.01	0.97
45	0.035	0.900	0.970	0.01	0.97

จากการหาค่าคงที่ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB พบว่า ขนมขบเคี้ยวที่ได้มีค่าความชื้นในชั้นโมโนเลเยอร์ (Monolayer) เป็น 0.030-0.035 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยความชื้นในชั้นโมโนเลเยอร์ เป็นการวัดปริมาณน้ำเกาะติด (Bound Water) ซึ่งเป็นน้ำที่จับเกาะหรือยึดอยู่กับโครงสร้างของสารอาหารอื่น แยกออกจากอาหารได้ยาก น้ำในชั้นโมโนเลเยอร์เป็นน้ำที่อยู่ในโครงสร้างของเนื้อเยื่ออาหาร โดยเกาะติดกับอาหารเป็นส่วนแรกด้วยพันธะที่แข็งแรงมาก จนไม่สามารถกำจัดออกด้วยความร้อนปกติ น้ำส่วนนี้ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง และจุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งมีความจำเพาะกับโพลาร์ไซด์ (Polar Site) ในระบบของอาหารอบแห้ง จากข้อมูลดังกล่าว หากต้องการให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากซูริมิและแป้งลูกเดือยมีความคงตัวและอายุการเก็บนาน จะต้องอบ

ผลิตภัณฑ์ให้ถึงค่าความชื้นในชั้นโมโนเลเยอร์ หรือความชื้นวิกฤต นอกจากนี้ ยังสามารถนำค่าความชื้นวิกฤตที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ได้อีกทางหนึ่งด้วย (รุ่งนภา และ ไพศาล, 2545)

สรุปผล

จากการศึกษาซอร์พชันไอโซเทอมของความชื้นของขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากซูริมิและแป้งลูกเดือย พบว่าสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นสมดุลและค่า a_w ทั้งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสได้ดี โดยมีค่า R^2 สูงถึง 0.97 และมีค่า SEE เพียง 0.01 เท่านั้น โดยขนมขบเคี้ยวมีค่าความชื้นในชั้นโมโนเลเยอร์ (Monolayer) เป็น 0.030-0.035 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ดังนั้นหากต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและอายุการเก็บนาน จะต้องอบผลิตภัณฑ์ให้ถึงค่าความชื้นในชั้นโมโนเลเยอร์นี้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

ธงชัย สุวรรณสิชณน์, 2535, การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาทิไนซ์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พนารัตน์ สังข์อินทร์, 2553, การอบแห้งปลากะตักสด แช่น้ำเกลือและต้มด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และ ไพศาล วุฒิจำนงค์, 2545, water activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร [สืบค้น], http:// www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=12 [05/July/2011]

สิริมา ชินสาร, วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และกฤษณะ ชินสาร, 2555, การพัฒนาขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากซูริมิและแป้งลูกเดือย, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

A.O.A.C., 2000, Official Method of Analysis (16th ed), The Association of Official Analytical Chemists, Arillington, Virginia.

Basunia, M.A., & Abe, T., 2001, Moisture desorption isotherms of medium-grain rough rice. Journal of Stored Products Research, 37, 205-219.

Delgado, A., & Sun, Da Wen E., 2002, Desorption isotherms and glass transition temperature for chicken meat. Journal of Food Engineering, 55, 1-8.

Fito, P., Ortega-Rodriguez, E., & Barbosa-Canovas, G.V., 1997, Food Engineering 2000, New York: Chapman & Hall.

Labuza, T.P. and Hyman, C.R., 1998, Moisture migration and control in multi-domain foods. Trend in Food Science and Technology, 9, 47-55.

การแช่สาร 1-MCP ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิปกติ

Dipping in 1-MCP Solution Affecting Postharvest Quality of 'Nam Wa' Banana under Ambient Condition

ภาวิณี ถาวรนิตยกุล[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,3] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,3] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,3] และ กฤติกา ตันประเสริฐ[2,3]

Tawornnitayakul, P.[1], Uthairatanakij, A.[1,3], Jitareerat, P.[1,3], Boonyarithongchai, P.[1,3] and Tanprasert, K.[2,3]

Abstract

'Nam Wa' banana (*Musa* ABB group) is a perishable fruit and rapidly ripes after harvest. The objective of this research was to study the effect of 1-MCP dipping at various concentrations on the ripening of 'Nam Wa' banana stored at ambient temperature. Fruit were washed and dipped in 1-MCP solutions at the concentrations of 0 (control), 500, 1,000 and 2,000 ppb for 5 and 10 minutes and then stored at ambient temperature (27.1-30.9 ºC). Results showed that 1-MCP dipping for 5 and 10 minutes did not affect the postharvest quality, but the concentrations of 1-MCP at 1,000 and 2,000 ppb showed the lower respiration rate, ethylene production, firmness, weight loss, and changes of peel color and total soluble solids, compared to the control. Therefore, dipping 'Nam Wa' banana in 2,000 ppb 1-MCP for 5 minutes can be used for delaying ripening of 'Nam Wa' banana during storage at ambient condition.

Keywords: 'Nam Wa' banana, dipping, quality of postharvest, 1-MCP

บทคัดย่อ

กล้วยน้ำว้า (*Musa* ABB group) หลังการเก็บเกี่ยวมีการพัฒนาการสุกและการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้สาร 1-MCP ในรูปแบบการแช่ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการสุกของกล้วยน้ำว้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยนำกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการล้างทำความสะอาด แช่ในสาร 1-MCP ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 500 1,000 และ 2,000 พีพีบี เป็นเวลา 5 และ 10 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27±3องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 78±2%) พบว่า ระยะเวลาในการแช่สาร 1-MCP เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้า แต่ความเข้มข้นของสาร 1-MCP มีผลต่อการสุกของกล้วยน้ำว้า โดยกล้วยน้ำว้าแช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 พีพีบี มีอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นวิธีการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 2,000 พีพีบี แบบแช่ผลนาน 5 นาทีสามารถชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติได้

คำสำคัญ: กล้วยน้ำว้า การแช่ผล คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว 1-MCP

คำนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทั้งการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกไปตลาดต่างประเทศ เพราะมีคุณค่าทางโภชนาการและพลังงานสูงแล้วยังมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย(สุนทร, 2553) ในปัจจุบันตลาดกล้วยน้ำว้ามีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้น รวมทั้งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่การนำมาบริโภคหรือส่งออกมักพบปัญหาด้านคุณภาพและอายุการเก็บรักษา เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลกล้วยมีการสุกและการเน่าเสียเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสุกที่มีอิทธิพลมาจากเอทิลีน (จริงแท้, 2549) ก่อให้เกิดการ

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรงเทพฯ 10140

[2] Department of Printing and Packaging Technology, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[3] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

สูญเสียทางเศรษฐกิจทั้งในด้านการจำหน่ายผลสดและวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการแปรรูปกล้วยน้ำว้า และในระยะการสุกกล้วยนี้จะมีการหายใจเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการหายใจนี้จะมีความสัมพันธ์กับเอทิลีน ส่งผลให้เกิดการเร่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีและสรีรวิทยาต่างๆ การใช้สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนจึงเป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถช่วยลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตสด และสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน และนำมาใช้ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของกระบวนการสุก ไม่เป็นพิษต่อพืชและสิ่งแวดล้อม (Watkins, 2006; Blankenship และ Dole, 2003) แต่การรมด้วยสาร 1-MCP กับพืชผลทางการเกษตรต้องทำในระบบปิดที่มีการควบคุม ทั้งนี้ระยะเวลาและอุณหภูมิในการรมขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ ซึ่งวิธีการนี้มักต้องใช้ระยะเวลานาน 6-24 ชม. ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาวิธีการแช่สาร 1-MCP ความเข้มข้นต่างๆ และระยะการแช่สารต่อการชะลอการสุกกล้วยน้ำว้า เพื่อช่วยลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการวางจำหน่ายกล้วยน้ำว้าผลสด

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้กล้วยน้ำว้าจากสวนเกษตรกรในเขตจังหวัดนครปฐม เก็บเกี่ยวที่ความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ผลมีเหลี่ยมเห็นชัด ขนาดและสีใกล้เคียงกัน ปราศจากโรค ตำหนิ และบาดแผล แล้วนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นตัดแบ่งกล้วยน้ำว้าออกเป็นส่วนๆ โดยหนึ่งส่วนมีสามผล นำกล้วยน้ำว้าที่ตัดแบ่งแล้ว มาแช่สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 500 1000 และ 2000 พีพีบี เป็นเวลา 5 และ 10 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27±3องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 78±2%) สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน เพื่อตรวจสอบคุณภาพกล้วยน้ำว้า ดังนี้ อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน (โดยใช้ Gas Chromatography) ความแน่นเนื้อ (โดยใช้ Texture Analyzer) การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (L*, a*, b*, Hue value) (โดยใช้ Minolta Colorimeter) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (โดยใช้ Hand Refractometer) และการยอมรับของผู้บริโภค (ใช้ผู้ทดสอบ กี่คน และใช้แบบทดสอบ sensory score มีระดับคะแนน1-5) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design เป็นจำนวน 4 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกล้วยน้ำว้าหลังจากแช่สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 500 1000 และ 2000 พีพีบี เป็นเวลา 5 และ 10 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27±3องศาเซลเซียส) พบว่า ระยะเวลาการแช่สาร 1-MCP นาน 5 และ 10 นาที ไม่มีผลทำให้กล้วยน้ำว้าแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ระดับความเข้มข้นของสาร 1-MCP ทำให้ลักษณะทางกายภาพและเคมีของกล้วยมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการผลิตเอทิลีนของกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่ด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบีและชุดควบคุม (แช่น้ำ) เป็นเวลา 10 นาที พบว่า มีการผลิตเอทิลีนสูงที่สุดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา แต่ในกล้วยน้ำว้าที่แช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 และ 2000 พีพีบี มีการผลิตเอทิลีนสูงสุดในวันที่ 6 และ 10 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ (Figure 1A,B) การแช่สาร 1-MCP มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสด (Manganaris และคณะ, 2008) จะเห็นว่ากล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 และ 2000 พีพีบี มีแนวโน้มในการชะลอการผลิตเอทิลีน และการแช่สาร 1-MCP มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการหายใจ (Figure 1C,D) โดยที่ความเข้มข้น 2000 พีพีบี มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการหายใจมากที่สุด สอดคล้องกับการจุ่มผลอะโวคาโดในสาร 1-MCP สามารถชะลอการผลิตเอทิลีน และการหายใจของผลได้ในระหว่างการเก็บรักษา (Pereira และคณะ, 2015) เช่นเดียวกับค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การแช่สาร 1-MCP สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกกล้วยน้ำว้าได้ และ 1-MCP ความเข้มข้น 2000 พีพีบี มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก โดยเมื่อพิจารณาจากค่า hue values พบว่า ค่า hue values ของเปลือกกล้วยน้ำว้าในชุดควบคุมลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา แต่กล้วยน้ำว้าในชุดการทดลองที่แช่สาร 1-MCP โดยเฉพาะความเข้มข้น 2000 พีพีบีนั้นมีค่า hue values สูงกว่าตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา (Figure 3A,B) Choi และ Huber (2008) รายงานว่า มะเขือเทศจุ่ม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 200 400 และ 600 μgL^{-1} เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ให้ผลในการชะลอการพัฒนาของสี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Win และคณะ (2006) ได้รายงานว่าการรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 250 และ 500 nLL^{-1} เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ช่วยชะลอการเหลืองของมะนาวได้ เป็นเวลา 21 วัน ที่อุณหภูมิปกติ นอกจากนี้ Hershkovitz และคณะ (2005) พบว่า 1-MCP มีผลในการชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และชะลอการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของกล้วย

น้ำว้าจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองช้าลง อาจเนื่องมาจาก 1-MCP ชะลอการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่ด้วยสาร 1-MCP มีความแน่นเนื้อมากกว่ากล้วยน้ำว้าชุดความคุม (Figure 2A,B) กล้วยน้ำว้าที่แช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 และ 2000 พีพีบี มีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากล้วยน้ำว้าที่แช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี หรือกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม (Figure 2C,D) สอดคล้องกับรายงานของ Manganaris และคณะ (2008) กล่าวว่า การแช่สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูง (1000 $ngkg^{-1}$) เป็นเวลา 5 นาที ช่วยลดการสูญเสียความแน่นเนื้อและการสูญเสียน้ำหนักในผลพลัม และเมื่อการสูญเสียน้ำถูกชะลอจะทำให้เกิดการชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อด้วย ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขึ้นช้าในกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่ด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 2000 พีพีบี (Figure 1E,F) สอดคล้องกับอัตราการหายใจที่ลดลง ดังนั้นสาร 1-MCP ชะลอกระบวนการสุกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีช้าลง (จริงแท้, 2549) และกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 2000 พีพีบี ได้รับคะแนนการยอมรับที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้าชุดการทดลองอื่นๆ หรือชุดควบคุม (Figure 3C,D)

สรุปผล

การแช่กล้วยน้ำว้าในสาร 1-MCP ความเข้มข้น 2000 พีพีบี เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดอัตราการหายใจและชะลอการผลิตเอทิลีน อีกทั้งยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือวิธีการแช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี นาน 5 นาที ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการใช้สาร 1-MCP แบบแช่ผลนาน 5 นาทีสามารถชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำหรับทุนเรียนดีระดับปริญญาโท และเอื้อเฟื้อสถานที่วิจัย และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 396 หน้า.

Blankenship, S.M., and Dole, J.M., 2003, 1-Methylcyclopropene: a review, Postharvest Biology and Technology, 28: 1-25.

Watkins, C.B., 2006, The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables, Biotechnology Advances, 24: 389-409.

Manganaris, G.A., Crisosto, C.H., Bremer, V., and Holcroft, D., 2008, Novel 1-methylcyclopropene immersion formulation extends shelf life of advanced maturity 'Joanna Red' plums (*Prunus salicina* Lindell), Postharvest Biology and Technology, 47: 429-433.

Pereira, M.E.C., Sargent, S.A., and Huber, D.J., 2015, Delayed and prolonged ethylene treatment alleviates firmness asynchrony enhanced by 1-methylcyclopropene exposure in Guatemalan-West Indian avocado, Postharvest Biology and Technology, 108: 54-60.

Choi, S.T., and Huber, D.J., 2008, Influence of aqueous 1-methylcyclopropene concentration, immersion duration, and solution longevity on the postharvest ripening of breaker-turning tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit, Postharvest Biology and Technology, 49: 147-154.

Win, T.M., Srilaong, V., Heyes, J., Kyu, K.L., and Kanlayanarat, S., 2006, Effects of different concentrations of 1-MCP on the yellowing of West Indian lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle) fruit, Postharvest Biology and Technology, 42: 23-30.

Hershkovitz, V., Saguy, S.I., and Pesis, E., 2005, Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars, Postharvest Biology and Technology, 37: 252-264.

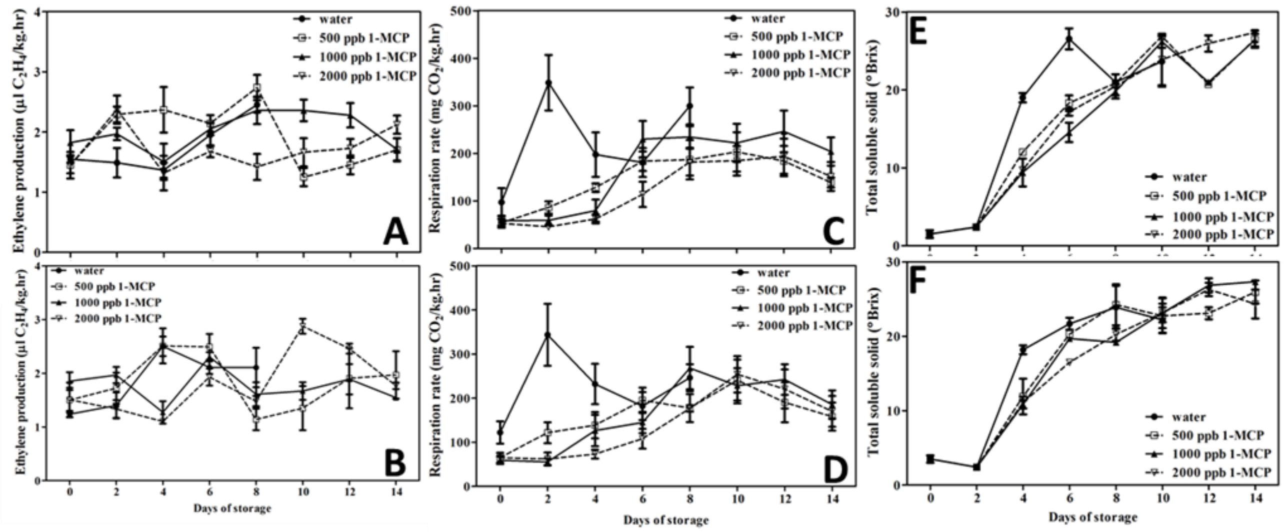


Figure 1 Changes in ethylene production (A. B), respiration rate (C, D), total soluble solids (E, F) of 'Nam Wa' banana dipped in 1-MCP for 5 (A, C, D) and 10 minutes (B, D, F). Fruit were stored at ambient temperature (27±3°C).

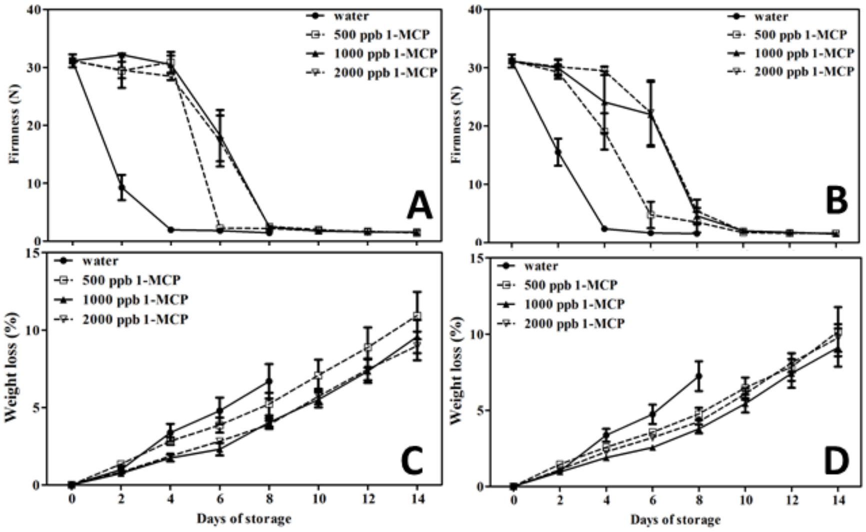


Figure 2 Changes in firmness (A, B), weight loss (C, D) of 'Nam Wa' banana dipped in 1-MCP for 5 (A, C) and 10 minutes (B, D). Fruit were stored at ambient temperature (27±3°C).

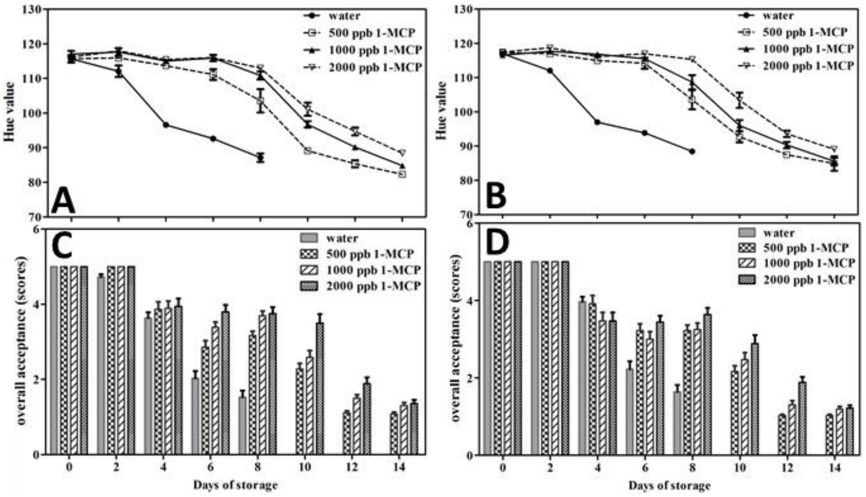


Figure 3 Changes in hue value (A, B), overall acceptance (C, D) of 'Nam Wa' banana dipped in 1-MCP for 5 (A, C) and 10 minutes (B, D). Fruit were stored at ambient temperature (27±3 °C).

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 481-484 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 481-484 (2559)

ระบบจัดเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมฟาร์มเห็ดฟางผ่านเครือข่ายแบบไร้สายโดยใช้เทคโนโลยี MQTT

Straw Mushroom Farm Weather Station over FIWI using MQTT System

วัฒนา มาทาเม[1] ธีรพงศ์ ใจเมธา[1] สมนึก สินธุปวน[1] และ วาสนา วิรุญรัตน์[2]

Mathamae, W.[1], Jaimatha, T.[1], Sinthupuan, T.[1] and Virunrat, V.[2]

Abstract

The problems about straw mushroom farmers are quite different because of micro-climate change in greenhouse of farm, for example, humidity levels in the greenhouse can be as important to growers as growth fungi and the straw mushroom is a plant that requires a fairly high temperature and relative humidity for growth. The collection of micro-climate data is problem. The farmers were not always able to monitor greenhouse all the time. This approach is designed mainly to assist in collecting data for a greenhouse which is based on real time farm monitoring of agricultural related information. The whole system composes of Field Server and Client that use MQTT protocol to send data between devices for monitor and warning when micro-climate change from standard of temperature and humidity.

Keywords: straw mushroom, micro-climate, weather station, MQTT

บทคัดย่อ

ปัญหาในการเพาะเห็ดฟางของเกษตรกรค่อนข้างหลากหลาย เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศภายในโรงเพาะของฟาร์มเห็ด การเก็บข้อมูลของสภาพแวดล้อมเป็นปัญหา เพราะเกษตรกรไม่สามารถติดตามสภาพแวดล้อมภายในโรงเพาะได้ตลอดเวลา ระบบจัดเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมฟาร์มเห็ดฟางจึงถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการเก็บข้อมูลภายในโรงเพาะ โดยระบบทั้งหมดประกอบซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งบน Raspberry pi (เครื่องลูกข่าย) เพื่อเก็บข้อมูลเซ็นผ่านเซ็นเซอร์ และจัดส่งมาที่ Raspberry pi (เครื่องแม่ข่ายในโรงเห็ด) ที่มีระบบฐานข้อมูลเพื่อสำรองข้อมูล ณ จังหวัดเชียงราย และจัดส่งต่อมาที่เครื่องคอมพิงเตอร์แม่ข่าย ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยผ่านโปรโตคอล MQTT และ 3G FIWI router เพื่อการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ โดยระบบมีหน้าที่ติดตามและแจ้งเตือน เมื่ออุณหภูมิและความชื้นผิดไปจากค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: เห็ดฟาง micro-climate สถานีอากาศ MQTT

บทนำ

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง มี 3 ปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิที่เหมาะสม อยู่ที่ประมาณ 35-37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ เห็ดฟางต้องการความชื้นในอากาศประมาณ 80-90% และความชื้นวัสดุเพาะประมาณ 60-70% ดีพร้อมและอัมพร (2547) แสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดฟาง หากในโรงเรือนมีแสงสว่างไม่เพียงพอ จะเกิดปัญหาการที่เส้นใยจะรวมตัวและเกิดเป็นดอกเห็ดฟางได้ยาก ดังนั้นจำเป็นต้องมีแสงสว่างที่เหมาะสม หากในโรงเรือนมืด ควรเพิ่มแสงสว่าง แต่เห็ดฟางไม่ชอบแสงแดดโดยตรง ควรมีการพรางแสง เนื่องจาก จะทำให้ดอกเห็ดมีสีคล้ำ ไม่ได้คุณภาพ

ในปัจจุบัน Internet of Things (IoT) มีการนำอุปกรณ์มาประยุกตใช้งาในด้านต่างๆ มากขึ้น เช่น การประยกุต์ใช้งานในด้าน Smart farm คือการทำให้การบริหารจัดการทางด้านจัดทำ farm ของเกษตรที่มีอุปกรณ์ทุกอย่างที่สามารถควบคุมรายงานผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ต หรือการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมเกษตรกรรม ทีใช้อินเทอร์เน็ตควบคุมการผลิต รวมไป ถึง การเฝ้าระวังและการแจ้งเตือนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของพืชต่อเกษตรกรแบบอัตโนมัติ โดยในการพัฒนาการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์นั้น จำเป็นจะต้องใช้โปรโตคอลในการสื่อสาร โดยเฉพาะในการพัฒนา IoT ในปัจจุบัน มีโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมอยู่สองชนิดคือ CoAP Protocol และ MQTT Protocol โดยในบทความนี้ใช้ MQTT Protocol

การใช้ Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เพราะเป็นโปรโตคอลที่มีลักษณะคือ 1) Open Source เป็นมาตรฐานเปิดเหมาะสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์เกษตร เพราะสามารถนำไปพัฒนาได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย 2)

[1] **สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่** 50290

[1] Computer of Science, Faculty of Science, Maejo University, Thailand 50290

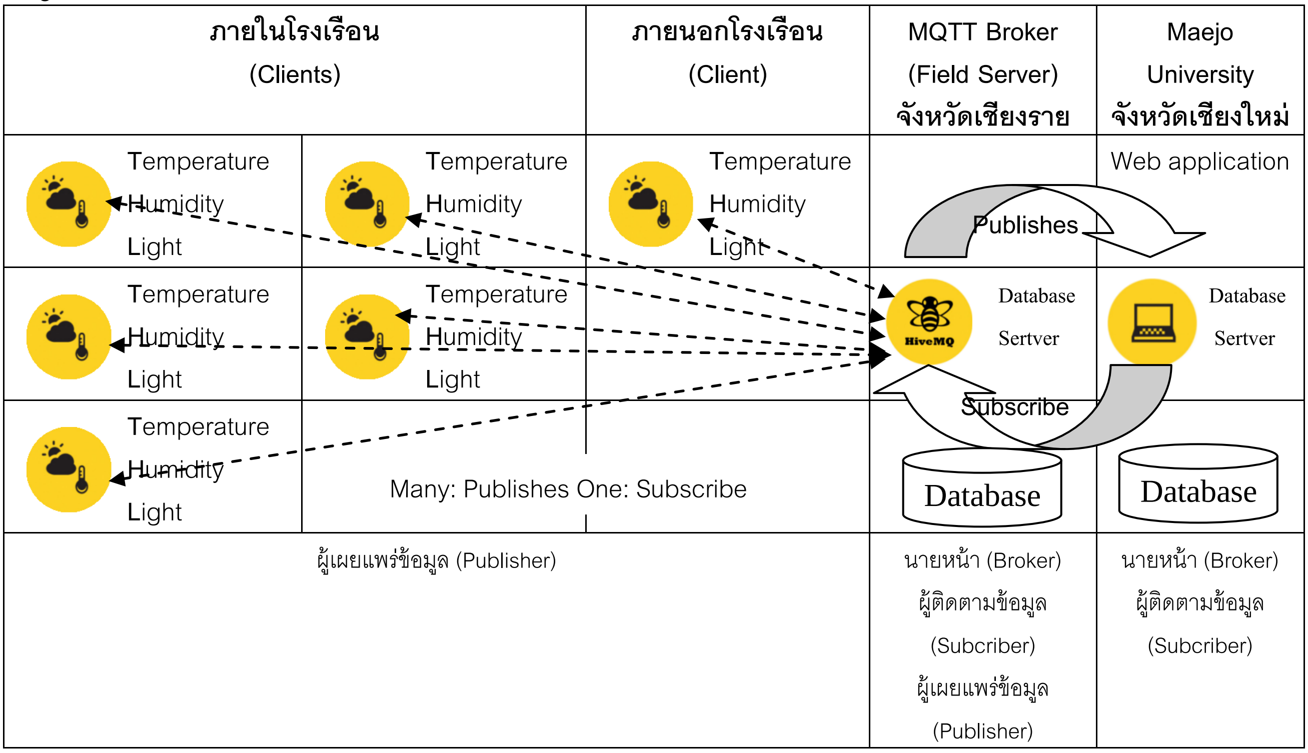
Lightweight เป็นโปรโตคอลที่มีขนาดเล็กเหมาะสำหรับติดตั้งใน SD card บนบอร์ด Raspberry pi 3) Reliable เป็นโปรโตคอลที่มีความน่าเชื่อถือได้ Quality of Services (QoS) 4) Simple เป็นโปรโตคอลที่ง่ายต่อการใช้งาน โดยอาศัยวิธีการ Publish/Subscribe ผ่านตัวกลาง Broker โดย

การทำงานของโปรโตคอลมีขั้นตอนการทำงาน เมื่อ Sensor บนเครื่อง Raspberry pi (Clients)ได้รับค่าจะทำการ Publish ข้อมูลดังกล่าว ไปยัง "Topic" ที่กำหนดไว้บน MQTT Broker และMQTT Broker จะทำการ Push ข้อมลูที่ได้ไปยัง Raspberry pi (Field server) ที่ทำการ Subscribe "Topic" เดียวกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ระบบเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมเห็ดฟาง เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยทั้งฮาร์ดแวดร์และซอฟต์แวร์ เพื่อจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานประกอบด้วย อุณหภูมิและความชื้นอากาศ (DHT22) อุณภูมิวัสดุเพาะ(DSB20 Temperature Probe) และแสง (LDR) ของกลุ่มเกษตรกรที่เพาะเห็ดฟางที่จังหวัดเชียงราย โดยติดตาม (Monitor) สิ่งแวดล้อมแบบ Real time ด้วย Raspberry Pi เพื่อการแจ้งเตือนเกษตกรในการปรับสภาพแวดล้อมด้วยตนเอง และเพื่อปรับสภาพแวดล้อม (micro-climate) ให้เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดฟางในเชิงอุตสาหกรรมในโรงเรือนระบบปิดในอนาคต

Figure 1 แสดง Flow Chart แสดงการทำงานของระบบ



จาก Figure 1 ระบบประกอบด้วย เครื่องลูกข่ายจำนวน 6 เครื่อง (Clients) โดยติดตั้งภายในโรงเรือนจำนวน 5 เครื่อง และติดตั้งภายนอกโรงเรือน 1 เครื่อง เพื่อทำหน้าที่เป็น Publisher และเครือแม่ข่าย (Field Server) จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งทำหน้าที่เป็น Broker และ Subscriber การทำงานของระบบเครื่องลูกข่ายจะทำการส่งข้อมูล (messages) ถึงแม่ข่ายทุกครึ่งชั่วโมง โดยอ้างอิงจาก Topic เดียวกัน แบบ Many clients to One field server โดยใช้เทคโนโลยีการการส่งข้อมูล (MQTT) ผ่านเครื่องข่ายแบบไร้สาย (Wireless Network) ภายในโรงเพาะเห็ดจังหวัดเชียงราย

เครื่องแม่ข่ายที่จังหวัดเชียงรายการ ซึ่งทำหน้าที่เป็น Publisher จะทำการส่งข้อมูล (Messages) สู่เครื่องแม่ข่ายบนระบบกลุ่มเมฆมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Virtual Cloud Computing Server) ซึ่งทำหน้าที่เป็น Broker และ Subscriber แบบ One by One โดยอ้างอิงจาก Topic เดียวกัน และจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล กรณีที่ขาดการติดต่อระหว่างระบบที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ แม่ข่ายที่จังหวัดเชียงรายจะทำการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลภายในโรงเรือนโดยอัตโนมัติ โดยระบบที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้มีหน้าที่เฝ้าติดตามและตรวจสอบเงือนไขเพื่อแจ้งเตือนเกษตรกรผ่านโทรศัพย์มือถือโดยพิจารณาจากการแสดงผลเป็นกราฟเส้นโดยมีเส้นระบุขอบเขตล่างเป็นค่าเหมาะสมต่ำสุด และขอบเขตเขตบนเป็นค่าเหมาะสมสูงสุดของอุณหภูมิ และความชื้น รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูลที่ต้องการได้เป็นแบบรายเดือน โดยการส่งข้อมูลจะทำการส่งทุก 30 นาที

ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของอากาศในพื้นที่เพาะปลูก เพื่อทำให้เกษตรสามารถปรับระดับอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้อย่างทันเวลาและลดปริมาณการสูญเสียโอกาศในการผลิตเห็ดฟางในอนาคต

ผลการทดลอง

การทดลองระบบจัดเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมฟาร์มภายในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง จากการเก็บข้อมูลจำนวน 4 เดือน ตั้งแต่เดือน มิถุนายน –กันยายน 2559 ได้ข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูล จำนวน 4 เดือน พบว่า มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 10,685 x 3 ข้อมูล (อุณหภูมิ,ความชื้น และแสง) มีการแจ้งเตือนอุณหภูมิต่ำกว่าจำนวน 10,560 ครั้ง และสูงกว่าจำนวน 73 ครั้ง และมีการแจ้งเตือนความชื้นต่ำกว่าจำนวน 7,751 ครั้ง และสูงกว่าจำนวน 2,008 ครั้ง โดยพิจารณาจาก Table 2

Table 1 Number of warning

เดือน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด	จำนวนการแจ้งเตือน (ครั้ง)					
		อุณหภูมิ			ความชื้น		
		ต่ำกว่า	สูงกว่า	35-37 °C	ต่ำกว่า	สูงกว่า	80-90%
มิถุนายน	1,822	1,787	22	13	460	1,196	166
กรกฎาคม	4,521	4,465	23	33	1,012	3,116	393
สิงหาคม	518	518	0	0	140	370	8
กันยายน	3,824	3,790	28	6	396	3,069	359
รวม	**10,685**	**10,560**	**73**	**52**	**2,008**	**7,751**	**926**

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้รับจากระบบซึ่งแสดงใน Table 1 และ Table 2 พบว่า ข้อมูลในแต่ละเดือนจะมีจำนวนไม่เท่ากัน เนื่องจากเกษตรกรมีรอบระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่แตกต่างกันบางเดือนมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตมากเช่น เดือนกรกฎาคม และบางเดือนประสบปัญหาในส่วนของเชื้อราเขียว เช่น เดือนสิงหาคม จึงไม่มีผลผลิตของเห็ดฟาง แต่ละจุดภายในโรงเรือนมีค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นต่างกัน จากการทดสอบระบบในการแจ้งเตือนพบว่า ในเดือนกันยายนมีอัตราส่วนของ จำนวนการแจ้งเตือนอุณหภูมิต่ำ : จำนวนข้อมูลทั้งหมด มากที่สุด และความชื้นสูง : จำนวนข้อมูลทั้งหมด มากที่สุด สำหรับแสง เซ็นเซอร์ได้ค่าที่ยังไม่เหมาะสมและเพียงพอที่จะประเมินได้ สิ่งที่จะดำเนินการในอนาคต คือ ค้นหาค่าที่ต่ำสุดและค่าสูงสุดของอุณหภูมิและความชื้นที่ให้ปริมาณของเห็ดฟางสูงสุด และปรับค่าแสง เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงของเกษตรกรแต่ละพื้นที่ต่อไป เพราะการใช้ค่ามาตรฐานบางครั้งอาจจะไม่มีความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ เพื่อลดภาระการจัดเก็บข้อมูลด้วยมือ ในส่วนของการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องและตลอดเวลา

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ นายสงัด สารตัน เกษตรกรเจ้าของโรงเรือนเห็ดฟาง เวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ดำเนินการวิจัยและให้ความรู้ในการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน และสำนักวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัย ปี 2559

เอกสารอ้างอิง

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ และอัมพร นันทธีโร, 2547, การเพาะเห็ดฟาง, กรมส่งเสริมการเกษตร พิมพ์ครั้งที่ 3. 24 หน้า. http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/item.php?id=2011-005-0095.

ประยูร จวงจันทร์, โรงเพาะเห็ดไฮเทค, [ออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.technologychaoban.com/news_detail.php?tnid=554 ค้นวันที่ [8 สิงหาคม 2558]

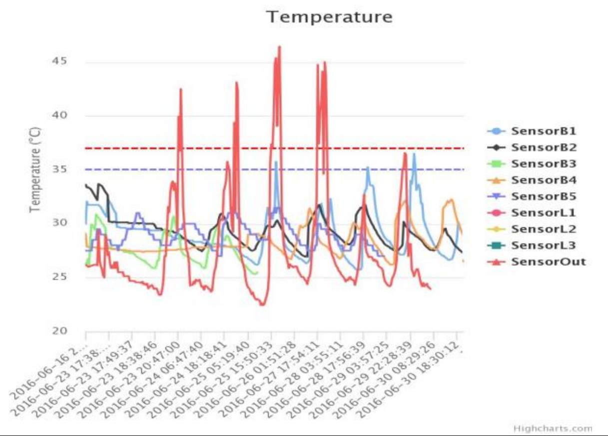
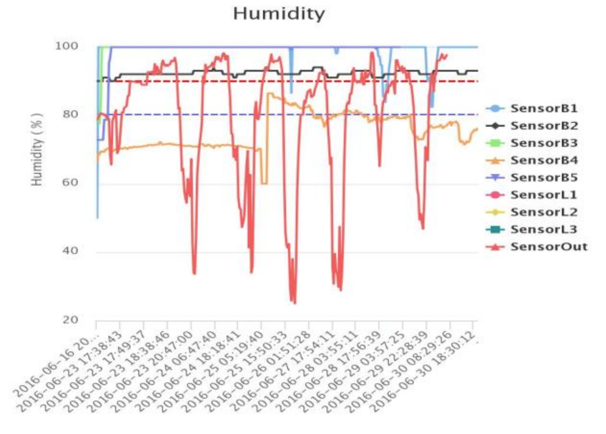
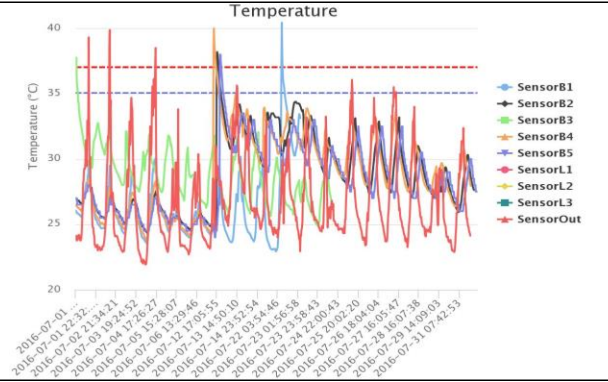
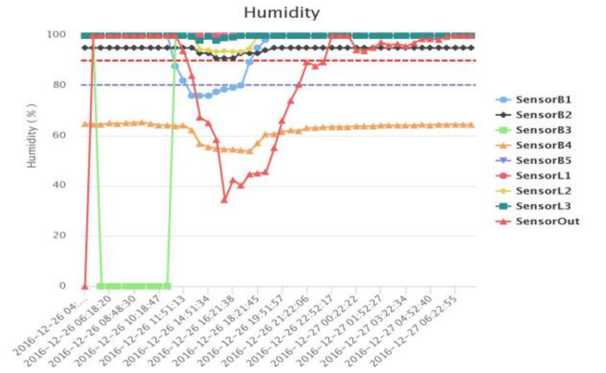
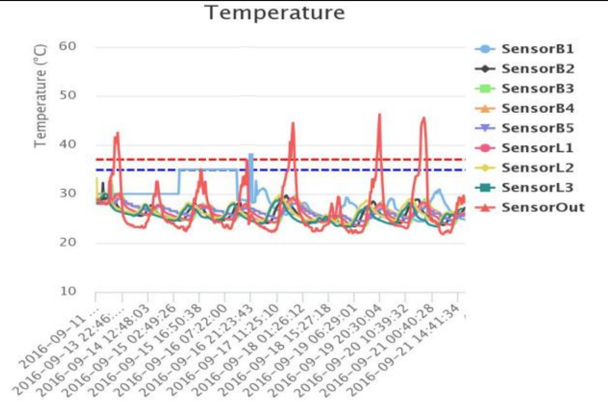
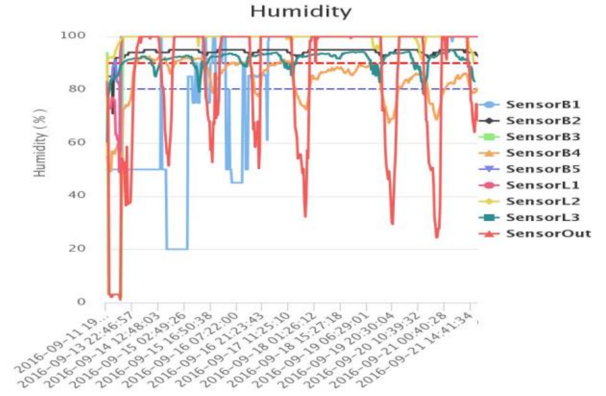
รวมเทคนิคเกษตร "ฉบับสมบูรณ์", 10 ปัญหายอดฮิต ที่เกิดขึ้นกับเห็ดฟาง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://ban-hedfang.blogspot.com/2011/10/10_22.html. ค้นวันที่ [1 สิงหาคม 2558].

ศุภวุฒิ ผากา สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิศร ฤมยา, 2557, การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. ปีที่ 7. ฉบับที่ 1.

Rajapakse, P. A. L. I. T. H. A. 2011, New cultivation technology for paddy straw mushroom (*Volvariella volvacea*). In Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7).

Verma, RN., 2002, Cultivation of paddy straw mushroom (*Volvariella* spp.). In Recent Advances in the Cultivation Technology of Edible Mushrooms. (Verma, RN and Vijay B, Eds.) pp.221-220, National Research Centre for Mushroom, Solan (HP), India. physical properties of the control corn milk.

Table 2 Temperature and humidity from precisionfarm.mju.ac.th:3505\strawMushroom

<table>
<tr><th>อุณหภูมิ เดือนมิถุนายน 2559</th><th>ความชื้น เดือนมิถุนายน 2559</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><th>อุณหภูมิ เดือนกรกฎาคม 2559</th><th>ความชื้น เดือนกรกฎาคม 2559</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><th>อุณหภูมิ เดือนกันยายน 2559</th><th>ความชื้น เดือนกันยายน 2559</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาดอกอัญชันโปรไบโอติก

Sensory Acceptability of Butterfly Pea Probiotic Tea

พริมา พิริยางกูร[1] พิชญา โชคบัณฑิต[1] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]

Phiriyangkul, P.[1], Chokbuntid, P.[1] and Poubol, J.[2]

Abstract

Sensory acceptability of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) tea added with probiotic (*Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) and *Lactobacillus casei* (TISTR 1463)) were analyzed and compared with non-added probiotic (control) during stored at 4°C for 6 weeks. The sensory acceptability as color, odor, taste and overall acceptance using the 9-point hedonic scale were evaluated. Sensory score was more than 5 were accepted. The highest score (6.50) of taste and overall acceptability was found in butterfly pea tea added with *L. casei* (TISTR 1463). The butterfly pea tea added with both probiotic did not significant differences in color and odor attributes during storage for 6 weeks. Taste and overall acceptance of the butterfly pea tea added with *L. acidophilus* (TISTR 1336) was decreased throughout the storage. The butterfly pea tea added with *L. casei* showed better overall acceptability score than that of butterfly pea tea added with *L. acidophilus* and control ($P<0.05$).

Keywords: butterfly pea, probiotic, sensory attributes

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea*) ที่เติมโปรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336), *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) เปรียบเทียบกับน้ำชาดอกอัญชันที่ไม่เติมโปรไบโอติก (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ โดยคะแนนที่มากกว่า 5 คะแนน แสดงถึงการยอมรับของผู้บริโภคน้ำชาดอกอัญชันที่เติม *L. casei* (TISTR 1463) มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านรสชาติ และคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด (6.50 คะแนน) โดยน้ำชาดอกอัญชันที่เติมโปรไบโอติกทั้งสองสายพันธุ์มีสีและกลิ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในขณะที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของน้ำชาดอกอัญชันที่เติม *L. acidophilus* (TISTR 1336) ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา น้ำชาดอกอัญชันที่เติม *L. casei* มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าน้ำชาดอกอัญชันที่เติม *L. acidophilus* และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: อัญชัน โปรไบโอติก คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คำนำ

อัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) เป็นพืชในวงศ์ Fabaceae มีชื่อเรียกทั่วไป คือ Butterfly pea มีประโยชน์ในทางอายุรเวท เนื่องจากมีสารทุติยภูมิ เช่น triterpenoids, flavonol glycosides, anthocyanins และ steroids ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Mukherjee และคณะ, 2008) กลีบดอกอัญชันสีน้ำเงินม่วงมีสาร ternatins (blue anthocyanins) (Srivastava และ Pande, 1977) ซึ่งเป็นสารกลุ่ม anthocyanins ปัจจุบันนิยมใช้ทำสีผสมอาหารในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีคุณสมบัติยับยั้งการแข็งตัวของเลือด ช่วยให้กล้ามเนื้อคลายตัว (Honda และคณะ, 1991) รักษาโรคเบาหวาน (Sharma และ Majumdar, 1990) ประเทศไทยนิยมใช้ดอกอัญชันสีน้ำเงินม่วงเป็นสีผสมอาหารหรือเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางเนื่องจากมีสรรพคุณทางยาและมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Kamkaen และ Wilkinson, 2009) น้ำชาดอกอัญชันจึงเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจด้านสุขภาพมากยิ่งขึ้นและผู้ที่แพ้นม (milk allergy) หรือแพ้น้ำตาลแลกโตส (lactose intolerance) ที่ไม่สามารถรับประทานนมและผลิตภัณฑ์นมจึงหันมาสนใจอาหารเสริมโปรไบโอติกที่ไม่ได้ผลิตจากนม (non-daily

[1] สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

[2] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

probiotic) (Alizadeh และ Ehsani, 2008) โดยโปรไบโอติกแบคทีเรียจะไปช่วยรักษาสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ในลำไส้ ส่งผลให้เชื้อแบคทีเรียก่อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ลดความเสี่ยงการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยเสริมภูมิต้านทานและลดปริมาณคอเลสเตอรอลได้ (Saarela และคณะ, 2002) ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาถึงการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในน้ำชาดอกไม้โปรไบโอติก การศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำชาดอกอัญชันโปรไบโอติก จำเป็นจะต้องศึกษาถึงการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาดอกอัญชันโปรไบโอติก ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาถึงการยอมรับของผู้บริโภคในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของน้ำชาดอกอัญชันที่เติม lactic acid bacteria สายพันธุ์ *L. acidophilus* TISTR 1338 และ *L. casei* TISTR 1463 เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติม lactic acid bacteria เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมน้ำชาดอกอัญชัน โดยต้มดอกอัญชันอบแห้งหนัก 50 กรัมในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 7 ลิตร นาน 7 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองเอาแต่ส่วนใสและแบ่งชาออกเป็น 3 วิธีการทดลอง วิธีการที่ 1 ชาดอกอัญชันที่ไม่เติมเชื้อโปรไบโอติก (ชุดควบคุม) วิธีการที่ 2 ชาดอกอัญชันที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และวิธีการที่ 3 ชาดอกอัญชันที่เติมเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) โดยใช้เชื้อโปรไบโอติก *L.casei* ปริมาณ 2.5×10^9 CFU/mL และ *L. acidophilus* ปริมาณ 2.9×10^9 CFU/mL (จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)) จากนั้นบรรจุลงในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 220 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำชาดอกอัญชันในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยให้ความชอบแบบ 9 คะแนน (nine-point hedonic scale) : 1= ไม่ชอบมาก, 5 = เฉย ๆ , และ 9 = ชอบมาก (International Dairy Federation, 1995) และตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (pH meter, ORION 420A) ทุกสัปดาห์ งานวิจัยนี้ใช้อาสาสมัครจำนวน 6 คน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของชาดอกอัญชันพบว่าน้ำชาดอกอัญชันที่เติมโปรไบโอติกทั้งสองสายพันธุ์มีสีและกลิ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าคะแนนการยอมรับในด้านสีและกลิ่นมีแนวโน้มจะลดลงในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนความชอบในด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 4.33-4.83 ซึ่งผู้บริโภคจะไม่ยอมรับ ส่วนในชุดควบคุมผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ 4.5 คะแนน ในสัปดาห์ที่ 4 (Figure 1) ซึ่งแสดงถึงการไม่ยอมรับ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าคะแนนเฉลี่ยในด้านรสชาติและความชอบโดยรวมของชาดอกอัญชันที่เติม *L. acidophilus* (TISTR 1336) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเหลือ 4.33 คะแนน ส่วนคะแนนความชอบในด้านรสชาติและความชอบโดยรวมของน้ำชาดอกอัญชันที่เติม *L. casei* (TISTR 1463) ลดลงในสัปดาห์ที่ 4-6 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.33-6.50 คะแนน ในขณะที่น้ำชาดอกอัญชันที่เติม *L. casei* (TISTR 1463) มีคะแนนการยอมรับในด้านรสชาติและคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.50 ดังนั้นผู้บริโภคควรบริโภคน้ำชาดอกอัญชันที่มีโปรไบโอติก *L. acidophilus* (TISTR 1336) ภายในสัปดาห์ที่ 5 ของการเก็บรักษา และสามารถบริโภคน้ำชาดอกอัญชันที่มีโปรไบโอติก *L. casei* (TISTR 1463) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าน้ำชาดอกอัญชันยังคงมีปริมาณเชื้อ *Lactobacillus* เท่ากับ 1.2×10^8 CFU/mL ซึ่งมีปริมาณมากกว่า 10^6 CFU/mL และยังคงเป็นผลิตภัณฑ์โปรไบโอติก (Donkor และคณะ, 2007) การลดลงของโปรไบโอติกในขณะที่เก็บรักษาอาจเนื่องมาจากปริมาณกรดแลกติคที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา และการรวมตัวของสารเมทาบอไลท์ที่เป็นพิษจึงส่งผลให้เกิดการตายของเซลล์ (Talwalkar และ Kailasapathy, 2004) จากการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่าน้ำชาดอกอัญชันโปรไบโอติกทุกวิธีการทดลองมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยน้ำชาดอกอัญชันในชุดควบคุมและน้ำชาดอกอัญชันที่เติมเชื้อ *L. casei* และ *L. acidophilus* มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.45, 4.84 และ 4.78 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.30, 3.98 และ 4.16 ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรสชาติของน้ำชาดอกอัญชัน จึงทำให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลง ในอนาคตจะศึกษาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างต่อสารที่มีประโยชน์ในน้ำอัญชัญโปรไบโอติกต่อไป

สรุปผล

ผู้บริโภคควรบริโภคชาดอกอัญชันผสมเชื้อ *L. acidophilus* (TISTR 1336) และ *L. casei* (TISTR 1463) ภายในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ

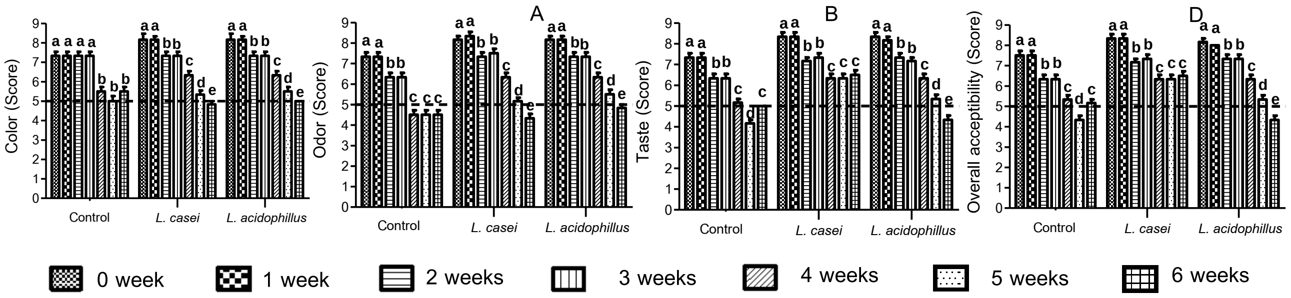


Figure 1 Color (A), odor (B), taste (C) and overall acceptability (D) of butterfly pea tea added with *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *L. acidophilus* (TISTR 1336) compared with non-added probiotic (control) stored at 4°C for 6 weeks.

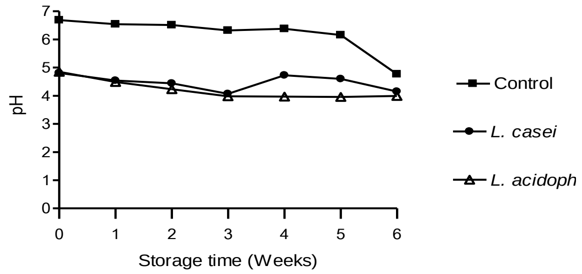


Figure 2 pH value of butterfly pea tea added with *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *L. acidophilus* (TISTR 1336) compared with non-added probiotic (control) stored at 4°C for 6 weeks.

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์และหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2558 ขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558

เอกสารอ้างอิง

Alizadeh, A. and Ehsani, M.R., 2008, Probiotic survival in yogurt made from ultrafiltered skim milk during refrigeration storage. Research Journal of Biological Sciences, 3: 1163-1165.

Dias, M.L.L.A., Salgado, S.M., Guerra, N.B., Livera, A.V.S., Andrade, S.A.C., Ximenes, G.N.C., 2013, Phisicochemical, sensory, and microbiological evaluation and development of symbiotic fermented drink, Food Science and Technology, 33(4): 805-811.

Donkor, O.N., Nilmini, S.L.I., Stolic, P., Vasiljevic, T., Shah, N.P., 2007, Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage, International Dairy Journal, 17: 657-665.

Honda, T., Saito, N., Kusano, T., Ishisone, H., Funayama, N., Kubota, T., Araogi, S., 1991, Isolation of anthocyanins (Ternatin A1, A2, B1, B2, D1, and D2) from *Clitoria ternatea* cv. (double blue) having blood platelet aggregation-inhibiting and vascular smooth muscle relaxing activities. Japan Kokai Tokyo Koho, 7.

International Dairy Federation, 1995, Fermented and non-fermented milk products detection and enumeration of *Lactobacillus acidophilus* - culture media. Brussels: International Dairy Federation, 36 p. (Bulletin of the IDF, 306).

Kamkaen, N. and Wilkinson, J.M., 2009, The antioxidant activity of *Clitoria ternatea* flower petal extracts and eye gel. Phytother Research. 23(11): 1624-1625.

Mukherjee, P.K., Kumar, V., Kumar, N.S., Heinrich, M., 2008, Review: The Ayurvedic medicine *Clitoria ternatea*-From traditional use to scientific assessment. Journal of Ethnopharmacology 120: 291–301.

Saarela, M., Lahteenmaki, L., Crittenden, R., Salminen, S., Mattila-Sandholm, T., 2002, Gut bacteria and health foods-The European perspective, Int J Food Microbiol, 78: 99-117.

Sharma, A.K. and Majumdar, M., 1990, Some observations on the effect of *Clitoria ternatea* Linn. on changes in serum sugar level and small intestinal mucosal carbohydrase activities in alloxan diabetes. Calcutta Medical Journal 87: 168–171.

Srivastava, B.K., Pande, E.S., 1977, Anthocyanins from the flowers of *Clitoria tematea*. Planta Medica 32: 138–140.

Talwalkar, A., and Kailasapathy, K., 2004, The role of oxygen in the viability of probiotic bacteria with reference to *L. acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. Current Issues in Intestinal Microbiology, 5, 1-8.

ผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน

Effect of Calcium Silicate on Growth, Yield and Antioxidant Activity in Water Convolvulus

อภัสนันท์ ทานะมัย[1] ศุภชัย อำคา[2] และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง[1]

Thanamai, A.[1], Amkha, S.[2] and Rungcharoenthong, P[1]

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of calcium silicate on growth, yield, quality and antioxidants activities in water convolvulus. The experiment was comprised of 6 treatments and was designed in completely randomized design CRD with 6 replications. Calcium silicate mixed into planting media at 0, 5, 10, 15, 20 and 25 kg/rai. Plant growth, yield, phenolic compounds and antioxidant activities (EC_{50}) were investigated. The results showed that calcium silicate application increased the stem diameter, fresh and dried weight, and antioxidant activities, including with values added to the control. Water convolvulus applied with 15 kg/rai calcium silicate exhibited the improvement of stem diameter to 5.13 mm, fresh weight to 6.86 g/plant and EC_{50} to 11.63 mg Trolox/ml compare with the control stem diameter to 4.63 mm, fresh weight to 4.54 g/plant and EC_{50} to 24.68 mg Trolox/ml including with high yield 63.22 %.

Keywords: calcium silicate, growth, yield quality, water convolvulus

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต และการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทั้งหมด 6 ชุดการทดลอง จำนวน 6 ซ้ำ(ถุง) ให้แคลเซียมซิลิเกตผสมกับวัสดุปลูกอัตรา0, 5, 10, 15, 20 และ 25 กิโลกรัม/ไร่ ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต สารประกอบฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงคำนวณราคาต้นทุนปุ๋ยและผลผลิต ผลการทดลองพบว่าการให้แคลเซียมซิลิเกตเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงมูลค่าผลผลิตของผักบุ้งสูงกว่าชุดควบคุม โดยที่การให้แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 15 กิโลกรัม/ไร่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางต้น 5.13 มิลลิเมตร น้ำหนักสด 6.86 กรัม/ต้น และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} 11.63 มิลลิกรัม Trolox /มิลลิลิตร) ในชุดควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.83 มิลลิเมตร น้ำหนักสด 4.54 กรัม/ต้น และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} 24.68 มิลลิกรัม Trolox /มิลลิลิตร) รวมถึงมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น 63.22%

คำสำคัญ: แคลเซียมซิลิเกต การเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต ผักบุ้ง

คำนำ

ผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatic* Forsk.) เป็นผักที่คนไทยนิยมบริโภคกันมากเนื่องจากรับประทานได้ทั้งต้นและใบ สามารถนำมาบริโภคสดหรือนำมาประกอบอาหารได้ รวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงโดยเฉพาะวิตามินเอช่วยบำรุงสายตา มีถึง 6,536 มิลลิกรัม ในน้ำหนักสด 100 กรัม นอกจากนี้ยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินซี เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกด้วย (กองโภชนาการ, 2521) ผักบุ้งจีนเป็นผักที่ปลูกและดูแลง่าย มีอายุการเก็บเกี่ยว 20-25 วัน และยังเป็นที่ต้องการของท้องตลาดในรูปของผักสด แต่พบว่าเกษตรกรมักปลูกในพื้นที่เดิม ที่ขาดการดูแลรักษาที่เหมาะสม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) และในปัจจุบันปัญหาจากสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การเข้าทำลายของโรคแมลงจำนวนมากซึ่งอาจมีผลต่อผู้บริโภค (Luck และคณะ, 2011) แนวทางแก้ไขปัญหาโดยการจัดการธาตุอาหารพืชโดยใช้ธาตุเสริมประโยชน์ (beneficial element) เช่น ธาตุซิลิคอน (silicon) พบว่ามีบทบาททำให้ลำต้นแข็งแรงเพื่อป้องกันการเข้าทำลายจากแมลง มีรายงานว่าการให้ซิลิคอนในรูปของโซเดียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถเพิ่มความแข็งแรงของก้านช่อดอกโบตั๋นได้ดีที่สุด เนื่องจากซิลิคอนสามารถเพิ่ม

[1] **โครงการจัดตั้งภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม** 73140

[1] Department of Botany, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaenSaen campus, NakhonPathom, 73140

[2] **ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม** 73140

[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhonpathom, 73140

ปริมาณลิกนินที่สะสมอยู่ในชั้นเนื้อเยื่อ sclerenchyma, cortex และ xylem มากกว่าส่วนอื่น (Zhao และคณะ, 2013) และซิลิคอนยังเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ใบ ช่วยให้พืชทนต่อภาวะที่มีความเข้มแสงต่ำหรือสูง โดยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานแสงให้สูงขึ้น รวมถึงซิลิคอนยังสามารถแก้ปัญหาการขาดธาตุเหล็ก ทำให้ไม่เกิดอาการ chlorosis ในแตงกวา ฟักทอง และถั่วเหลือง โดยซิลิคอนจะเข้าไปช่วยทำให้มีชั้น parenchyma เพิ่มขึ้นจึงทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น (Gonzalo และคณะ, 2013) ซิลิคอนสามารถบรรเทาความเครียดจากปัจจัยชีวนะ (biotic) และอชีวนะ (abiotic) ได้โดยทำหน้าที่เป็นสัญญาณที่เหนี่ยวนำให้พืชมีปฏิกิริยาต่อต้านเชื้อโรค มีงานวิจัยรายงานว่าซิลิคอนสามารถลดการเข้าทำลายของโรคพืชจากเชื้อรา *Mycosphaerella pinodes* ได้ โดยเร่งกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase, peroxidases และ polyphenol oxidases เพิ่มขึ้นในถั่วลันเตาที่ได้รับโพแทสเซียมซิลิเกต (Cai และคณะ, 2008) นอกจากนี้ซิลิคอนยังสามารถลดความเครียดจากความร้อนได้ เนื่องจากการมีซิลิคอนสะสมอยู่ในส่วนของ xylem vessel ทำให้ vessel แข็งแรงและไม่ยุบเมื่อมีการคายน้ำสูงมาก รวมถึงการที่มีชั้นซิลิกาในผนังของเนื้อเยื่อชั้นผิวจึงลดการคายน้ำผ่านผิวเคลือบคิวทิน (cutin) ได้ และซิลิคอนยังช่วยให้ปากปิดมากขึ้น จึงทำให้การคายน้ำผ่านปากใบลดลงด้วย (Marschner, 2012) นอกจากนี้การให้ซิลิคอนทำให้มีการปลดปล่อยของธาตุอาหารในดินและวัสดุปลูกมากขึ้น (Chen และคณะ, 2015) จึงทำให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น รวมถึงการให้แคลเซียมซิลิเกต ส่งเสริมให้พืชสร้าง total soluble phenol และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ดังรายงานของ Shen และ คณะ (2010) พบว่าสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจากความแห้งแล้ง และ รังสี UV มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสง และ การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น total soluble phenol เพิ่มขึ้นในต้นกล้าถั่วเหลือง เมื่อให้ซิลิคอน 0.17 มิลลิโมลาร์ นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้พืชสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น catalase, superoxide dismutase, peroxidase และ free proline ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตามในประเทศไทยการให้ซิลิคอนอยู่ในรูปของแคลเซียมซิลิเกต (Ca_2SiO_4) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการถลุงเหล็ก(Haynes, 2014) ไม่เป็นอันตรายต่อพืชและผู้บริโภค (Guntzer และคณะ, 2012) หาซื้อได้ง่ายและราคาถูก ในการทดลองครั้งนี้จึงสนใจศึกษาผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการเกษตรและเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพผลผลิตให้ดีขึ้น ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทั้งหมด 6 ชุดการทดลองๆ ละ 6 ถุง โดยให้แคลเซียมซิลิเกตทางดินอัตรา 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 กิโลกรัม/ไร่ ในโรงเรือนตาข่าย วัสดุปลูก(แกลบเผา: ดิน: ขุยมะพร้าว อัตรา 1:1:1) ผสมกับดินในอัตรา 1:1 โดยปริมาตรในถุงเพาะขนาด 9x18 นิ้ว และให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ และแคลเซียมซิลิเกตตามที่กำหนดไว้คลุกเคล้าให้ทั่วบริเวณหน้าดิน นำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนที่ผ่านการแช่น้ำเพื่อกระตุ้นการงอกแล้วเมื่อมี radical โผล่มา 2-3 มิลลิเมตร นำมาปลูกในถุงเพาะ 25-30 เมล็ด/ถุงและถอนให้เหลือ 18 ต้น/ถุง ในวันที่ 5 หลังจากนั้นให้ปุ๋ยเกล็ดละลายน้ำสูตร 30-10-10 ทุกๆ 5 วัน รวมถึงกำจัดโรคและแมลงตามความจำเป็น และบันทึกการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ จำนวนใบ ความสูงของลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เมื่อพืชอายุได้ 25 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิต (ความสูงของลำต้นมากกว่าหรือเท่ากับ 30 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณโคนต้นขนาด 0.5-0.8 เซนติเมตร โดยตัดบริเวณเหนือใบเลี้ยงขึ้นมา) นำไปหาปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลโดยการสกัดด้วย 20% methanol และใช้ Gallic acid เป็นสารมาตรฐาน ตามวิธีของ Singleton และคณะ, 1999 ด้วยเครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 756 นาโนเมตร วิเคราะห์หาฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยการสกัดด้วย absolute ethanol โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน ดัดแปลงจาก Brand-Williams และคณะ, 1995) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร รวมถึงคำนวณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ต่อพื้นที่ และมูลค่าเพิ่มของผักบุ้งจีนเทียบกับชุดควบคุม จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม R

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้แคลเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นต่างกันต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนพบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมื่อให้แคลเซียมซิลิเกตที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม/ไร่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าชุด

ควบคุม (Table 1) และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่าเมื่อให้แคลเซียมซิลิเกตแล้วมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าการให้แคลเซียมซิลิเกตที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม/ไร่ มีแนวโน้มของปริมาณน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 7.41, 5.46 และ 6.93 กรัม/ต้น ตามลำดับซึ่งมากกว่าชุดควบคุม 4.54 กรัม/ต้น เช่นเดียวกันกับปริมาณน้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 0.45, 0.39 และ 0.43 กรัม/ต้น ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการให้แคลเซียมซิลิเกตในปริมาณที่เหมาะสมมีผลต่อการสะสมปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากแคลเซียมซิลิเกตส่งเสริมให้พืชมีการดูดซึมธาตุอาหารเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น (Chen และคณะ, 2015) รวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ และการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มขึ้น (Harizanova และคณะ, 2014)ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Gong และคณะ (2003) พบว่า โซเดียมซิลิเกตที่ 7.14 มิลลิโมล/ 8 กิโลกรัมของดิน มีผลทำให้มวลของน้ำหนักแห้งของข้าวสาลีเพิ่มขึ้น 45.3 มิลลิกรัม/ต้น และงานวิจัยของ Fallah และคณะ (2011) พบว่าการใช้ปุ๋ยซิลิคอนในนาข้าวอัตราที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของซิลิกาในต้น ใบ และรวงของข้าวเพิ่มขึ้น เนื่องจากซิลิคอนสะสมที่บริเวณชั้นคิวทินในใบพืช ใบจึงมีความหนาขึ้น สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้มากขึ้น จึงมีปริมาณน้ำหนักสดที่สูงขึ้น

การให้แคลเซียมซิลิเกตทางดินที่ความเข้มข้นต่างกัน สามารถส่งเสริมให้พืชมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 2) โดยการให้แคลเซียมซิลิเกตทางดินที่ 10, 15 และ 20 กิโลกรัม/ไร่ พบว่ามีค่า EC_{50} เท่ากับ 14.82, 11.63 และ 11.64 มิลลิกรัม Trolox/มิลลิลิตร ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุม 24.68 มิลลิกรัม Trolox/มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าการให้แคลเซียมซิลิเกตในปริมาณที่พอเหมาะมีผลทำให้พืชเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น โดยมีการมีการสร้างสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Liu และคณะ (2009) พบว่าการให้ซิลิคอนในแตงกวาสามารถเพิ่มฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระได้โดยการสร้างเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD), phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase (GSH-PX), ascorbate peroxidase (APX) และ total glutathiones (GSH) ทำให้แตงกวาสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมได้ รวมถึงการสะสมซิลิคอนที่มากขึ้นทำให้พืชมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นและช่วยลดการเกิด free radical ได้ดีขึ้น

ผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น และมูลค่าเพิ่มที่คาดว่าจะได้รับ (Table 3) พบว่าเมื่อให้แคลเซียมซิลิเกตทางดินที่อัตรา 15 กิโลกรัม/ไร่ มีอัตราที่ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2,268 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็น 63.22% และมีมูลค่าเพิ่มเท่ากับ 45,353 บาท ซึ่งมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ

สรุปผล

การให้แคลเซียมซิลิเกตส่งเสริมทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงมูลค่าผลผลิตของผักบุ้งจีนสูงกว่าชุดควบคุม โดยที่การให้แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 15 กิโลกรัม/ไร่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 5.13 มิลลิเมตร น้ำหนักสด 6.86 กรัม/ต้น และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} 11.63 มิลลิกรัม Trolox/มิลลิลิตร) รวมถึงมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 63.22

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์, 2557, การจัดการคุณภาพการปฏิบัติการเกษตรที่ดีขึ้นสำหรับพืช, [สืบค้น], http://gap.doae.go.th/report_plant.php?id1=%20103520, [21 January 2559].

กองโภชนาการ, 2521, ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ, 18น.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., and Berset, C., 1995, Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, LWT Food ScienceTechnology, 28(1): 25-30.

Cai, Y., H. F. Chin, D., Lazarova, S., Menon, C. Fu, H., Cai, A., Sclafani, D. W., Rodgers, E. M., De La Cruz, S. Ferro-Novick, and K. M. Reinisch, 2008, The structural basis for activation of the Rab Ypt1p by the TRAPP membrane-tethering complexes, Cell, 133(7): 1202-1213.

Chen, K., Yu-sheng, Q., Yu, H., SiKang, W., and Shi-hua, T., 2015, Impacts of different fertilizers amendments on rice yield, nutrient uptake and soil properties in the waterlogged paddy field, Plant Nutrition and Fertilizer, 21(3): 773-781.

Fallah, A., Osko,T., Khosravi, V., Mohammadian, M., and Rosttami, M., 2011, Reduction of chemical pesticides by using of silicate fertilizer in paddy fields, In Proceedings of The 5Th International Conference on Silicon in Agriculture, September 13-18, 2011, p.46, Beijing, China.

Gong, H., Chen, K., Chen, G., Wang, S., and Zhang, C., 2003, Effects of silicon on growth of wheat under drought, Plant Nutrition, 26: 1055–1063.

Gonzalo, M. J., Lucena, J. J., and Hernández-Apaolaza, L., 2013, Effect of silicon addition on soybean (*Glycine max* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants grown under iron deficiency, Plant Physiology. Biochemistry, 70: 455-461.

Guntzer, F., Keller, C., and Meunier, J.-D, 2012, Benefits of plant silicon for crops: a review, Agronomy for Sustainable Development, 32: 201-213.

Harizanova, A., Zlatev, Z., and Koleva, L., 2014, Effect of silicon on activity of antioxidant enzymes and photosynthesis in leaves of cucumber plants (*Cucumis sativa* L.), Turkish Journal of Agricultural and Natural Science. 2(Special Issue):1812-1817.

Haynes, R. J, 2014, A contemporary overview of silicon availability in agricultural soils, Plant Nutrition and Soil Science, 177: 831-844.

Liu, J. J., Lin, S. H., Xu, P. I., Wang, X.J., and Bai, J. G., 2009, Effects of exogenous silicon on the activities of antioxidant enzymes and lipid peroxidation in chilling-stressed cucumber leaves, Agricultural Science in China, 1075–1086.

Luck, J., Spackman, M., Freeman, A., Tręb̧icki, P., Griffiths, W., Finlay, K., and Chakraborty, S., 2011, Climate change and diseases of food crops. Plant Pathology, 60, 113–121.

Marschner, H, 2012, Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed, Academic Press, London.

Shen, X., Zhoua, Y., Duana, L., Lia, Z., Egrinya Enejib, A., and Li, J., 2010, Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation, Plant Physiology, 167: 1248–1252.

Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Ravenros, R. M., 1999, Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by mean of folin-ciocalteu reagent, Methods in Enzymology, 299: 152-178.

Zhao, D., Han, C., Tao, J. and Hao, Z., 2013, Silicon application enhances the mechanical strength of inflorescence stem in herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.), Science Horticulture, 151: 165-172.

Table 1 Effect of calcium silicate on growth in water convolvulus.

Ca_2SiO_4 (kg/rai)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Number of leaves	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
0	30.06	4.38 b	8.55	4.54 c	0.32 b
5	31.58	4.78 ab	8.56	5.04 c	0.33 b
10	31.89	4.77 ab	8.93	4.93 c	0.34 b
15	32.27	5.13 a	8.76	7.41 a	0.45 a
20	32.27	4.99 a	8.93	5.46 bc	0.39 ab
25	32.93	5.02 a	8.77	6.39 ab	0.43 ab
F-test	ns	*	ns	*	*
C.V. (%)	7.09	8.17	4.86	12.60	16.23

Means within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT at $P< 0.05$

Table 2 Effect of calcium silicate on phenolic compound content and antioxidant activity in water convolvulus.

Ca_2SiO_4 (kg/rai)	Phenolic compound (mgGAE/g)	EC_{50} of Antioxidant (mgTrolox/ml)
0	0.089	24.68 a
5	0.082	17.97 ab
10	0.071	14.82 b
15	0.077	11.63 b
20	0.075	11.64 b
25	0.083	22.46 a
F-test	ns	*
C.V. (%)	14.24	24.09

Means within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT at $P< 0.05$

Table 3 Cost of calcium silicate application and value added in water convolvulus.

Ca_2SiO_4 (kg/rai)	Ca_2SiO_4 prices (baht)	Total of yield (kg/rai)	Increased productivity (kg/rai)	Increased productivity (%)	Added value (baht)
0	0	3,587	0	0	0
5	87.5	3,982	395	11.01	7,901
10	175.0	3,895	308	8.59	6,163
15	262.5	5,855	2,268	63.22	45,353
20	350.0	4,314	724	20.27	14,538
25	437.5	5,049	1,462	40.75	29,235

Cost of calcium silicate is 17.5 baht/kg and water convolvulus is 20 baht/kg

ผลของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยต่อการยอมรับและการรอดชีวิตของ *Lactobacillus acidophilus* LA5 ในโยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติก

Effect of Thai Herbal-Plant Extracts on Acceptability and Survivability of *Lactobacillus acidophilus* LA5 in Probiotic-Yoghurt

พิทยา ใจคำ[1]
Chaikham, P.[1]

Abstract

This research aimed to investigate the effect of Thai herbal-plant extracts viz. green tea, mulberry leaves, cashew leaves, pennywort and lemon grass on consumer acceptance and viability of probiotic *Lactobacillus acidophilus* LA5 in yoghurt during storage at 4ºC for 4 weeks. Results showed that the liking scores of all herbal-yoghurts' attributes were different, except mouth feel scores. Yoghurts added with green tea, mulberry leaf and pennywort extracts had significantly higher liking scores of appearance, color, flavor and overall acceptability than other samples. In this study, we found that green tea, cashew leaf and pennywort extracts could improve the survival rates of *L. acidophilus* LA5 in yoghurt during refrigerated storage for 4 weeks.
Keywords: *Lactobacillus acidophilus* LA5, yoghurt, Thai herbal-plants, consumer acceptability

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดพืชสมุนไพรไทย ได้แก่ ชาเขียว ใบหม่อน ใบมะม่วงหิมพานต์ ใบบัวบก และตะไคร้ต่อการยอมรับของผู้บริโภคและการอยู่รอดของโพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* LA5 ในโยเกิร์ตระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่าคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของโยเกิร์ตผสมสมุนไพรมีค่าแตกต่างกันออกไป ยกเว้นคะแนนด้านความรู้สึกภายในปาก โยเกิร์ตที่ผสมกับชาเขียว ใบหม่อน และใบบัวบก มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการศึกษานี้เรายังพบอีกว่าสารสกัดชาเขียว ใบมะม่วงหิมพานต์ และใบบัวบก ช่วยเพิ่มอัตราการอยู่รอดของ *L. acidophilus* LA5 ในโยเกิร์ตในระหว่างเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลา 4 สัปดาห์
คำสำคัญ: *Lactobacillus acidophilus* LA5 โยเกิร์ต พืชสมุนไพรไทย การยอมรับของผู้บริโภค

บทนำ

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดหนึ่งที่มีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดดีจำพวกโพรไบโอติก (probiotics) เช่น *Lactobacillus* sp.และ *Bifidobacterium* sp. เป็นส่วนผสม ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการบริโภคโพรไบโอติกในปริมาณที่เหมาะสม (10^6-10^7 CFU/g ของโยเกิร์ต) จะส่งผลให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดี (Illupapalayam และคณะ, 2014; Chaikham, 2015) อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยพบว่า เมื่อเก็บรักษาโยเกิร์ตเป็นระยะเวลาหนึ่ง จำนวนของโพรไบโอติกจะลดลงอย่างรวดเร็ว (Chaikham, 2015) การเพิ่มอัตราการเหลือรอดของโพรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาสามารถทำได้หลายวิธี จากการศึกษาก่อนหน้านี้ผู้วิจัยพบว่าสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยบางชนิด เช่น ใบย่านาง ดอกมะม่วงหิมพานต์ และใบบัวบก อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (bioactive components) อาทิเช่น สารประกอบฟีนอลิกและกรดแอสคอร์บิก และมีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant capacity) ได้ค่อนข้างสูง โดยสารสกัดเหล่านี้จะไปทำหน้าที่จับกับออกซิเจนในภาชนะบรรจุทำให้อัตราการอยู่รอดชีวิตของโพรไบโอติสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน (Chaikham, 2015)

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำผงสมุนไพรไทยสกัด 5 ชนิด ได้แก่ ชาเขียว ใบหม่อน ยอดมะม่วงหิมพานต์ ใบบัวบก และตะไคร้ มาผสมลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* LA5 จากนั้นศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ และการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

อุปกรณ์และวิธีการ

นำพืชสมุนไพร 5 ชนิด ได้แก่ ชาเขียว ใบหม่อน ใบมะม่วงหิมพานต์ ใบบัวบก และตะไคร้มาล้างให้สะอาด ซอยให้ละเอียด และนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็วรอบสูงสุด เป็นระยะเวลา 5-10 นาที ก่อนที่จะนำมาทำการสกัดโดยการคั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นทำให้อยู่ในรูปผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer) นำผงของพืชสกัดทั้งหมดมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds) และกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH-radical scavenging activity) ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Lambda Bio-20, Perkin Elmer, USA) ตามวิธีการอ้างในงานวิจัยของ Chaikham และ Apichartsrangkoon (2012)

นำโยเกิร์ตทางการค้าชนิด set-yoghurt รสกลมกล่อม ยี่ห้อบัลกาเรีย (บริษัท เมจิ (ประเทศไทย) จำกัด) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ตผสม ได้แก่ *Streptococcus thermaophilus*, *Lactobacillus plantarum* และ *Bifidobacterium plantarum* ในการหมัก มากวนผสมกับผงสมุนไพรที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (w/w) และเซลล์สดของ *Lactobacillus acidophilus* LA5 (Chr. Hansen, Hørsholm, Denmark) ซึ่งเตรียมตามวิธีของ Chaikham และคณะ (2013) ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ โดยให้จำนวนของโพรไบโอติกอยู่ที่ประมาณ 10^{10} CFU/g ของโยเกิร์ต นำตัวอย่างทุกชุดการทดลองมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไปที่ชื่นชอบและรับประทานโยเกิร์ตเป็นประจำจำนวน 50 คน ตามวิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

นำโยเกิร์ตสมุนไพรเสริมโพรไบโอติกอีกชุดหนึ่งมาบรรจุลงขวดปลอดเชื้อ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างทุกๆ สัปดาห์ เพื่อทำการวิเคราะห์หาจำนวนโพรไบโอติกที่เหลือรอด (Chr. Hansen, 2001) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

ผลและวิจารณ์การทดลอง

จาก Table 1 พบว่า ผงชาเขียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผงใบมะม่วงหิมพานต์ ใบบัวบก ใบหม่อน และตะไคร้ ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของผงสมุนไพรแต่ละชนิด (r^2 = 0.86-9.04) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maisuthisakul และคณะ (2007) และ Deetae และคณะ (2012) พบว่า ชาเขียวจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชาสมุนไพรไทยหลายชนิด อาทิเช่น ชาใบย่านาง ชาใบหม่อน และชาใบชะพลู เป็นต้น

Table 2 แสดงคะแนนความชอบของโยเกิร์ตสมุนไพรเสริมโพรไบโอติก โดยพบว่าคะแนนความชอบในแต่ละลักษณะมีความแตกต่างกันออกไป ยกเว้นด้านความรู้สึกภายในปากที่มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ส่วนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้คะแนนโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของผงชาเขียว ใบหม่อน และใบบัวบก มากกว่าโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของผงใบมะม่วงหิมพานต์ และตะไคร้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างทุกชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า จำนวนเซลล์ของ*L. acidophilus* LA5 ในทุกตัวอย่างมีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยชุดควบคุมมีอัตราการสูญเสีย โพรไบโอติกสูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างอื่นๆ ($p<0.05$) โดยจะเห็นได้ชัดว่าตัวอย่างโยเกิร์ตที่ผสมกับผงชาเขียว ใบมะม่วงหิมพานต์ และใบบัวบก โพรไบโอติกมีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด รองลงมาคือ โยเกิร์ตผสมผงใบหม่อน และตะไคร้ ตามลำดับ (Table 3) จะเห็นได้ชัดว่าการลดลงของเซลล์โพรไบโอติกในโยเกิร์ตสมุนไพรมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชสมุนไพร การที่ผงชาเขียว ใบมะม่วงหิมพานต์ และใบบัวบกทำให้อัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติกสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และมีประสิทธิภาพในการ

ต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant efficacy) สูงกว่าสารสกัดชนิดอื่นๆ (Table 1) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวสามารถป้องกันเซลล์โพรไบโอติกจากออกซิเจน และส่งผลให้อัตราการสูญเสียเซลล์โพรไบโอติกมีค่าลดลง (Chaikham, 2015)

สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างที่ผสมผงชาเขียว ใบมะม่วงหิมพานต์ และใบบัวบกจะช่วยลดอัตราการสูญเสียโพรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้สูงกว่าสารสกัดจากใบหม่อน และตะไคร้ และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของโยเกิร์ตสมุนไพรเสริมโพรไบโอติกมีความแตกต่างกัน ยกเว้นด้านความรู้สึกภายในปาก โดยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของผงชาเขียว ใบหม่อน และใบบัวบก มีค่ามากกว่าโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของผงใบมะม่วงหิมพานต์ และตะไคร้ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

Chaikham, P., 2015, Stability of probiotics encapsulated with thai herbal extracts in fruit juices and yoghurt during refrigerated storage, Food Bioscience, 12: 61-66.

Illupapalayam, V. V., Smith, S. C., and Gamlath, S., 2014, Consumer acceptability and antioxidant potential of probiotic-yogurt with spices, LWT-Food Science and Technology, 55: 255-262.

Chaikham, P., and Apichartsrangkoon, A., 2012, Comparison of dynamic viscoelastic and physicochemical properties of pressurised and pasteurised longan juices with xanthan addition, Food Chemistry, 134(4): 2194-2200.

Chaikham, P., Apichartsrangkoon, A., George, T., and Jirarattanarangsri, W., 2013, Efficacy of polymer coating of probiotic beads suspended in pressurized and pasteurized longan juices on the exposure to simulated gastrointestinal environment, International Journal of Food Science and Nutrition, 64(7): 862-869.

Chr. Hansen, "*L. acidophilus*, *L. casei* and *Bifidobacteria* in fermented milk products: Guidelines method for counting probiotic bacteria" Chr. Hansen, Denmark, 2001.

Deetae, P., Parichanon, P., Trakunleewatthana, P., Chanseetis, C., and Lertsiri, S., 2012, Antioxidant and anti-glycation properties of thai herbal teas in comparison with conventional teas, Food Chemistry, 133: 953-959.

Maisuthisakul, P., Suttajit, M., and Pongsawatmanit, R., 2007, Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some thai indigenous plants, Food Chemistry, 100(4): 1409-1418.

Table 1 Total polyphenolic compounds (TPC) and DPPH-radical scavenging activity in herbal-plant powders

Plant powders	TPC (mg GAE/g)	DPPH (IC_{50} μg/ml)
Green tea	611.87±13.59[a]	1.80±0.06[e]
Mulberry leave	374.62±10.05[d]	3.09±0.05[b]
Cashew leave	585.58±17.60[b]	1.90±0.07[d]
Pennywort	451.96±11.71[c]	2.09±0.03[c]
Lemon grass	231.65±15.07[e]	3.64±0.05[a]

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Each data point is the average of six replications.

Table 2 Consumer acceptability of herbal-yoghurts fortified with *L. acidophilus* LA5

Yoghurt types	Appearance	Color	Flavor	Mouth feel	Overall liking
Control	8.01±0.40[a]	7.74±0.37[a]	7.81±0.44[a]	7.69±0.32[a]	7.79±0.45[a]
Green tea	7.82±0.51[a]	7.62±0.30[a]	7.80±0.35[a]	7.75±0.45[a]	7.64±0.39[a]
Mulberry leave	7.73±0.24[a]	7.88±0.52[a]	7.04±0.41[b]	7.54±0.36[a]	7.40±0.57[ab]
Cashew leave	7.04±0.48[b]	6.95±0.42[b]	6.48±0.40[c]	7.48±0.59[a]	7.11±0.42[b]
Pennywort	7.78±0.53[a]	7.71±0.43[a]	7.72±0.48[a]	7.53±0.47[a]	7.35±0.51[ab]
Lemon grass	7.12±0.36[b]	6.72±0.38[b]	7.37±0.53[c]	7.50±0.45[a]	7.23±0.44[b]

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of fifty replications.

Table 3 Survivability of *L. acidophilus* LA5 in herbal-yoghurts during storage at 4°C for 4 weeks

Yoghurt types	Survival cells of probiotic in herbal-yoghurts during storage at 4°C					Cell loss
	Initial stage	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	(log CFUs)
Control	$4.15±0.56×10^{10}$	$1.62±0.74×10^{9}$	$3.64±0.44×10^{8}$	$5.17±0.53×10^{7}$	$2.00±0.21×10^{6}$	4.32±0.21[a]
Green tea	$5.01±0.49×10^{10}$	$9.26±1.01×10^{9}$	$3.11±0.53×10^{9}$	$6.81±0.46×10^{8}$	$7.02±0.43×10^{7}$	2.85±0.13[d]
Mulberry leave	$4.64±0.40×10^{10}$	$4.65±0.27×10^{9}$	$8.46±0.81×10^{8}$	$9.12±0.74×10^{7}$	$2.61±0.34×10^{7}$	3.25±0.15[c]
Cashew leave	$4.53±0.67×10^{10}$	$8.31±0.90×10^{9}$	$3.04±0.16×10^{9}$	$5.93±0.41×10^{8}$	$6.28±0.29×10^{7}$	2.86±0.24[d]
Pennywort	$4.60±0.61×10^{10}$	$7.74±0.73×10^{9}$	$3.28±0.29×10^{9}$	$6.09±0.35×10^{8}$	$6.35±0.47×10^{7}$	2.86±0.19[d]
Lemon grass	$4.62±1.38×10^{10}$	$4.28±1.47×10^{9}$	$5.62±0.59×10^{8}$	$8.77±0.95×10^{7}$	$9.75±1.24×10^{6}$	3.68±0.15[b]

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications.

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 497-500 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 497-500 (2559)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผง

Development of Biscuit Fortified with Seablite (*Suaeda maritima)* Leaf Powder

อโนชา สุขสมบูรณ์[1] อรอุมา เปลี่ยนศรี[1] และ ศลิษา วิจารณ์ปรีชา[1]

Suksomboon, A.[1], Pleansri, O.[1] and Wijarnpreecha, S.[1]

Abstract

Seablite (*Suaeda maritima)* is a mangrove forest plant which a source of nutritional substances. This research aim to develop biscuit fortified with seablite leaf powder. The levels of seablite leaf powder (0, 2, 4 and 6% flour weight) were varied. The increase of seablite leaf powder level decreased specific volume and cell-total area ratio, but increased firmness of biscuit. The results of sensory evaluation showed that biscuit with 2% seablite leaf powder received the highest overall liking score ($p < 0.05$). The proximate chemical compositions data showed that biscuit with 2% seablite leaf powder contained higher amount of crude fiber, ash, calcium, phenolic compounds and antioxidant activities than biscuits without seablite leaf powder did ($p < 0.05$). It contained lower value of crude fiber, phenolic compounds and antioxidant activities, but provided higher amount of protein, ash and calcium than commercial biscuit ($p < 0.05$).

Keywords: seablite, biscuit, antioxidant, calcium

บทคัดย่อ

ชะคราม (*Suaeda maritime*) เป็นพืชป่าชายเลนที่เป็นแหล่งของสารอาหารหลายชนิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผง โดยแปรปริมาณชะครามผงเป็นร้อยละ 0 2 4 และ 6 (โดยน้ำหนัก) ผลการทดลอง พบว่า เมื่อปริมาณใบชะครามผงเพิ่มขึ้น บิสกิตมีปริมาตรจำเพาะและอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ของบิสกิตลดลง แต่ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น บิสกิตที่เติมใบชะครามผงร้อยละ 2 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ($p<0.05$) จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของบิสกิต พบว่า บิสกิตที่เสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 มีปริมาณเถ้า เส้นใยหยาบ ปริมาณแคลเซียม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าบิสกิตที่ไม่เสริมใบชะครามผง ($p<0.05$) บิสกิตที่เสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 มีปริมาณเส้นใยหยาบ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่า แต่มีค่าปริมาณโปรตีน เถ้า และแคลเซียม สูงกว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตทางการค้า ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ชะคราม บิสกิต สารต้านอนุมูลอิสระ แคลเซียม

คำนำ

ชะคราม เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Chenopodiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Suaeda maritima* ลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กสูงประมาณ 1 เมตร ลำต้นเดี่ยวแตกกิ่งก้านตั้งแต่โคนต้น ใบเป็นพุ่มแพร่กระจายมีลักษณะใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับเบียดแน่นยาวประมาณ 1-6 เซนติเมตร ใบอวบน้ำมีสีเขียวสด ในฤดูแล้งจะเปลี่ยนเป็นสีแดงอมม่วงอ่อนๆ มีคุณค่าทางโภชนาการ อาทิเช่น โปรตีน 3.46-3.5% คาร์โบไฮเดรต 2.18-2.20% ไขมัน 0.15-0.16% เส้นใย 6.21-6.22% แคลเซียม 2471.37 mg/100 g (ยุทธนา, 2553) และมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีรายงานว่าสารสกัดชะครามให้ค่า DPPH 401.30 mg/L (วริศรา และคณะ, 2553) จะเห็นว่าใบชะครามมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูงจึงน่าจะมีศักยภาพในการใช้เป็นส่วนผสมของอาหารได้หลายชนิด โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันอย่างทั่วไป ซึ่งผลิตใหญ่เบเกอรี่ส่วนใหญ่ที่ผลิตมาจากวัตถุดิบหลัก คือ แป้ง และไขมัน หากผู้บริโภครับประทานเป็นจำนวนมากจะทำให้รับประทานอาหารหลักได้ในปริมาณน้อยลง (กมลวรรณ และคณะ, 2544) บิสกิต (biscuit) เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีความหลากหลาย มีตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ที่ลักษณะที่เป็นแผ่นบางกรอบ และมีความชื้นต่ำ จนถึงผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายขนมปัง มีความเหนียว หยุ่นตัว และพองฟู (กุลยา, 2548) โดยผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการใช้ใบชะครามเป็นส่วนผสมในบิสกิตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของบิสกิต แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการศึกษาปริมาณที่ใช้อย่างเหมาะสมเนื่องจากใบ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi, 20131

ชะครามมีรสเค็มตามธรรมชาติ (อัมพรศรี และยุทธนา, 2556)) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจนำใบชะครามมาเตรียมเป็นผง แล้วเติมลงในผลิตภัณฑ์บิสกิต เพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารและศึกษาผลของใบชะครามที่มีต่อคุณลักษณะของบิสกิตที่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมใบชะครามผงโดยนำชะครามมาเด็ดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นใบที่มีสีเขียวเข้ม นำไปลวกในน้ำเดือดโดยใช้ใบชะครามและน้ำในอัตราส่วน 1:10 โดยน้ำหนัก นาน 1 นาที อบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ให้มีปริมาณความชื้นสุดท้ายร้อยละ 5 แล้วนำไปบดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช แล้วนำมาเตรียมบิสกิตตามวิธีของกุลยา (2557) ซึ่งประกอบด้วย แป้งอเนกประสงค์ร้อยละ 100 เกลือร้อยละ 2 น้ำตาลทรายร้อยละ 5 เนยสดร้อยละ 35 นมข้นจืดร้อยละ 60 และผงฟูร้อยละ 5 โดยแปรปริมาณชะครามผงที่ใช้เติมลงในบิสกิต 4 ระดับ คือ จากร้อยละ 0 2 4 และ 6 ของน้ำหนักแป้ง แล้วนำมาหาปริมาตรจำเพาะ (Sangnark และ Noomhorm, 2003) วิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture Analyzer (TA-XT2) โดยใช้หัววัด Cylindrical probe อัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ของบิสกิต (Cell-total area ratio) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image Analysis) (ญานิล, 2558) ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นนิสิตภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร จำนวน 30 คน และคัดเลือกปริมาณใบชะครามผงที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากปริมาณใบชะครามผงที่ทำให้บิสกิตมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด แล้วนำบิสกิตที่เสริมใบชะครามผงที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ (AACC, 2000) และปริมาณแคลเซียม (AOAC, 1990) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Hsu และคณะ, 2003) และสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH scavenging activity) (Oueslati และคณะ, 2012) เปรียบเทียบกับบิสกิตที่ไม่เสริมใบชะครามผงและบิสกิตเส้นใยอาหารสูงทางการค้า

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพมีการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ส่วนการวิเคราะห์ด้านเนื้อสัมผัสทำการวิเคราะห์ 5 ชิ้นต่อซ้ำ สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อเพิ่มปริมาณชะครามผงมากขึ้น ปริมาตรจำเพาะของบิสกิตมีค่าลดลง และค่าความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ของบิสกิตลดลง โดยเฉพาะเมื่อเพิ่มปริมาณใบชะครามผงเป็นร้อยละ 4 และ 6 (Table 1) เนื่องจากปริมาณใบชะครามผงที่เพิ่มขึ้นจะไปลดสัดส่วนของกลูเตนให้ลดลง และยังอาจไปแทรกตัวอยู่ในระหว่างร่างแหของกลูเตน ทำให้โครงสร้างของกลูเตนขาดและไม่ต่อเนื่อง ซึ่งกลูเตนเป็นโปรตีนที่มีอยู่ในแป้งสาลีที่มีสมบัติในการให้ความเหนียวและความยืดหยุ่นแก่โด และกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาของผงฟู (จิตธนา และอรอนงค์, 2549) ดังนั้นเมื่อปริมาณกลูเตนลดลงและทำให้แข็งแรงลดลง โดจึงกักเก็บก๊าซไว้ได้ลดลง สอดคล้องกับอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ของบิสกิตที่ลดลง ส่งผลให้บิสกิตมีการพองตัวที่ต่ำลง และมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์บิสกิตทุกสูตรมีคะแนนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์บิสกิตที่เติมชะครามผงปริมาณร้อยละ 2 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าชอบในสีและรสชาติที่ไม่เค็มของบิสกิตสูตรดังกล่าว โดยให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตที่เติมใบชะครามร้อยละ 4 และ 6 มีรสชาติเค็มและเนื้อสัมผัสที่แน่นเกินไป

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 2) ของผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 มีปริมาณเถ้า เส้นใยหยาบ และแคลเซียมที่สูงกว่าบิสกิตที่ไม่เติมใบชะคราม ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ทั้งนี้ยุทธนา (2553) รายงานว่า ใบชะครามเป็นแหล่งของสารอาหารโดยรายงานว่าใบชะครามมีโปรตีนร้อยละ 3.46-3.5 ไขมันร้อยละ 0.15-0.16 และเส้นใยร้อยละ 6.21-6.22 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบิสกิตเสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 และผลิตภัณฑ์บิสกิตทางการค้าซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วยแป้งสาลีที่ทำจากเมล็ดข้าวสาลีทั้งเมล็ดและรำข้าวสาลี พบว่า ผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 มีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และแคลเซียมมากกว่าแต่มีปริมาณเส้นใยหยาบน้อยกว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตทางการค้า ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์บิสกิตทั้งสองชนิดมีส่วนผสมที่ต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตว่า ผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณแคลเซียมที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตทางการค้าเกือบถึง 2 เท่า โดยมีรายงานว่าใบชะครามมีปริมาณแคลเซียมสูงถึง 2471.37 mg/ 100 g (ยุทธนา, 2553) จึงน่าจะเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามเป็นอาหารที่มีแคลเซียมสูงต่อไป ใน

ด้านของปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Table 3) พบว่า ผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า และค่า IC_{50} ต่ำกว่า (โดยค่า IC_{50} หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ให้ลดลงครึ่งหนึ่งจากอนุมูลอิสระเริ่มต้น) ดังนั้นจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตที่เติมใบชะครามผงมีความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระที่สูงกว่าบิสกิตที่ไม่เติมใบชะครามผง แสดงให้เห็นว่าใบชะครามเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระสอดคล้องกับรายงานของวริศรา และคณะ (2553) ที่รายงานว่า สารสกัดจากชะครามให้ค่า DPPH 401.30 mg/L ทั้งนี้จากผลการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดต่ำกว่า และค่า IC_{50} สูงกว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตทางการค้า อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์บิสกิตทางการค้ามีการเติมรำข้าวสาลี โดยรำข้าวสาลีเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่สูง (Abozed และคณะ, 2014)

สรุปผล

การเติมใบชะครามผงในส่วนผสมของบิสกิต ทำให้ผลิตภัณฑ์บิสกิตมีปริมาตรจำเพาะต่ำลง ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ของบิสกิตลดลง โดยผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามร้อยละ 2 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 ที่พัฒนาขึ้น มีปริมาณเส้นใยหยาบ แคลเซียม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตที่ไม่เติมใบชะครามผง และเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์บิสกิตทางการค้า พบว่า ผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมใบชะครามผงร้อยละ 2 มีปริมาณโปรตีน เถ้า และแคลเซียมสูงกว่าผลิตภัณฑ์บิสกิตทางการค้า ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการเสริมใบชะครามผงลงในบิสกิตทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับและมีสารอาหารบางชนิดที่มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ แจ้งชัด อรอนงค์ นัยวิกุล ธงชัย สุวรรณสิชณน์ ประชา บุญญสิริกุล และดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2544, การพัฒนาผลิตภัณฑ์บิสกิตเสริมโปรตีนและเส้นใยอาหาร, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 395-7 กุมภาพันธ์ 2544, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 417-424.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2548, เอกสารประกอบการสอน; เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ขนมอบ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2557, บทปฏิบัติการรายวิชาเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ขนมอบ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2549, เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 8), สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 224 หน้า.

ญานิล ชัยณรงค์, 2558, ผลของการลวกต่อสมบัติของแป้งมันเทศสีม่วงเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวและการปรับปรุงคุณภาพด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส หรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ยุทธนา สุดเจริญ, 2553, การประเมินคุณประโยชน์ผักและสมุนไพรพื้นบ้านจังหวัดสมุทรสงคราม, รายงานวิจัย, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

วริศรา ชื่นอารมณ์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต, 2553, สารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากชะคราม, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41 (3/1) (พิเศษ): 621-624.

อัมพรศรี พรพิทักษ์ดำรง และ ยุทธนา สุดเจริญ, 2556, การพัฒนารูปแบบชะครามพร้อมประกอบอาหาร จังหวัดสมุทรสงคราม, การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน, 3: 572-576

Abozed, S., El-kalyoubi, M., Abdelrashid, A. and Salama, F., 2014, Total phenolic contents and antioxidant activities of various solvent extracts from whole wheat and bran, Annals of Agricultural Science, 59(1): 63-67.

American Association of Cereal Chemist (AACC), 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. Minnesota.

Hsu, C.L., Chen, W., Weng, Y.M., and Tseng, C.Y., 2003, Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods, Food chemistry, 83, 85-92.

Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990. 15th ed., Verginia.

Oueslati, S., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Legault, J., Abdelly, C. and Ksouri, R., 2012, Evaluation of antioxidant activities of the edible and medicinal Suaeda species and related phenolic compounds, Industrial Crops and Products, 36: 513-518.

Sangnark, A., and Noomhorm, A., 2003, Effect of particle sizes on functional properties of dietary fiber prepared from sugarcane bagasse, Food Chemistry, 37: 697-704.

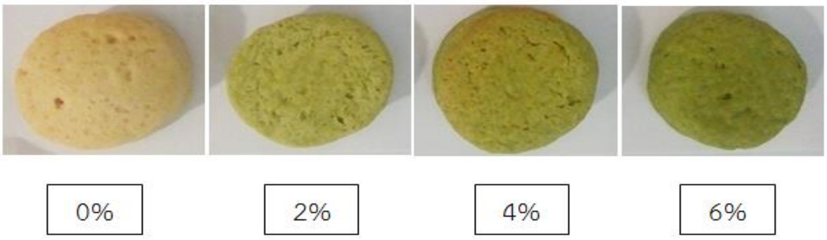


Figure 1 Biscuit fortified with 0, 2, 4 and 6 % flour weight seablite leaf powder.

Table 1 Specific volume, firmness, cell-total area ratio and overall liking score of biscuit fortified with seablite leaf powder.

Level of seablite leave powder (%)	Specific volume (cm^3/g)	Firmness (N)	Cell-total area ratio (%)	Overall liking score
0	1.87 ± 0.03^{a}	45.53 ± 2.30^{d}	67.18 ± 0.83^{a}	6.90 ± 1.18^{b}
2	1.78 ± 0.03^{b}	62.13 ± 0.47^{c}	64.57 ± 2.35^{a}	7.60 ± 0.93^{a}
4	1.58 ± 0.02^{c}	66.10 ± 1.05^{b}	59.30 ± 1.23^{b}	6.37 ± 1.27^{bc}
6	1.44 ± 0.04^{d}	72.07 ± 1.21^{a}	56.75 ± 2.56^{b}	5.83 ± 1.15^{c}

$^{a,b,..}$ Means with in a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2 The proximate chemical compositions of biscuit with 0 and 2% seablite leaf powder compared with commercial biscuit product

Biscuit samples	Moisture (%)	Protein (% db)	Fat (% db)	Ash (% db)	Crude fiber (% db)	Calcium (mg/ 100 gdb)
0% seablite	22.57 ± 0.10^{a}	7.36 ± 0.01^{a}	63.50±0.06	3.20 ± 0.07^{b}	nd	59.94 ± 0.41^{b}
2% seablite	22.52 ± 0.13^{a}	7.45 ± 0.03^{a}	63.69±0.24	3.37 ± 0.08^{a}	0.22 ± 0.02^{b}	79.79 ± 0.47^{a}
Commercial product	1.88 ± 0.02^{b}	5.33 ± 0.05^{b}	63.53±0.37	2.85 ± 0.02^{c}	0.41 ± 0.01^{a}	39.95 ± 0.37^{c}

$^{a,b,..}$ Means with in a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

nd not detected.

Table 3 Phenolic compounds and antioxidant activities of biscuit with 0 and 2% seablite leaf powder compared with commercial biscuit product.

Biscuit samples	Phenolic compounds (mg GAE/100 g db)	IC_{50} (mg/ml db)
0% seablite	43.73 ± 0.87^{c}	6.23 ± 0.19^{a}
2% seablite	126.98 ± 0.22^{b}	5.09 ± 0.30^{b}
Commercial product	141.13 ± 0.92^{a}	3.73 ± 0.15^{c}

$^{a,b,..}$ Means with in a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าเสริมผงน้ำหมึกจากหมึกทะเล

Development of Pasta from Rice Flour Fortified with Squid Ink Powder

อโนชา สุขสมบูรณ์[1] กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] อาภัสรา แสงนาค[2] ชญานิศ คล่องแคล่ว[1] และ ปรียาภรณ์ กุลจีน[1]

Suksomboon, A.[1], Limroongruengrat, K.[1], Yuenyongputtakal, W.[1], Sangnak, A.[2], Klongklaew, C.[1] and Kuljeen, P.[1]

Abstract

This research aim to develop the pasta made from rice flour fortified with squid ink powder. Results showed that increase of squid ink powder (1, 3, 5 and 7% w/w) increased total phenolic contents, antioxidant activities and cooking loss, but decreased firmness and tensile strength of the pasta ($p<0.05$). Sensory evaluation indicated that pasta fortified with 0, 1 and 3 % squid ink powder received the highest score of overall acceptance but no significant difference was observed in those pasta samples ($p>0.05$). The rice pasta with 3% squid ink powder contained 8.35% protein, 0.04% fat, 0.57% ash, 4.66 mg/100 g total phenolic and 35.01% DPPH inhibition.

Keywords: pasta, rice flour, squid ink, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าเสริม ผงน้ำหมึกจากหมึกทะเล จากผลการวิจัย พบว่า การเพิ่มปริมาณผงน้ำหมึกจากหมึกทะเล (1, 3, 5 และ 7% w/w) ทำให้พาสต้ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ค่าของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านทานการดึงขาดลดลง ($p<0.05$) ทั้งนี้พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าเสริมผงน้ำหมึกจากหมึกทะเล 0, 1 และ 3% มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมผงน้ำหมึกจากหมึกทะเล 3% มีปริมาณโปรตีน 8.35% เถ้า 0.57% ไขมัน 0.04% ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 4.66 มก/100กรัม และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH 35.01%

คำสำคัญ: พาสต้า แป้งข้าวเจ้า น้ำหมึก สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

น้ำหมึก (squid ink) เป็นของเหลวสีดำที่อยู่ภายในอวัยวะของหมึกที่เรียกว่า ถุงหมึก (ink sac) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปหมึกเพื่อบริโภคและอุตสาหกรรมอาหารทะเล (Vate และ Benjakul, 2013) น้ำหมึกประกอบไปด้วย เมลานิน และสารเมือก และยังประกอบไปด้วยเอนไซม์ tyrosinase สาร dopamine และ L-DOPA นอกจากนี้ยังประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น taurine, alanine, lysine เป็นต้น (Derby, 2014) องค์ประกอบหลักของน้ำหมึกสีดำประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต 51.2 % สารให้สี 30.8 % และโปรตีน 17.8 % นอกจากนี้น้ำหมึกสีดำยังมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (Nair และคณะ, 2011; Vate และ Benjakul, 2013) โดยวิธีที่จะสามารถนำน้ำหมึกไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวกและง่ายต่อการเก็บรักษา คือ การทำเป็นผงน้ำหมึก โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีทำแห้งด้วยสุญญากาศ (Vacuum Dryer) (สุธีรา เพชรดา นิสานารถ และ วิชมณี, 2557) เนื่องจากเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิไม่สูงและตัวอย่างสัมผัสกับอากาศน้อย จึงเป็นวิธีที่รักษาสารบางชนิดที่มีคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้ จะเห็นได้ว่าผงน้ำหมึกน่าจะเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมของอาหารได้หลายชนิด รวมทั้งผลิตภัณฑ์อาหารเส้นประเภทพาสต้า ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการนำน้ำหมึกมาเป็นส่วนผสมอยู่แล้ว

พาสต้า เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ทำจากข้าวสาลีซึ่งมีโปรตีนกลูเตนเป็นองค์ประกอบ แต่ในปัจจุบันอาหารปราศจากกลูเตนกำลังเป็นที่ต้องการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีคนกลุ่มหนึ่งที่มีอาการอักเสบของลำไส้เนื่องจากแพ้กลูเตน

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

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

[2] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สาทร กรุงเทพฯ 10120

[2] Food Science and Technology Division, Faculty of Home Economic Technology, Rajamangkala University of Technology Krungthep, Sathorn, Bangkok 10120

(Celiac disease) (Turabi, Sumnu และ Sahin, 2010) ข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบอย่างหนึ่งที่นิยมมีการนำมาใช้แทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารเส้น เนื่องจากไม่มีโปรตีนกลูเตนแล้วยังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย มีราคาถูก มีรายงานว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าวเจ้า 100% มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับพาสต้าที่ทำจากแป้งสาลี (มาโนชญ์, 2546) แต่พาสต้าจากข้าวเจ้า นั้นมีแป้งเป็นวัตถุดิบหลัก ทำให้เมื่อรับประทานเข้าไปจึงมีคาร์โบไฮเดรตซึ่งให้พลังงานเพียงอย่างเดียวอยู่สูง ดังนั้นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับพาสต้าจากข้าวเจ้าอาจทำได้โดยการเติมส่วนผสมอื่นที่มีประโยชน์เพิ่มเข้าไป ซึ่งยังไม่พบงานวิจัยที่นำน้ำหมึกจากหมึกทะเลซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ มาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้า งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณผงน้ำหมึกจากหมึกทะเลที่เหมาะสม และตรวจสอบคุณลักษณะในด้านต่างๆของพาสต้าแป้งข้าวเจ้าเสริมน้ำหมึกที่พัฒนาขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมพาสต้าแป้งข้าวเจ้าเสริมน้ำหมึก โดยนำน้ำหมึกที่บีบออกจากถุงหมึกของหมึกกล้วย (*Loligo* spp.) ไปผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศ ภายใต้ความดัน 26 cmHg อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น 12% บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช จากนั้นนำมาเติมลงในพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้า โดยแปรปริมาณผงน้ำหมึกเป็น 0 1 3 5 และ 7% (โดยน้ำหนักแป้ง) โดยผสมแป้งข้าวเจ้า ผงน้ำหมึก และน้ำ ปรับให้ส่วนผสมมีความชื้น 40% นำส่วนผสมที่ได้ใส่ในถุงโพลีเอทีลีนที่ปิดสนิทแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้นาน 12 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสมดุลความชื้นของส่วนผสม จากนั้นนำส่วนผสมมาผลิตพาสต้าโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยวระดับห้องปฏิบัติการ ปรับอุณหภูมิบาร์เรลส่วน Die Zone เป็น 90 องศาเซลเซียส และบาร์เรลส่วน Compression Zone เป็น 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วรอบของสกรู 100 รอบต่อนาที ช่องทางออก (Die) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เมื่อได้พาสต้า ตัดให้มีความยาว 30 เซนติเมตร นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น 10% บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนที่ปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง นำมาวิเคราะห์ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Hsu และคณะ, 2003) สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ DPPH scavenging activity (% inhibition) และ Trolox equivalent antioxidant activity (TEAC) โดยใช้ spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 nm. (Vate และ Benjakul, 2013) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) (AACC, 2000) ลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าต้มสุก (Firmness, Tensile strength) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture Analyzer (TA-XT2) และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของพาสต้าต้มสุก ด้วยวิธีการให้คะแนนตามลำดับความชอบแบบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พิจารณาเลือกพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าเสริมผงน้ำหมึกที่มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด เพื่อนำไปตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า (AOAC, 2000) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Hsu และคณะ, 2003) DPPH scavenging activity (% inhibition) (Vate และ Benjakul, 2013)

ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ยกเว้นการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบลอคสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์ภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าเสริมผงน้ำหมึก 0, 1, 3, 5 และ 7 % ของน้ำหนักแป้ง แล้วนำไปผ่านการลวกให้สุกมีลักษณะดัง Figure 1 จากภาพจะเห็นได้ว่าพาสต้าที่ไม่มีการเติมผงน้ำหมึกมีสีขาวครีมขุ่น ส่วนพาสต้าที่การเติมผงน้ำหมึกใน 1, 3, 5 และ 7% มีสีดำ เส้นมีความลื่น เป็นมันวาว จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่าเมื่อปริมาณผงน้ำหมึกเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด DPPH scavenging activity (% inhibition) และ Trolox equivalent antioxidant activity (TEAC) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้น้ำหมึกประกอบไปด้วย เมลานิน และยังประกอบไปด้วย dopamine และ L-DOPA ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Vate และ Benjakul, 2013) เมื่อเติมลงในพาสต้าแป้งข้าวเจ้า จึงทำให้พาสต้ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองใน Table 2 พบว่าเมื่อปริมาณผงน้ำหมึกเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ค่าความแน่นเนื้อ และค่าความต้านทานการดึงขาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเนื่องมาจากผงน้ำหมึกอาจไปแทรกตัวอยู่ภายในโครงสร้างที่เป็นเจลของสตาร์ชซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของเส้นพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้า ทำ

ให้เส้นพาสต้ามีความแข็งแรงน้อยลง ส่งผลให้มีค่าความแน่นเนื้อ และค่าความต้านทานการดึงขาดลดลง นอกจากผงน้ำหมึกจะไปทำให้เส้นพาสต้ามีความแข็งแรงลดลงแล้ว ผงน้ำหมึกที่เติมลงไปยังสามารถละลายออกมาเมื่อนำเส้นไปต้ม โดยจากการหาค่าการละลาย (ซึ่งไม่ได้รายงานในงานวิจัยนี้) ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนของน้ำหนักของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 50 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในตัวอย่าง พบว่า ผงน้ำหมึกมีค่าการละลายเท่ากับ 15.16 % ดังนั้นเมื่อนำพาสต้าไปต้ม ผงน้ำหมึกจึงละลายออกมา ทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของผงน้ำหมึกที่ใส่ลงไป จากผลการทดสอบด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมลดลงเมื่อปริมาณผงน้ำหมึกที่เติมลงในพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าเพิ่มมากขึ้น โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าที่ไม่ได้เติมผงน้ำหมึกและเติมผงน้ำหมึก 1 % และ 3 % มากที่สุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ด้วยคะแนน 6.60 – 6.97 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย – ชอบปานกลาง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากปริมาณผงน้ำหมึกที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ร่วมกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จึงคัดเลือกพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าที่มีการเติมผงน้ำหมึก 3% ของน้ำหนักแป้ง ไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Table 3) พบว่า พาสต้าอบแห้งที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมผงน้ำหมึก 3% ของน้ำหนักแป้ง มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า รวมทั้งปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และ % inhibition ต่ำกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้จากพาสต้าที่ทำจากแป้งสาลีผสมน้ำหมึกทางการค้า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชนิดและปริมาณส่วนผสมที่แตกต่างกัน

สรุปผล

การเพิ่มปริมาณผงน้ำหมึกจากหมึกทะเล0 1 3 5 และ 7% ของน้ำหนักแป้ง ทำให้พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้า มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น มีค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านทานการดึงขาดลดลง พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าเสริมผงน้ำหมึกจากหมึกทะเลที่ปริมาณ 3% มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด โดยผงน้ำหมึกจากหมึกทะเลที่ใส่ลงไปทำให้พาสต้ามีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น เทียบเคียงได้กับพาสต้าแป้งสาลีผสมน้ำหมึกทางการค้า

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

สุธีรา มีภักดี เพชรดา รัตนสุวรรณ์ นิสานารถ กระแสร์ชล และวิชมณี ยืนยงพุทธกาล, 2557, การใช้เลือดปลาทนู่าผงเพื่อเสริมโปรตีนและเหล็กในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 24, 168-177.

มาโนชญ์ สุธีรวัฒนานนท์, 2546, คุณลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างภายในของพาสต้าข้าวเจ้าที่ได้จากการอัดพอง. งานวิจัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

American Association of Cereal Chemist (AACC), 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist, Minnesota.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2000, Official Methods of Analysis, Washington DC.

Derby, C.D. 2014. Cephalopod Ink: Production, Chemistry, Functions and Applications. Marine Drugs, 12, 2700-2730

Hsu, C.L., Chen, W., Weng, Y.M., and Tseng, C.Y., 2003, Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods, Food chemistry, 83, 85-92.

Nair, J.R., Pillai, D., Joseph, S.M., Gomathi, P., Senan, P.V., and Sherief, P.M., 2011, Cephalopod research and bioactive substances, Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 40(1), 13-27.

Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S., 2010, Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums bake d in different ovens, Food Hydrocolloids, 24, 755-762.

Vate, N.K. and Benjakul, S., 2013, Antioxidative activity of melanin-free ink from splendid squid (*Loligo formosana*), International Aquatic Research, 5, 9.

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

Figure 1 Cooked pasta from rice flour with (a) 0 % flour basis (b) 1 % flour basis (c) 3 % flour basis (d) 5 % flour basis and (e) 7 % flour basis of squid ink powder.

Table 1 Total phenolic compound and antioxidant activities of pasta from rice flour with squid ink powder.

Squid ink powder (%)	Total Phenolic (mg/100g)	DPPH scavenging activity (% inhibition)	TEAC (μMTE/g sample)
0	0.18^{e} ± 0.00	0.11^{a} ± 0.01	13.78^{e} ± 0.00
1	3.82^{d} ± 0.06	27.68^{b} ± 0.08	69.31^{d} ± 0.25
3	4.36^{c} ± 0.06	35.00^{c} ± 0.32	91.31^{c} ± 1.03
5	5.46^{b} ± 0.06	43.96^{b} ± 0.06	118.22^{b} ± 0.52
7	6.62^{a} ± 0.06	53.44^{a} ± 0.43	146.76^{a}± 1.28

$^{a,b,c...}$ Means with different superscripts in the same column are significantly ($p \leq 0.05$) different

Table 2 Cooking loss, textural properties and overall acceptance of pasta from rice flour with different amount squid ink powder.

Squid ink powder (%)	Cooking loss (%)	Firmness (g.force)	Tensile Strength (g.force)	Overall acceptance
0	6.61^{e} ±0.03	5523.36^{c} ±30.56	29.43^{a} ±0.45	6.60^{a} ±0.89
1	7.20^{d} ±0.05	7123.04^{a} ±22.99	26.24^{b} ±0.72	6.60^{a} ±1.19
3	7.67^{c} ±0.16	6583.07^{b} ±8.50	22.62^{c} ±0.98	6.97^{a} ±1.10
5	8.36^{b} ±0.22	5476.50^{c} ±1.46	18.93^{d} ±0.31	5.43^{b} ±1.43
7	10.03^{a} ±0.01	3999.69^{d} ±19.95	16.06^{e} ±0.01	4.57^{c} ±1.22

$^{a,b,c...}$ Means with different superscripts in the same column are significantly ($p \leq 0.05$) different

Table 3 Proximate compositions and antioxidant activities of pasta from rice with 3% of squid ink powder and commercial wheat pasta with squid ink.

Sample	Moisture content (%)	Protein (%) *	Lipid (%) *	Ash (%) *	Total Phenolic (mg/100g) *	DPPH scavenging activity (% inhibition) *
Rice pasta with squid ink powder	9.64^{b}±0.15	8.35^{b} ±0.08	0.04^{b}±0.0	10.57^{b}±0.00	4.66^{b} ± 0.21	35.01^{b}± 0.13
Wheat pasta with squid ink	10.72^{a}±0.03	15.01^{a}±0.04	1.05^{a}±0.00	1.22^{a}±0.03	13.49^{a}± 0.14	37.18^{a}± 0.16

* Means with g/100 g dry matter

^{a,b} Means with different superscripts in the same column are significantly ($p \leq 0.05$) different

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยไคโตซานและแบคทีเรีย KPS46 ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฝักสดของข้าวโพดหวาน

Effect of Seed Coating with Chitosan and Bacterial Suspension, KPS46 on Growth and Fresh Ear Yield of Sweet Corn

สุปราณี งามประสิทธิ์[1] ยุวดี อินจันทร์[1] กิ่งกานท์ พานิชนอก[2] และ สกล ฉายศรี[3]
Ngamprasitthi, S.[1], Inchan, Y.[1], Panichnok, K.[2] and Chaisri, S.[3]

Abstract

This study aimed to evaluate seed coating with chitosan and bacterial suspension, KPS46 on growth and yield of sweet corn. Various types of coating materials were 1) water (control), 2) captan+chlopyrifos-methyl +PEG400 (chemical coating), 3) chitosan no.1+ captan+ chlopyrifos-methyl +PEG400(chemical plus organic coating), 4) chitosan no.1+captan+chlopyrifos-mythyl+PEG400+metalaxyl (chemical plus organic coating),5) chitosan no.1+bacterial suspension, KPS46 (organic coating), 6) chitosan no.1+trichoderma (org.sub.), 7) chitosan no.1+jatropha oil (organic coating), 8) chitosan no.1+by product of ethanol (organic coating) 9) chitosan no.2+bacterial suspension, KPS46 (organic coating) and 10) marly-limestone+bacterial suspension, KPS46 (organic coating). Results showed significant differences between the various coatings substances on growth and fresh ear yield, which seed coated with chitosan no.1+bacterial suspension, KPS46 had the highest fresh ear yield with husk 20.5 ton/ha (3,280 kg/rai) and fresh ear yield without husk 14.0 ton/ha (2,240 kg/rai). Thus, seed coated with chitosan no.1+bacterial suspension, KPS46 could be effective in promoting sweet corn growth.

Keywords: seed coating, growth, fresh ear yield, sweet corn

บทคัดย่อ

การศึกษาเพื่อประเมินผลการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยไคโตซาน และแบคทีเรีย KPS46 ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน โดยเคลือบด้วย 1) น้ำ(ควบคุม) 2) captan+chlopyrifos-methyl+PEG400(สารเคมี) 3) ไคโตซาน สูตร1+captan +chlopyrifos-methyl +PEG400 (สารเคมี+สารอินทรีย์) 4)ไคโตซาน สูตร1+captan+ chlopyrifos-mythyl +PEG 400+metalaxy (สารเคมี+สารอินทรีย์) 5) ไคโตซาน สูตร1+bacterial suspension, KPS46 (สารอินทรีย์) 6) ไคโตซาน สูตร1+เชื้อราไตรโคเดอร์มา(สารอินทรีย์) 7) ไคโตซาน สูตร1+น้ำมันสบู่ดำ (สารอินทรีย์) 8) ไคโตซาน สูตร1+สารสกัดจากเอททานอล (สารอินทรีย์) 9) ไคโตซาน สูตร2+bacterial suspension, KPS46(สารอินทรีย์) และ 10) ดินสอพอง+bacterial suspension, KPS46(สารอินทรีย์) พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเคลือบเมล็ดด้วยสารต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฝักสด โดยที่การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยไคโตซาน สูตร1+bacterial suspension, KPS46 ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกสูงที่สุด 20.5 ตัน/เฮกตาร์ (3,280 กก/ไร่) และ ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 14.0 ตัน/เฮกตาร์ (2,240 กก./ไร่) ดังนั้นการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยไคโตซาน สูตร1+bacterialsuspension, KPS46 ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานได้

คำสำคัญ: การเคลือบเมล็ดพันธุ์ การเจริญเติบโต ผลผลิตฝักสด ข้าวโพดหวาน

[1]ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต. กลางดง อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา ประเทศไทย 30320
[1]National Corn and Sorghum Research Center, Agricultural Faculty, Kasetsart University, Pak Chong, Nakhon Ratchasima, Thailand 30320
[2]สถานีวิจัยเขาหินซ้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย 24120
[3]KhaoHin Son Research Station, Kasetsart University, Chachoengsao, Thailand 24120
[3]สถานีวิจัยลพบุรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. โคกเจริญ จ. ลพบุรี ประเทศไทย 15250
[3]Lop Buri Research Station, Kasetsart University, Lop Buri, Thailand, 15250

คำนำ

เมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยพื้นฐานของการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืช ในการปลูกข้าวโพดหวาน (*Zea mays* var. Saccharata L.) จึงควรใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเพื่อให้ได้ผลผลิตฝักสดสูงและมีคุณภาพดี และมีรายงานว่าการเคลือบเมล็ดข้าวโพดด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ ปุ๋ย และธาตุอาหารรองพบว่าช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวโพดมากกว่า 9.5 เปอร์เซ็นต์ (Zeng และ Luo, 2011) และสุปราณี และคณะ (2558) รายงานว่าการเคลือบเมล็ดด้วยไคโตซานช่วยป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกของเมล็ดได้ สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ได้ยาวนานขึ้นซึ่งส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ไคโตซาน และแบคทีเรีย KPS46 (*Bacillus amyloliquefaciens* KPS46) เคลือบเมล็ดพันธุ์เปรียบเทียบกับสารต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฝักสดของข้าวโพดหวาน

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวโพดหวานทดลองในฤดูต้นฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม 2557 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ 10 สิ่งทดลองได้แก่สารต่างๆ ประกอบด้วย 1. น้ำ(ควบคุม)(S1) 2. Captan +chlopyrifos-methyl +PEG400 (สารเคมี)(S2) 3. ไคโตซาน สูตร1+captan+chlopyrifos-methyl+PEG400(สารอินทรีย์+สารเคมี)(S3) 4. ไคโตซาน สูตร 1+captan+chlopyrifos -mythyl+PEG400+metalaxyl(สารอินทรีย์+สารเคมี)(S4) 5. ไคโตซาน สูตร1+bacterial suspension, KPS46 (สารอินทรีย์) (S5) 6. ไคโตซาน สูตร1+เชื้อราไตรโคเดอร์มา(สารอินทรีย์)(S6) 7. ไคโตซาน สูตร 1+jatropha oil (สารอินทรีย์)(S7) 8. ไคโตซาน สูตร1+สารสกัดเอทานอล(สารอินทรีย์)(S8) 9. ไคโตซาน สูตร2+bacterial suspension, KPS46 (สารอินทรีย์)(S9) และ 10. ดินสอพลอง+bacterial suspension KPS46 (สารอินทรีย์)(S10) การปลูกใช้ระยะระหว่างต้น 0.25 เมตร และระยะระหว่างแถว 0.75 เมตรขนาดของแปลงทดลอง 1.5 ไร่ ขนาดแปลงย่อยกว้าง 3 เมตร ยาว 10 เมตร ปลูก 4 แถว เก็บข้อมูล 2 แถวกลาง ปลูก 2 เมล็ดต่อหลุม ให้น้ำชลประทานและน้ำฝนถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุมเมื่อข้าวโพดอายุ 21 วันหลังปลูก เก็บข้อมูลความงอกในแปลงโดยตรวจนับจำนวนต้นอ่อนที่ 7, 14, และ 21 วันหลังปลูก ความสูงต้นและฝักของข้าวโพดเมื่ออายุ 30 และ 50 วันหลังปลูก วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของดอกตัวผู้ (tassel) และวันออกไหมของดอกตัวเมีย (ear) เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและแมลง ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตโดยเก็บเกี่ยวฝักสดที่ 20 วันหลังจากฝักข้าวโพดออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ (69 วันหลังปลูก) และนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of Variance วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการหาค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการเคลือบเมล็ดต่อความงอกในแปลงปลูกพบว่าความงอกของเมล็ดที่เคลือบสารทุกชนิดมีความงอกสูงเกินมาตรฐานความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอยู่ระหว่าง 82.0-94.0 เปอร์เซ็นต์ โดยไคโตซาน สูตร1+captan+chlopyrifos -mythyl+PEG400+metalaxyl(สารอินทรีย์+สารเคมี) (S4) และไคโตซาน สูตร1+bacterial suspension, KPS46(สารอินทรีย์) (S5) มีความงอก 94 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบสารที่มีความงอก 95.0 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ส่วนความสูงต้นที่อายุ 30 วันหลังปลูก เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารไคโตซาน สูตร1+เชื้อราไตรโคเดอร์มา(สารอินทรีย์)(S6) ให้ความสูงต้นมากที่สุด 75.0 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่เมล็ดที่เคลือบสารไคโตซาน สูตร2+bacterial suspension, KPS46 (สารอินทรีย์)(S9) ให้ความสูงต้น 74.0 เซนติเมตรซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติและที่ 50 วันหลังปลูกพบว่าเมล็ดที่เคลือบสารไคโตซาน สูตร2+bacterial suspension, KPS46 (สารอินทรีย์)(S9) ให้ความสูงต้นมากที่สุด 137.5 เซนติเมตร และความสูงฝัก 71.5 เซนติเมตรและสูงกว่าเมล็ดที่ไม่เคลือบสารซึ่งมีความสูงต้นและฝักเฉลี่ย 110.0 และ 51.2 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ *B. amyloliquefaciens* KPS46 สามารถเพิ่มความงอก ความยาวราก ความยาวยอดและความสูงต้นในถั่วเหลืองและข้าวโพดได้ (สุดฤดีและคณะ, 2548) และทุกสิ่งทดลองพบว่าวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของดอกตัวผู้เฉลี่ย 50.5 วันหลังปลูกไม่แตกต่างกัน และวันออกไหมของดอกตัวเมียเฉลี่ย 56.7 วัน ซึ่งแตกต่างทางสถิติ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ส่วนการเกิดโรคพบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารต่างๆจะเกิดโรคน้อยมากซึ่งการเคลือบเมล็ดด้วยไคโตซาน สูตร1+jatropha oil (สารอินทรีย์)(S7) เกิดโรค 1.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบสารพบต้นเป็นโรคมากที่สุดเฉลี่ย 12.2 เปอร์เซ็นต์ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการเกิดแมลงพบว่าการเคลือบเมล็ดด้วยไคโตซาน สูตร1+jatropha oil (สารอินทรีย์)(S7)พบการเกิดแมลงเฉลี่ย 0.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบสารพบการเกิดแมลงมากที่สุดเฉลี่ย 8.7เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตฝักสด จาก Table

2 และ Table 3 พบว่าจำนวนฝักที่เก็บเกี่ยวต่อพื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารไคโตซาน สูตร1+bacterial suspension, KPS46(สารอินทรีย์)(S5) ให้จำนวนฝักและน้ำหนักของฝักขนาดใหญ่มากที่สุด และให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกสูงที่สุดเฉลี่ย 3,280 กิโลกรัมต่อไร่ (14.0 ตันต่อ เฮกตาร์) ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 2,240 กิโลกรัมต่อไร่ (14.0 ตันต่อ เฮกตาร์) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยไคโตซาน polyethylene glycol และสารต่างๆ สามารถช่วยป้องกันโรคราและเพิ่มผลผลิตข้าวโพด (Zeng และ คณะ, 2010) และทุกสิ่งทดลองมีค่าความยาวฝักเฉลี่ย 18.0 เซนติเมตร ความยาวฝักติดเมล็ด 16.9 เซนติเมตร ความกว้างฝัก 4.5 เซนติเมตร จำนวนแถวต่อฝัก 13.9 แถว และจำนวนเมล็ดต่อแถว 558.1 เมล็ด ซึ่งไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ

สรุปผล

จากการทดลองพบว่าการใช้สารไคโตซาน สูตร1+jatropha oil (สารอินทรีย์) เคลือบเมล็ดพันธุ์ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพด และสามารถป้องกันโรคและแมลงในแปลงปลูก และในการใช้เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสาร ไคโตซาน สูตร1+bacterial suspension, KPS46 (สารอินทรีย์) ให้ผลผลิตฝักสดสูง และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารอินทรีย์ยังเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้สารเคมี สะดวกต่อการเตรียมเมล็ดพันธุ์เพื่อนำไปใช้ปลูกในแปลงผลิต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558 อาจารย์แอนนา สายมณีรัตน์ ผศ. ดร. สุพจน์ กาเซ็ม ที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สุพจน์ กาเซ็ม นันทิยา เตชะติและประชุม จุฑาวรรธนะ, 2548, แบคทีเรียไอเอสอาร์ที่ยับยั้งโรคที่สำคัญ และปรับปรุงเพิ่มพูนคุณภาพของข้าวโพด, ในการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ, 13-15 กรกาคม 2548, 53-54.

สุปราณี งามประสิทธิ์ ยุวดี อ่วมสำเนียง และวราภรณ์ วงศ์พิลา, 2558, สารเคลือบเมล็ดต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3)(พิเศษ): 621-624.

Zeng, D., and X. Luo, 2011, Preparation and mechanism analyses of a new corn seed coating agent, Agricultural Sciences 2, 2(4): 457-464.

Zeng, D., Mei, X., and Wu, J., 2010, Effects of an environmentally friendly seed coating agent on combating head smut of corn caused by *Sphacelotheca reiliana* and corn growth, Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 2(6): 108-112.

Table 1 Effects of seed coating on field emergence, harvested plant, plant height, ear height, pest infection of sweet corn

Seed coating substances	Field emergence %	Harvested plant	Plant height 30 DAS (cm)	Height (cm) 50 DAS ear	Height (cm) 50 DAS plant	Infection (%) Disease	Infection (%) Insect
S1	95.0 a	73.0 bc	73.0 bc	51.2 cd	110.0 cd	12.2 a	8.7 a
S2	91.0 bc	72.0 cd	72.0 cd	52.5 cd	106.2 cd	3.8 c	3.2 c
S3	89.0 cd	70.5 e	70.5 e	67.2 ab	121.0 a-c	2.4 d	3.1 cd
S4	94.0 ab	72.0 cd	72.0 cd	57.5 bc	114.2 b-d	2.3 d	2.2 e
S5	94.0 ab	73.0 bc	73.0 bc	70.0 a	118.2 b-d	2.3 d	2.4 c-e
S6	86.0 d	75.0 a	75.0 a	46.2 de	102.7 d	10.2 b	7.2 b
S7	82.0 e	70.0 e	70.0 e	38.2 e	98.2 e	1.0 e	0.9 f
S8	91.0 bc	71.0 de	71.0 de	75.0 a	121.0 a-c	1.5 de	2.5 c-e
S9	90.5 c	74.0 ab	74.0 ab	71.5 a	137.5 a	2.1 d	2.8 c-e
S10	82.0 e	70.0 e	70.0 e	75.5 a	130.7 ab	2.1d	2.4 de
Mean	89.4	72.05	72.05	60.5	115.9	4.0	3.5
F-test	**	**	**	**	**	**	**

Means within column followed by a different letter(s) indicate significant difference by LSD at $P \leq 0.05$

** = significant at 99% probability level 0.01

Table 2 Effects of seed coating on number of fresh ears and weight of fresh ear per plot (3 m×10 m) of sweet corn

Substances	Number of fresh ears/plot				Fresh ears weight (kg/plot)			
	Large	Medium	small	rotten	Large	Medium	small	rotten
S1	35.7 bc	10.0 bc	11.0 c	12.0 e	6.6 b-d	1.4 a	1.0 cd	0.6 e
S2	28.0 e	10.0 bc	11.0 c	23.0 b	5.2 e-f	1.4 a	1.2 c	1.8 b
S3	33.5 cd	0.0 e	6.7 e	12.0 e	6.2 cd	0.0 b	0.8 d	1.0 d
S4	35.0 cd	11.0 b	10.7 c	15.5 cd	7.0 bc	1.4 a	1.1 c	1.0 d
S5	47.0 a	15.0 a	3.0 f	9.2 f	9.9 a	1.8 a	0.3 f	0.7 e
S6	17.0 f	14.0 a	8.0 de	33.5 a	4.5 f	1.7 a	0.7 de	2.3 a
S7	28.0 e	9.0 c	14.0 b	9.0 f	6.0 de	1.4 a	1.7 b	0.8 de
S8	29.0 e	9.0 c	23.0 a	14.0 d	6.0 de	1.6 a	2.4 a	0.8 de
S9	38.0 b	5.2 d	9.0 d	15.0 d	7.2 b	0.5 b	0.8 de	0.8 de
S10	33.0 d	5.2 d	4.0 f	17.0 c	6.6 b-d	0.6 b	0.5 ef	1.4 c
Mean	32.4	8.8	10.0	16.0	6.5	1.2	1.1	1.1
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**

Means within column followed by a different letter(s) indicate significant difference by LSD at P≤0.05

** = significant at 99% probability level 0.01

Table 3 Effects of seed coating on yield, yield component and sweetness of sweet corn at Pak Chong Nakhon Ratchasima

Seed coating substances	Ear length to cob	Ear length to kernel	Ear width	No. row per ear	No. seed per row	Brix (%)	Fresh ears yield with husk	Fresh ears yield without husk
	(cm)						kg/rai	
S1	17.2	16.1	4.8	13.0	534.0	17.5 a	2,560.0 c	1,638.4 e
S2	17.8	16.6	4.9	13.5	521.5	17.7 a	2,423.5 e	1,637.8 e
S3	18.1	17.2	4.5	13.5	565.5	17.2 b	2,491.9 d	1,587.3 f
S4	18.2	17.4	4.4	14.5	557.5	16.2 d	2,798.8 b	1,894.4 b
S5	17.7	16.9	4.8	15.0	581.0	17.0 b	3,280.0 a	2,240.0 a
S6	18.1	17.0	4.5	14.0	556.0	16.4 cd	2,321.1 g	1,894.4 b
S7	18.2	16.8	4.6	13.5	550.0	16.6 c	2,423.4 e	1,672.6 d
S8	18.2	16.9	4.6	14.0	587.0	17.0 b	2,594.1 c	1,774.8 c
S9	18.6	17.6	4.3	14.0	568.5	17.6 a	2,406.4 e	1,587.3 f
S10	18.1	16.4	4.3	14.5	560.5	16.4 cd	2,389.4 f	1,553.1 g
Mean	18.0	16.9	4.5	13.9	558.1	16.9	2,568.6	1,747.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**

Means within column followed by a different letter(s) indicate significant difference by LSD at P≤0.05

** = significant at 99% probability level 0.01, ns = non signifinificant difference

Seed caating substances :

1) water (control), 2) captan+chlopyrifos-methyl +PEG400(chemical coating), 3) chitosan no.1+captan+chlopyrifos-methyl +PEG400(chemical plus organic coating), 4) chitosan no.1+captan+chlopyrifos-mythyl+PEG400+metalaxyl (chemical plus organic coating),5) chitosan no.1+bacterial suspension, KPS46 (organic coating), 6) chitosan no.1+trichoderma (org.sub.), 7) chitosan no.1+jatropha oil (organic coating), 8) chitosan no.1+by product of ethanol (organic coating) 9) chitosan no.2+bacterial suspension, KPS46 (organic coating) and 10) marly-limestone+bacterial suspension, KPS46 (organic coating)

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของขมิ้นชันแห้ง

Effects of Temperature and Velocity of Superheated Steam on Volatile Oil and Total Curcuminoids Contents of Dried Turmeric

ยาตรา จำปาเฟื่อง[1] เยาวภา ไหวพริบ[2] และ อนันต์ ทองทา[3]

Jampafuang, Y.[1], Waiprib, Y.[2] and Tongta, A.[3]

Abstract

The effects of temperature (120, 130, and 140°C), and velocity (1.17, 1.46, and 2.01 $m.s^{-1}$) of superheated steam on volatile oil and total curcuminoids contents of dried turmeric products with final moisture content of 12%(d.b.) were investigated. The result demonstrated the interaction effect of drying temperature and velocity on volatile oil and total curcuminoids contents ($p \leq 0.05$), that is, the use of lower temperature and higher velocity resulted in higher volatile oil content, while the use of higher temperature and velocity resulted in higher total curcuminoids content of dried turmeric products. The operating temperature at 130ºC with velocity of 2.01 $m.s^{-1}$ resulted in the highest volatile oil content (7.33$\pm$0.29 %) ($p \leq 0.05$), while operating temperature at 140ºC with velocity of 2.01 $m.s^{-1}$ resulted in the highest total curcuminoids content (17.37$\pm$0.62 %) ($p \leq 0.05$).

Keywords: turmeric, drying, superheated steam, volatile oil content, total curcuminoids content

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอุณหภูมิ (120 130 และ 140 ºC) และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (1.17, 1.46 และ 2.01 $m.s^{-1}$) ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12% น้ำหนักแห้ง พบว่าอุณหภูมิและความเร็วมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิต่ำและความเร็วสูง มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิสูงและความเร็วสูง มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดสูงสุด โดยผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 130 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ มีน้ำมันหอมระเหยสูงสุด สูงสุด (7.33$\pm$0.29 %) และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 140 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดสูงสุด (17.37$\pm$0.62 %) ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน การทำแห้ง ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ปริมาณน้ำมันหอมระเหย ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด

คำนำ

ขมิ้นชัน (Turmeric) เป็นพืชวงศ์ขิง มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Curcuma longa* L. ชื่ออังกฤษ คือ Turmeric มีความสำคัญและการใช้ประโยชน์มากในอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนใหญ่นิยมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเทศโดยการทำแห้ง (Tain และ Grenis, 1993) วิธีการทำแห้ง ได้แก่ การตากแดด การทำแห้งด้วยอากาศร้อน และการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เป็นต้น (อาทิตย์, 2550; Balladin และคณะ, 1996; Prasad และ Vijay, 2005) มีรายงานการทำแห้งด้วยการตากแดดและการทำแห้งด้วยอากาศร้อนใช้เวลานาน ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลง โดยการทำแห้งด้วยการตากแดด ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ต่ำกว่าการทำแห้งด้วยอากาศร้อน (1.75 และ 3.35% ตามลำดับ) (Prasad และคณะ, 2006) ซึ่งการทำแห้งอาหารด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ที่ความดันที่

---

[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

กำหนด ข้อดีคือ ช่วยลดเวลาการทำแห้ง อีกทั้งยังช่วยลดพลังงานในการทำแห้งเนื่องจากการหมุนเวียนของไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ (ยรรยง, 2550) โดยอุณหภูมิและความเร็วในการทำแห้งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Fatouh และคณะ, 2006; Krokida และคณะ, 2003) งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง ล้างขมิ้นชัน ปอกเปลือก สไลด์ตามยาวของเหง้าให้เป็นแผ่นบางหนา 0.30 cm ชั่งน้ำหนัก 100 g เรียงใส่ถาดเตรียมเข้าห้องทำแห้งในเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ใช้เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่เป็นห้องทำแห้งแบบงวด (Batch Dryer) โดยกำหนดอุณหภูมิในการทำแห้ง 120 130 และ 140 ºC ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 1.17 1.46 และ 2.01 $m.s^{-1}$ ทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จนได้ความชื้น 12 % น้ำหนักแห้ง

วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil content) ตามวิธีของ AOAC ข้อ 962.17A และ 962.17B (AOAC, 1990) โดยชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ลงในขวดก้นกลมขนาด 1000 mL เติมน้ำกลั่น 100 mL นำต่อเข้ากับชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหย ต้มให้เดือดจนกระทั่งน้ำมันหอมระเหยคงที่ ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บันทึกปริมาตรน้ำมันหอมระเหย

วิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด (Total curcuminoids content) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Subhadhirasakul, Wongvarodom และ Ovatlarnporn (2007)โดยชั่งตัวอย่าง 200 mg ปรับปริมาตรด้วย Tetrahydrofuran 10 mL เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm เทียบกับสารเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Factorial in Randomized Complete Block Design และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ทีระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการทดลอง

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ความชื้น12 % น้ำหนักแห้ง พบว่าอุณหภูมิและความเร็วมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วงร้อยละ 4.17 ± 0.14 ถึง 7.33 ± 0.29 และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 12.35 ± 0.53 ถึง 17.37 ± 0.62 เมื่อทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิต่ำและความเร็วสูง ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด (Figure 1) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิสูงและความเร็วสูง มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดสูงสุด (Figure 2)โดยผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 130 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ มีน้ำมันหอมระเหยสูงสุด สูงสุด (7.33 ± 0.29 %) และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 140 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดสูงสุด (17.37 ± 0.62 %) ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผล

อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันที่ทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงกว่า มีผลให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งสูงขึ้น อาจเกิดจากปริมาณน้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่าย เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้สารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่ายสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการทำแห้ง อย่างไรก็ตามการทำแห้งด้วยอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่ำ (สุดาทิพย์ คงขำ และคณะ, 2549; Nathakaranakul และคณะ., 2007; Tang และคณะ., 2005) มีผลให้ใช้เวลาในการทำแห้งลดลง เมื่อทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140 ºC และความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ ใช้เวลาการทำแห้ง 40 นาที ในขณะที่ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120 ºC และความเร็ว 1.17 $m.s^{-1}$ ใช้เวลาการทำแห้ง 120 นาที ช่วยลดเวลาการทำแห้งลง 33 % ดังนั้นการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงแต่ใช้เวลาในการทำแห้งสั้นลงทำให้สูญเสียปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลง นอกจากนี้ส่งผลต่อปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด เนื่องจากปริมาณเคอร์คูมินอยด์ถูกทำลายเนื่องจากความร้อนลดลง อย่างไรก็ตามมีรายงานเคอร์คูมินซึ่งเป็นสารในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์มีความคงตัวต่อความ

ร้อนสูง (Stankovic, 2004) ดังนั้นจึงพบว่า ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์สูงกว่า เมื่อเทียบกับการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วต่ำ ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Subhadhirasakul และคณะ (2007) พบว่าเหง้าขมิ้นชันแห้งมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ร้อยละ 22 มาตรฐานอุตสาหกรรมขมิ้นชันแห้ง กำหนดให้ปริมาณปริมาณเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันแห้งต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2543) โดยพบว่าการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140 ºC และความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์สูงสุด ($p<0.05$) คือ ร้อยละ 17.37$\pm$0.62 และอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานอุตสาหกรรมขมิ้นชันแห้งกำหนด

สรุปผล

อุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 130 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ มีน้ำมันหอมระเหยสูงสุด สูงสุด และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 140 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดสูงสุด ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

สุดาทิพย์ คงขำ อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2549, การอบแห้งเนื้อไก่ปรุงรสด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ร่วมกับปั๊มความร้อน, ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2543, มาตรฐานอุตสาหกรรมขมิ้นชันแห้ง, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.
ยรรยง ศรีสม, 2550, อบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี, 191: 133-139.

รุจิรา ตาปราบ, จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และประพันธ์ ปิ่นศิโรดม, 2551, สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิงและผลิตภัณฑ์ขิงในระหว่างกระบวนการแปรรูป, อาหาร, 38: 74-84.

อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, 2550, การอบแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Azian, M.N., Kamal, M.A.A., and Azlina, M.N., 2004, Changes of cell structure in ginger during processing, Journal of Food Engineering, 62: 359–364.

Balladin, Changyen, McGAW and Headley, 1996, Solar drying of west Indian ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) rhizome using a wire basket dryer, Renewaable Energy, 7(4): 409-418.

Fatouh, M., Metwally, M.N., Helali, A.B. and Shedid, M.H., 2006, Herbs drying using a heat pump dryer, Energy conversion and Management, 47: 2629-2643.

Krokida, M.K., Karathanos, V.T., Maroulis, Z.B., and Marinos-Kouris, D., 2003, Drying kinetics of some vegetables, Journal of food engineering, 59: 391-403.

Nathakaranakule, A., Kraiwanichkul, W., and Soponronnarit, S., 2007, Comparative study of different combined superheated-steam drying techniques for chicken meat, Journal of Food Engineering, 80: 1023–1030.

Prasad, J., and Vijay, V.K., 2005, Experimental studies on drying of *Zingiber officinale*, *Curcuma longa* l. and *Tinospora cordifolia* in solar-biomass hybrid drier, Renewable Energy, 30: 2097–2109.

Prasad, J., Vijay, V.K., Tiwari, G.N., and Sorayan, V.P.S., 2006, Studyon performance evaluation of hybrid drier for for turmeric (*Curcuma longa* L.) drying at village scale, Journal of food engineering, 75: 497-522.

Subhadhirasakul, S., Wongvarodom S., and Ovatlarnporn, C., 2007, The content of active constituenys of stored sliced and powdered preparations of turmeric rhizomes and zedoary (bulb and finger) rhizomes. Songklanarin Journal of Food Science and Technologie*, 29*(6): 1527-1536.

Stankovic, I, 2004, *Curcumin : Chemical and Technical Assessment (CTA)*, n.p.

Tain, D.R., and Grenis, A.T., 1993, Spice and Seasonings: A food Technology Handbook, VCH, New York.

Tang, Z., Cenkowski, S., and Izydorczyk, M., 2005, Thin-layer drying of spent grains in superheated steam, Journal of Food Engineering, 67: 457-465.

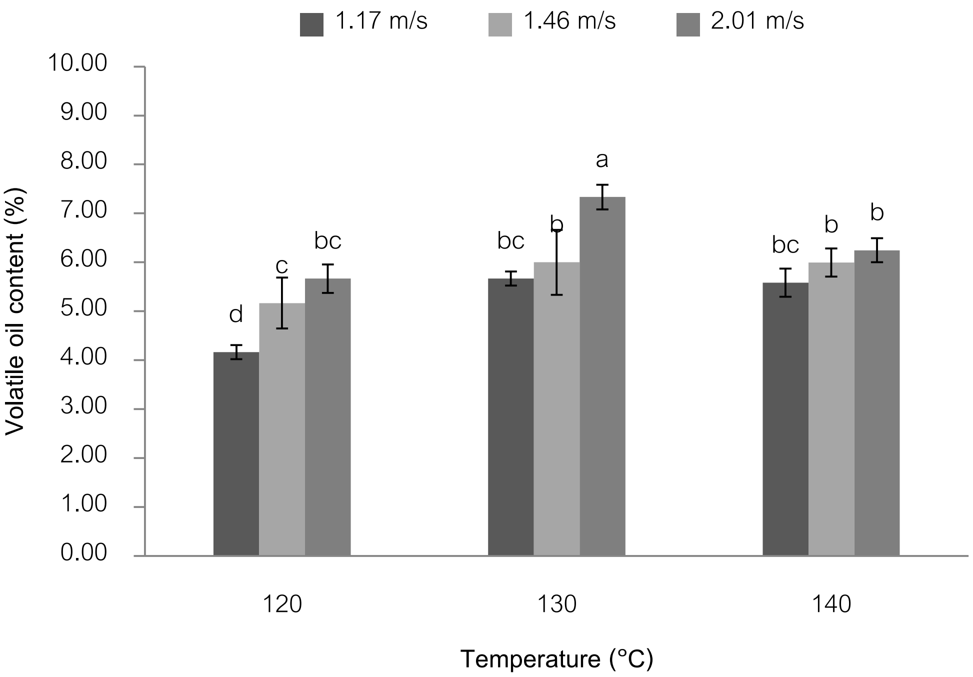


Figure 1 The effects of temperature and velocity of superheated steam on volatile oil content of superheated steam dried turmeric products.

[a,b,c] Means followed by different letter are significantly different, as determined by Duncan's new multiple range test ($p \leq 0.05$).

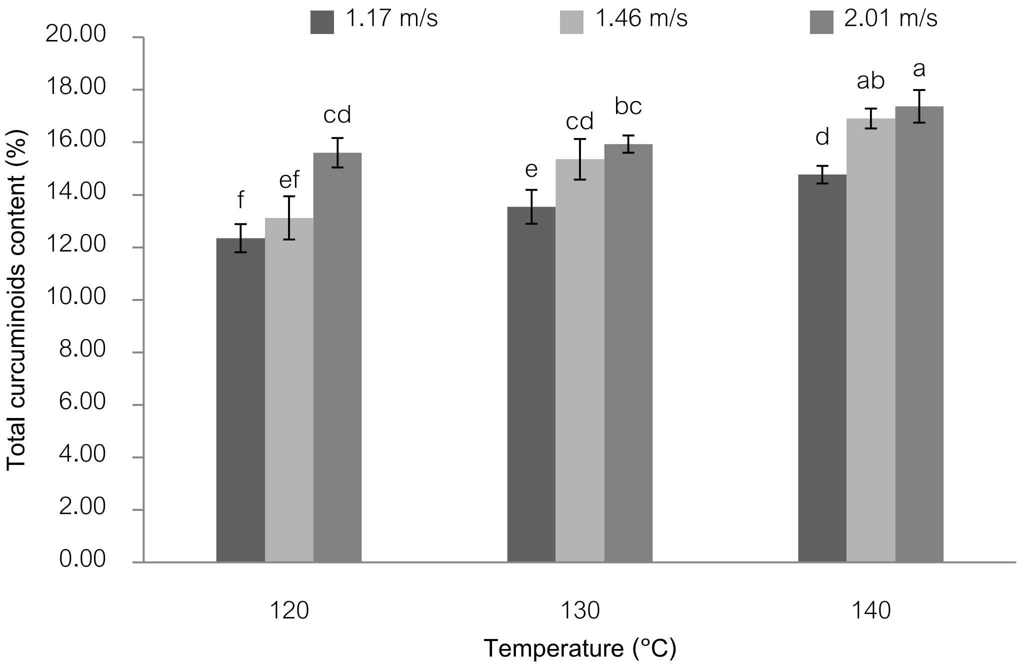


Figure 2 The effects of temperature and velocity of superheated steam on total curcuminoids content of superheated steam dried turmeric products.

[a,b,c] Means followed by different letter are significantly different, as determined by Duncan's new multiple range test ($p \leq 0.05$).

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 513-516 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 513-516 (2559)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกล้วยโดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน

Development of Steamed Banana Cake using the Partial Substitution of Rice Flour by Hom Nil Rice Flour

วิชชุดา สังข์แก้ว[1] และ กนิษฐา ศรีนวล[1]

Sangkaeo, W.[1] and Srinual, K.[1]

Abstract

This research aimed to using the partial substitution of rice flour by Hom Nil rice flour at 0 (control), 25, 50, 75 and 100%, rice flour basis. Physical properties and sensory attributes of steamed banana cake were determined. The results showed that redness (a*) of steamed banana cake significantly increased (P<0.05) as the amount of Hom Nil rice flour in the product increased, whereas, lightness (L*) and yellowness (b*) decreased significantly (p<0.05). Cutting force value of steamed banana cake also significantly decreased (p<0.05) according to the amount of Hom Nil rice flour. Sensory evaluation showed that the 50% Hom nil rice flour showed the highest score of color, odor, taste and overall acceptability attributes. At 9 days after storage in 12 ± 2 degree Celsius the microbial counts of steamed banana cake were detected and the results showed that the total aerobic plate count, yeast and mold were less than TISI standard 1/2522.

Keywords: Hom Nil rice flour, rice flour, steamed banana cake

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมกล้วยในปริมาณร้อยละ 0, 25, 50, 75, และ 100 โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า ประเมินผลทางกายภาพและทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) และค่าแรงตัดขาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) สูตรที่ใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 50 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติและการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่ 12±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน และนำไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ พบว่ามีปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไทย มผช. 1/2552

คำสำคัญ: แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวเจ้า ขนมกล้วย

คำนำ

ขนมกล้วยเป็นขนมไทยโบราณที่คนไทยรู้จักมานาน เป็นขนมไทยภาคกลาง ส่วนผสมหลักมีกล้วยน้ำว้าสุกงอม แป้งข้าวเจ้า และน้ำตาลทราย นำมาคลุกเคล้าและนวดให้เข้ากัน (ทักษนันท์ อนรรฆพฤฒ, สัมภาษณ์, 5 กรกฎาคม 2550) เป็นขนมที่ทำให้สุกโดยการนึ่งด้วยลังถึงเทส่วนผสมใส่ถ้วยตะไลแล้วนึ่งหรือใส่ถาดหรือพิมพ์ หรืออาจห่อด้วยใบตองหรือใบมะพร้าว ข้าวหอมนิลเป็นข้าวที่มีรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และโปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidin) (นวลพรรณ และคณะ, 2557) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ในปริมาณสูงสารโปรแอนโทไซยานิดินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเซลล์มะเร็ง ทั้งที่ปอด โพรงจมูก กระเพาะอาหารและที่เซลล์เม็ดเลือดขาว ช่วยป้องกันไวรัส (Chen และคณะ, 2006) นอกจากนี้ยังพบว่าสารแอนโทไซยานินที่ได้จากผลไม้ สามารถขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเรสเตอรอลชนิด LDL (Low density lipoprotein) จึงสามารถช่วยลดอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (Abdel และคณะ, 2008) เมล็ดของข้าวหอมนิลมีประโยชน์ทางโภชนาการโดยมีปริมาณโปรตีน 12.5% คาร์โบไฮเดรต 70% และประกอบไปด้วย ธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม ในปริมาณสูง (Chrispeels และคณะ,1994)ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกล้วยซึ่งเป็นอาหารไทยโบราณ โดยเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับขนมกล้วยโดยนำแป้งข้าวหอมนิลมาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมกล้วย

---

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Food Science and Technology, School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการผลิตขนมกล้วย

ส่วนผสมสำหรับการทำขนมกล้วยในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย กล้วยน้ำว้าสุกงอม แป้งข้าวเจ้า (ตราช้างสามเศียร) แป้งข้าวหอมนิลชนิดบดละเอียด เกษตรอินทรีย์ (ตรา *Be Live Rice*) แป้งมัน (ตราปลาดาว) น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล) เกลือป่น (ตราปรุงทิพย์) และกะทิกล่อง (ตราอร่อยดี) การผลิตขนมกล้วย (ดัดแปลงจากวิธีของ ภาวิณี, 2556) โดยนำกล้วยน้ำว้าสุกงอมสังเกตจากเปลือกมีสีเหลืองทั้งผลมาตัดเป็นชิ้นขนาดหนา 2 เซ็นติเมตร นำไปบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้ยี่ห้อพานาโซนิค บดนาน 10 วินาที นำกล้วยที่บดแล้วมาผสมกับแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวหอมนิลและแป้งมันตามสูตร นวดให้เข้ากันจนเหนียว เติมกะทิ เกลือ น้ำตาลทราย คนให้เข้ากัน เทใส่พิมพ์ นำไปนึ่ง เป็นเวลา 45 นาที แกะออกจากพิมพ์บรรจุถาดชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate, PET)

ศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในการผลิตขนมกล้วยในปริมาณร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ประเมินผลลักษณะทางกายภาพของขนมกล้วยด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง LLOYD texture analyzer รุ่น LRX วัดค่าแรงตัดขาด วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab Digital Color Difference Meter 450 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านความแน่นเนื้อ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total plate count และวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมนิลมาทดแทนแป้งสาลีในขนมกล้วย พบว่าเมื่อทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้ขนมกล้วยมีค่า L* และ b* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในแป้งข้าวหอมนิลมีรงควัตถุที่ทำให้แป้งมีสีม่วง คือ anthocyanin และ proanthocyanidin ในปริมาณสูง จึงทำให้ขนมกล้วยมีสีเข้มของสีม่วงเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ค่าความสว่างลดลงและค่า a* เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ค่าแรงตัดขาดมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการผลิตแป้งข้าวเจ้าต้องผ่านกระบวนการแยกและขจัดส่วนของเปลือกและคัพภะออกจากส่วนของเนื้อเพื่อให้ได้แป้งที่มีสีขาวที่สุด ในขณะที่แป้งข้าวหอมนิลที่ใช้เป็นแป้งที่ได้จากข้าวกล้องหอมนิลที่มีการขัดสีเพียงครั้งเดียว โดยสีเปลือกออกเท่านั้น ยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ (อรอนงค์, 2547) ซึ่งเมื่อนำมาทำให้สุกจะได้เนื้อสัมผัสที่มีความนุ่ม ดังนั้นเมื่อทดแทนแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้ลักษณะเนื้อของขนมกล้วยมีความนุ่มตัดได้ง่ายขึ้นจึงส่งผลให้ค่าแรงตัดขาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบและสมบัติเชิงหน้าที่ของข้าวชนิดต่างๆ ข้าวที่มีลักษณะนุ่มจะเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีลักษณะแข็งและร่วน (Coffman and Juliano ,1987)) แป้งข้าวหอมนิลเป็นแป้งทมีปริมาณอะไมโลสต่ำ (สุนีย์ และคณะ, 2558) จึงทำให้ได้เจลที่อ่อนตัดไดง่ายขึ้น ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าทุกสูตรมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ กลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยสูตรที่ใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 50 มีคะแนนด้านสีและการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากสูตรที่ใช้แป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่สูงกว่าร้อยละ 50 ทำให้ขนมกล้วยมีสีที่เข้มเกินไปเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ดังนั้นจึงเลือกสูตรขนมกล้วยสูตรทีใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 50 มาศึกษาอายุการเก็บ โดยนำมาบรรจุในถาดพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตมีฝาปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน นำมาตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราพบว่าสามารถเก็บรักษาไว้ได้อย่างน้อย 9 วัน โดยพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมไทย (มผช. 1/2552) (data not shown)

สรุปผล

การพัฒนาขนมกล้วยโดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าในปริมาณร้อยละ 50 ทำให้ได้ขนมกล้วยที่มีสีเข้มกว่าขนมกล้วยทั่วไปเนื่องมาจากสีของแป้งข้าวหอมนิลที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน และมีเนื้อสัมผัส ที่เหนียวนุ่มใกล้เคียงสูตรควบคุม ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านด้วยคะแนนระดับชอบถึงชอบเล็กน้อย

Table 1 Color Values and Cutting Force of Steamed Banana Cake as affected by different substitution of Hom Nil Rice Flour

Black Jasmine Rice Flour (%)	Color			Cutting Force (N)
	L*	a*	b*	
0	44.95^{a} ± 0.21	5.01^{e} ± 0.16	10.80^{a} ± 0.21	19.32^{a} ± 1.66
25	39.11^{b} ± 1.73	6.34^{d} ± 0.56	10.07^{a} ± 1.09	16.80^{b} ± 0.52
50	35.82^{c} ± 0.56	7.43^{c} ± 0.11	9.56^{b} ± 0.12	16.66^{b} ± 0.43
75	34.48^{c} ± 0.16	8.22^{b} ± 0.02	9.13^{b} ± 0.27	15.79^{bc} ± 0.23
100	31.47^{d} ± 0.49	8.73^{a} ± 0.16	9.98^{b} ± 0.03	14.54^{c} ± 0.79

$^{a,b,\ldots,e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

Table 2 Sensory Score of Steamed Banana Cake as affect by different substitution of Hom Nil Rice Flour

Attributes	Black Jasmine Rice Flour (%)				
	0	25	50	75	100
Firmness^{ns}	6.72±1.72	6.68 ±1.35	6.00 ±1.68	6.52 ±1.53	6.56 ±1.33
Color	6.12^{b} ±1.81	5.96^{b}±1.65	7.08^{a}±1.35	6.40^{ab}±1.94	6.48^{ab}±1.64
Odor^{ns}	6.32±1.38	6.24±1.33	6.64±1.38	6.52±1.98	6.40±1.08
Taste^{ns}	6.32±1.49	6.48±1.29	6.92±1.26	6.80±1.76	6.60±1.19
Overall Accepability	6.64^{a}±1.41	6.48^{ab}±1.26	7.20^{a}±0.96	7.04^{a}±1.51	6.80^{a}±1.19

^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับในแนวนอนในลักษณะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)

แป้งข้าวหอมนิล 0%

แป้งข้าวหอมนิล 25%

แป้งข้าวหอมนิล 50%

แป้งข้าวหอมนิล 75%

แป้งข้าวหอมนิล 100%

เอกสารอ้างอิง

นวลพรรณ นงค์เยาว์, นันท์นภัส แก้วประดับ, พรรณี รัตนชัยสิทธ์และจิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, 2557, การวิเคราะห์องค์ประกอบไซยานินในรำข้าวสี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฉบับพิเศษ). 649 – 660.

ภาวิณี กุมเพ็ชร, 2556, อาหารพื้นบ้านล้านนาขนมกล้วย [สืบค้น]. http://library.cmu.ac.th/ntic/lannafood/link.php. [1/ January/ 16].

รัตนาภรณ์ จึงสงวนสิทธิ์, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมไทย [สืบค้น]. http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx. [20/ January/ 16].

สุนีย์ สหัสโพธิ์, วิรัญ เจริญศิริ และ รัชนี คงคาฉุยฉาย, 2558, ดัชนีน้ำตาลในข้าวเหนียวและข้าวเจ้าพันธุ์พื้นเมือง โดยใช้วิธีการเลียนแบบการย่อยการดูดซึมน้ำตาลในหลอดทดลอง, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, ปีที่ 20 (ฉบับที่ 2) : 1-13.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สานักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 376 น.

Abdel, Aal el-SM., Abou-Arab, AA., Gamel TH, Hucl P, Young JC, and Rabalski I, 2008, Fractionation of blue wheat anthocyanin compounds and their contribution to antioxidant properties, Journal of Agricultural and Food Chemistry,56 : 11171–7.

Chen, P.N., Kuo, W.H., Chiang, C.L., Chiou, H.L., Hsieh, Y.S., and Chu, S.C., 2006, Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression, Chemico-biological interactions, 163(3): pp.218-229.

Chrispeels, M.L., and David, E.S., 1994, Plants, Genes and Agriculture. Jones and Bartlett Publishers. London England. 478 p.

Coffman, W.R., and Juliano, B.O.,1987, Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement Madison, American Society of Agronomy, (5) :101-131.

ผลของการจุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล

Effect of Sodium Chloride Solution Dipping on Microbial Population Changes in Fresh-cut 'Red Maradol' Papaya

ชลิดา ฉิมวารี[1,2] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[3]
Chimvaree, C.[1], Boonyaritthongchai, P.[1] and Poubol, J.[3]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of sodium chloride dipping at concentration of 0.5, 1.0 and 1.5 % for 1 min, on microbial population changes in fresh-cut 'Red Maradol' ripe papaya, stored at 7°C. Total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds were determined every 2 days. It was found that all concentrations of sodium chloride could delay the growth of microorganism in fresh-cut papaya. The 1.5% sodium chloride solution was the best treatment to delay the growth of microorganisms, which the growth of total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds were reduced to 1.0, 1.6, 1.9 and 1.3 log CFU/g, respectively. Its shelf-life was for 6 days.

Keywords: fresh-cut ripe papaya, sodium chloride, microorganisms

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาผลของการจุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 เป็นเวลา 1 นาที ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็คติกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และราในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคทุก ๆ 2 วัน ผลการทดลองพบว่ามะละกอที่จุ่มในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด โดยการจุ่มในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 สามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิดได้ดีที่สุด โดยช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็คติกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ได้ประมาณ 1.0 1.6 1.9 และ 1.3 log CFU/g ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม จึงมีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน

คำสำคัญ: มะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภค โซเดียมคลอไรด์ จุลินทรีย์

คำนำ

ผลไม้สดแปรรูปพร้อมบริโภคหมายถึงผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่ง ปอกเปลือก ตัดหรือหั่น ก่อนการบรรจุ ซึ่งจะมีคุณค่าทางอาหารสูง สะดวกในการบริโภค มีกลิ่นและรสชาติที่ดี อีกทั้งยังคงมีสภาพสดใหม่ (Lamikanra, 2002) ผลไม้สดแปรรูปพร้อมบริโภคที่จำหน่ายกันในประเทศไทยมีการผลิตมาช้านาน แต่เนื่องจากการแปรรูปผลไม้บางชนิดทำได้ยาก อีกทั้งผลิตผลที่ผ่านการแปรรูปในลักษณะนี้มีการเสื่อมสภาพทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และการเน่าเสียจากจุลินทรีย์อย่างรวดเร็วในระหว่างการแปรรูป (O'Beirne และ Francis, 2003) โดยการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักผลไม้สดและผักผลไม้สดแปรรูปพร้อมบริโภคมาจากแหล่งปลูกและการปนเปื้อนจากเครื่องมือที่ใช้ในระหว่างการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป (Beuchat, 1996) เช่นการปนเปื้อนเชื้อ coliform บ่งบอกถึงน้ำที่ใช้ในการผลิตไม่สะอาด รวมไปถึงเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิด

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand
[3] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[3] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

การเน่าเสียประกอบด้วย แบคทีเรีย ยีสต์และรา (Nguyen-the และ Carlin, 1996) โดยแบคทีเรียชนิดแกรมลบทำให้เกิดการเน่าเสียปริมาณมากกว่าร้อยละ 80-90 (Babic และคณะ, 1996)

โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride; NaCl) หรือเกลือแกง มีลักษณะผลึกสีขาว รูปร่างไม่คงที่ มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น (Hygroscopic) (Pearson, 1984) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการต่อต้านและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร โดยพบว่าเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 13 สามารถยับยั้งเชื้อที่ทำให้เกิดโรคโดยเฉพาะ *Staphylococcus aureus* (Cliver, 2007) มีรายงานว่าเกลือมีคุณสมบัติเป็น preservative ที่มีผลต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ คือ ดึงน้ำออกจากเซลล์ (dehydration) ประจุลบของเกลือ (chloride ion; Cl-) มีผลโดยตรงต่อเชื้อจุลินทรีย์และลดการแทรกซึมของก๊าซออกซิเจนในอาหาร ทำให้เชื้อจุลินทรีย์อ่อนแอต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการแทรกซึมของเกลือมีผลอย่างรวดเร็วต่อ proteolytic enzyme (Cliver, 2007) Ediriweera และคณะ (2012) รายงานว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และสารละลายโซเดียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 ช่วยรักษากลิ่นรสของสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ในขณะที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์พบว่าไม่มีความแตกต่างในทุกชุดการทดลอง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแปรรูปและการจุ่มมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์

นำมะละกอสุกพันธุ์เรดมาราดอลที่มีระยะสุกพร้อมบริโภค ผิวสีเหลืองประมาณร้อยละ 75-100 หนักประมาณ 1,300 กรัม จากสวนในจังหวัดปราจีนบุรี คัดเลือกผลที่ไม่มีโรคและแมลงทำลาย จากนั้นล้างฝุ่นผงออกด้วยน้ำประปาและสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ปอกเปลือก ตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก ตัดให้เป็นชิ้นขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำชิ้นมะละกอไปจุ่มในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 เป็นเวลา 1 นาที ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นบรรจุชิ้นมะละกอ 120 กรัม ลงในถาดโฟมก้นลึก หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดโพลีไวนิวคลอไรด์หนา 13 ไมโครเมตร เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในมะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกๆ 2 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

2. การตรวจหาจุลินทรีย์ในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล

การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ทำโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA; Merck; Darmstadt, Germany), Deoxycholate agar (HiMedia Laboratories; Mumbai, India), de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS; Merck; Darmstadt, Germany) และ Potato dextrose agar (PDA; HiMedia Laboratories; Mumbai, India) ตามลำดับ ชั่งตัวอย่างมะละกอที่จะตรวจหาจุลินทรีย์จำนวน 10 กรัม ใส่ลงในถุง Stomacher แล้วตีปั่นกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่อง stomacher (Masticator Nr2557/400, IUL instruments; Barcelona, Spain) ทำ dilution plate count method ตรวจหาจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และแล็กติกแอซิดแบคทีเรีย โดยเทอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุ่นประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันโดยหมุนสลับซ้ายขวาอย่างละ 5 ครั้ง (pour plate technique) ทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สำหรับการตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สำหรับการตรวจหาแล็กทิกเอซิดแบคทีเรียจะทิ้งไว้ 72 ชั่วโมง สำหรับการตรวจเชื้อยีสต์และราใช้วิธี spread plate technique โดยดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน นับจำนวนโคโลนีและรายงานผลเป็นค่า Colony Forming Unit ต่อกรัม (CFU/g)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการจุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ของมะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาพบว่าภายหลังจากการจุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ มะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกเอซิดแบคทีเรีย อยู่ในช่วง 2.18-2.46, 2.17-2.34 และ 1.75-2.02 log CFU/g ตามลำดับ (Figure 1 A-C) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง ในขณะที่ยีสต์และราในวันเริ่มต้นเก็บรักษามีปริมาณอยู่ในช่วง 1.62-2.24 CFU/g โดยชุดการทดลองที่จุ่มในสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีปริมาณยีสต์และราต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (Figure 1D) เนื่องจากเกลือมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น (Pearson, 1984) จึงมีผลช่วยลดค่า water activity ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ อีกทั้งภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นสามารถชะลอปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

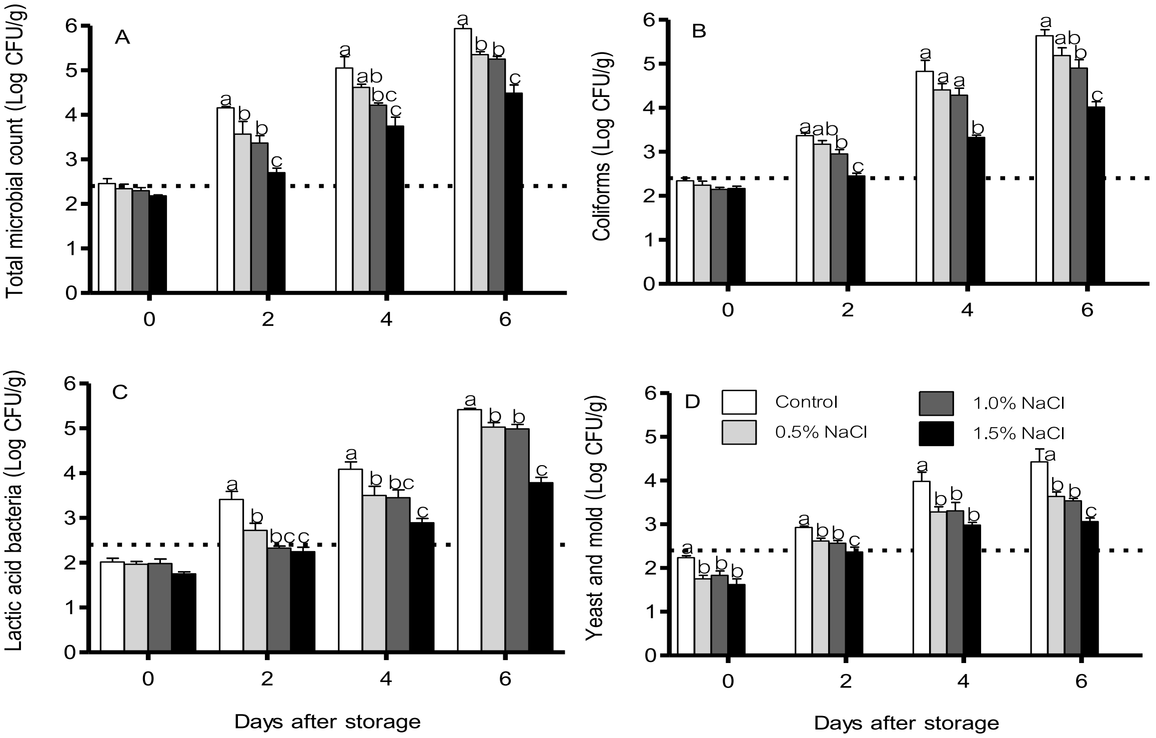


Figure 1 Total microbial (A), coliforms (B), lactic acid bacteria (C), yeast and molds of fresh-cut 'Red Maradol' papaya dipped in sodium chloride solution at 0.5, 1.0 and 1.5 % for 1 min. Papaya cubes were packed in foam tray and wrapped with PVC films, and then stored at 7°C for 6 days. Dotted line represents microbial counts were below to the detection level.

การใช้เกลือที่ความเข้มข้นต่ำประมาณร้อยละ 2-4 ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ หรือการใช้ร่วมกับกรดอินทรีย์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ (Lueck, 1980) เชื้อจุลินทรีย์ส่วนมากสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในน้ำบริสุทธิ์และในอาหารที่มีค่า water activity เท่ากับ 1 ดังนั้นเกลือจึงเป็นตัวลดความชื้นหรือลดค่า water activity ของอาหารลง น้ำจะถูกดึงตัวไปเกาะกับเกลือเกิดเป็น ion hydration ขึ้น ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงอีกทั้งยังเกิดการ dehydration ของเซลล์ เป็นเหตุให้เซลล์ของจุลินทรีย์สูญเสียน้ำ จึงหยุดการเจริญเติบโต (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2521) ดังนั้นจึงสามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total microbial count) *Escherichia coli* Coliforms Lactic acid bacteria ยีสต์และรา ได้ประมาณ 1, 1.6, 1.6, 1.9 และ 1.3 $\log_{10}$CFU/g ตามลำดับ Jensen (1954) ได้สรุปผลของความเข้มข้นของเกลือที่มีต่อการเจริญของจุลินทรีย์ว่า แบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนจะหยุด

การเจริญเติบโตที่ระดับความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 5 ในขณะที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันจะมีผลน้อยมากต่อแบคทีเรียที่ต้องการอากาศชนิด facultative และพวก Micrococcus จากการทดลองในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 สามารถชะลอการเจริญของเชื้อ Lactic acid bacteria ซึ่งเป็นเชื้อที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตได้ประมาณ 1.9 $\log_{10}$CFU/g ซึ่งลดลงได้ดีกว่าเชื้ออื่นๆ Palumbo และคณะ (2007) ได้รายงานว่าการล้างผักสลัด (leafy green salad) ที่ผ่านการบ่มเชื้อ *Escherichia coli* O157:H7 เป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาล้างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ประมาณ 5 ครั้ง พบว่าสามารถลดจำนวน *Escherichia coli* O157:H7 ได้ร้อยละ 2.9 โดยถ้าแช่ผักสลัดในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวน *Escherichia coli* O157:H7 ได้ถึงร้อยละ 13.6

สรุปผล

การจุ่มมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 เป็นเวลา 1 นาที สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยสามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* Coliforms Lactic acid bacteria ยีสต์และราได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือในการทำวิจัย และสนับสนุนการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2521, เกลือ คุณสมบัติและการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกาตรศาสตร์, กรุงเทพฯ (หน้า 21-22).

Babic, I., Roy, S., Watada, A.E. and Wergin, W.P., 1996, Changes in microbial population in fresh cut spinach, International Journal of Food Microbiology, 31:107-119.

Beuchat, L.R., 1996, “Pathogenic organisms associated with fresh produce”, Journal of Food Protection, 59: 204-216.

Cliver, D.O., 2007, Microbial Decomtamination, Food Safety and Antimicrobial Interventions, http://www.cdfa.ca.gov/ahfss/Animal_Health/PHR250/2007/25007Antimic.pdf

Ediriweera, S., Abeywickrama, K., and Latifah, M., 2012, Effect of Chemical Pretreatments on the Quality of Minimally Processed Pineapple Stored in Polystyrene Packages, Ceylon Journal of Science (Bio. Sci.), 41: 151-155.

Jensen, L.B., 1954, Microbiology of Meat. 3rd. ed., Garrard Press, Champaign, Illinois, 215 p.

Lamikanra, O., 2002, Perface, In O. Lamikanra (Ed.), Fresh-cut fruits and vegetables, Science technology and market, Boca Ration, FL: CRC Press.

Lueck, E. 1980, Antimicrobial Food Additives: Characteristies Uses Effects, Springer-veriag, Berlin, Heidelberg, New York. 243 p.

Nguyen-the, C., and Carlin, F., 1994, The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetable, Critical reviews in Food Science and Nutrition, 34:371-401.

O’Beirne, D., and Francis, G. A., 2003, “Reducing the pathogen risk in MAP-prepared produce, In R., Ahvenainen (Ed.)”, Novel food packaging techniques, Cambridge, UK; Boca Roton, FL: Woodhead Publishing Limited/CRC Press LLC, pp. 321-286.

Pearson, A.M. and Tauber, F.W., 1984, Processed Meat, 2nd.ed, The AVI Publ., Inc., Westport, Connecticut. 258 p.

Palumbo, M.S., Gorny, J.R., Gombas, D.E., Beuchat, L.R, Bruhn, C.M., Cassens, B., Delaquis, P., Farber, J.M., Harris, Linda J., Ito, K., Osterholm, M.T. Smith, M., and Swanson, K.M.J., 2007, Recommendations for Handling Fresh-cut Leafy Green Salads by Consumers and Retail Foodservice Operators, Food Protection Trends, 27: 892–898.

ผลของการตัดแต่งต่อคุณภาพและสารพฤกษเคมีบางชนิดของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค

Effect of Cutting on Quality and Some Phytochemicals of Fresh-cut Mango

จิรัชฌา ศุภชูชัย[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ พนิดา เรณูมาลย์[3]

Supphachuchai, J.[1], Jitareerat, P.[1,2], Uthairatanakij, A.[1,2], Laohakunjit, N.[1] and Renumarn, P.[3]

Abstract

This research was aimed to study the effect of cutting on quality and phytochemical changes of unripe fresh-cut mango. Mature-green mangoes cv. Thawai-Dueankao were washed and divided into 2 groups, 1) intact fruit (non-cutting) and 2) fresh-cut mango. The fresh-cut mango were packed in plastic trays, heat sealed with polypropylene film, and stored at 4ºC for 9 days. Result revealed that cutting did not have any negative effects on total ascorbic acid content and inhibition of DPPH activity compare with intact mango. Ripening of intact fruit increased during storage, whereas cutting process could delayed ripening 6 days. As indicated by lower L* value and total soluble solids (TSS) content and higher shearing force which they were observed in fresh-cut mango. However, a decrease of total phenolic contents was affected by cutting.

Keywords: ascorbic acid, DPPH, mangoes cv. Thawai-Dueankao, total phenolic content, phytonutrient

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการตัดแต่งต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและคุณภาพของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค นำมะม่วงดิบพันธุ์ทะวายเดือนเก้ามาล้างทำความสะอาด และแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ มะม่วงทั้งผล (ไม่ตัดแต่ง) และมะม่วงที่ตัดแต่ง มะม่วงตัดแต่ง บรรจุลงในถาด ปิดผนึกด้วยฟิล์มพอลิโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 9 วัน พบว่า การตัดแต่งไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอบิคและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (%DPPH) เมื่อเทียบกับมะม่วงไม่ตัดแต่ง สำหรับมะม่วงไม่ตัดแต่งมีการสุกมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่การตัดแต่งมีผลช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้นาน 6 วัน โดยพบว่ามะม่วงที่ตัดแต่งมีค่าความสว่าง (L*) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ต่ำกว่ามะม่วงทั้งผล และมีค่าแรงเฉือนสูงกว่ามะม่วงทั้งผล อย่างไรก็ตาม พบว่าการตัดแต่งมีผลทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มีแนวโน้มลดลง

คำสำคัญ: วิตามินซี DPPH มะม่วงทะวายเดือนเก้า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ไฟโตนิวเทรียนท์

คำนำ

ผลไม้เป็นแหล่งให้วิตามิน แร่ธาตุ และสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นต่อร่างกาย และยังเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยป้องกันโรค รักษาโรค ช่วยลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรังต่างๆ บำรุงและรักษากระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย โดยสามารถพบสารพฤกษเคมีได้มากกว่า 25,000 ชนิด ในอาหารจากพืช (Maryann, 2014; Scalbert และคณะ, 2005) ปัจจุบันการบริโภคผลไม้ตัดแต่งมีความต้องการเพิ่มขึ้นในหลายประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ๆ ที่ผู้คนมีชีวิตค่อนข้างเร่งรีบ และไม่มีเวลาเตรียมอาหาร (James และ Ngamsak, 2010) แต่ยังคงต้องการบริโภคผลไม้ที่สดซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นธุรกิจผลไม้สดตัดแต่งจึงมีการขยายตัวมากขึ้น ในการผลิตผลไม้ตัดแต่ง จะต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อพืช อันจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมี ทำให้พืชเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผลไม้ตัดแต่งมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง (Degl และคณะ, 2007) มะม่วงเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคทั้งในระยะทานดิบและสุก และแนวโน้มในการบริโภคภายในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นในรูปของผลสดและแปรรูป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2559) ซึ่งมะม่วงกล่าวได้ว่าเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ชีวภาพ ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ช่วย

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), Bangkok 10150

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

[3] สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี 25230

[3] Innovation and Product Development Technology, Faculty of Agro Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi 25230

ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ (LMR da silva,2014) และวิตามินซี ป้องกันโรคที่เกิดจากความเสื่อมของร่างกาย ป้องกันการลดลงของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Health Canada, 2010) การศึกษาเกี่ยวกับมะม่วงตัดแต่งที่ผ่านมาเป็นการศึกษาผลของ pre-treatments ต่อการเปลี่ยนแปลงสารพฤกษเคมีของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค (Dea และคณะ, 2010) โดยข้อมูลที่เกี่ยวกับผลของการตัดแต่งต่อการเปลี่ยนแปลงสารพฤกษเคมีในผลไม้ยังมีอยู่จำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการตัดแต่ง ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีและคุณภาพของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดเลือกสายพันธุ์มะม่วง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลสายพันธุ์จากผู้ขายผลไม้ตัดแต่งในรูปแบบของร้านค้าและผลไม้ในรถเข็นที่นิยมนำผลไม้มาตัดแต่งและบรรจุเพื่อการขายปลีก พบว่า ผู้บริโภคนิยมบริโภคมะม่วงในระยะทานดิบและสายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมเป็นหลัก คือ มะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น ซึ่งเป็นมะม่วงที่มีที่มาจากประเทศกัมพูชา และมะม่วงพันธุ์ทะวายเดือนเก้า หรืออีกชื่อหนึ่งคือ มันเดือนเก้า ซึ่งเป็นมะม่วงสายพันธุ์ไทยที่มีชื่อมานาน (มนู,2543) จึงเลือกมะม่วงพันธุ์ทะวายเดือนเก้ามาใช้ในการศึกษา โดยนำมะม่วงระยะทานดิบพันธุ์ทะวายเดือนเก้าที่สุกแก่ทางการค้า มาคัดผลที่มีขนาด สี รูปร่าง ใกล้เคียงกัน และปราศจากตำหนิและการเข้าทำลายของโรคและแมลง จากนั้นล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาแบบไหลผ่าน และทำการฆ่าเชื้อที่ผิวโดยแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 3 นาที ผึ่งให้แห้ง แบ่งมะม่วงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) มะม่วงทั้งผลขนาด 250-260 กรัม วางในตะกร้าพลาสติก และ 2) มะม่วงที่ตัดแต่ง โดยปอกเปลือก ผ่าครึ่งผลและหั่นเป็นชิ้นตามยาว ขนาด 0.5 เซนติเมตร และบรรจุลงในถาดพลาสติก polypropylene (PP) จำนวน 150 กรัมต่อถาด และปิดผนึกด้วยฟิล์ม polypropylene นำมะม่วงทั้งสองกลุ่มไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 9 วัน และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมะม่วงทุกๆ 3 วัน (วันที่ 0 3 6 และ 9) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอบิค (Hashimoto และ Yamafuji, 2001) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (%DPPH) (ดัดแปลงจาก Pan และคณะ, 2009; Bersuder และคณะ, 1998; Li และคณะ, 2007) ปริมาณ Total phenolics (Swain และ Hills,1959) การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเนื้อ (L*) (Colorimeter Minalta® model CR-300) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) (Hand Refractometer ATAGO PAL®-1) และค่าแรงเฉือน (Texture analyzer รุ่น TA-XT2) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มะม่วงแต่ละกลุ่มมี 5 ซ้ำ (ถาดหรือผล) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's multiple range tests (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของการตัดแต่งต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและคุณภาพของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการตัดแต่งมีผลชะลอการสุก มะม่วงทั้งผลมีค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น หรือมีการสุกมากขึ้น ในขณะที่ค่าความสว่าง ของมะม่วงที่ตัดแต่งมีค่าน้อยกว่ามะม่วงทั้งผล (Figure 1A) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติวันที่ 0-6 แต่ในวันที่ 9 พบว่า การตัดแต่งมีผลช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายได้เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงทั้งผล (Figure 1B) ทั้งนี้อาจเนื่องจากมะม่วงตัดแต่งเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบ modified atmosphere packaging (MAP) ซึ่งบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวมีผลช่วยชะลอการหายใจและการผลิตเอทิลีน (วิชชา และคณะ, 2551) ส่งผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในมะม่วงตัดแต่งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้ช้ากว่ามะม่วงทั้งผล ในสภาวะทางธรรมชาติของผลไม้เมื่อมีการเจริญเติบโตจนถึงระยะเจริญเต็มที่จะเกิดการเสื่อมอายุของผล จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากการสลายแป้งเป็นน้ำตาล มีปริมาณกรดอินทรีย์ลดลง มีการสังเคราะห์สารระเหยต่างๆ รวมทั้งมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในบรรยากาศปกติจะมีออกซิเจนประมาณ ร้อยละ 21 คาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 0.03 และไนโตรเจน ร้อยละ 78 หากสามารถลดระดับออกซิเจนให้ต่ำลงและเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดร์ออกไซด์ให้สูงขึ้นจะสามารถชะลอการสุก ชะลอการอ่อนนิ่มของผลได้ (วาสนา และ นิธิยา, 2556) เพราะการใช้บรรจุภัณฑ์สภาพดัดแปลงบรรยากาศดังกล่าวทำให้เกิดการลดอัตราการหายใจ รวมถึงกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ของผลิตผล ลดการสังเคราะห์การทำงานของเอทิลีนได้ (ดนัย และ นิธิยา, 2548) นอกจากนี้ พบว่ามะม่วงตัดแต่งมีค่าแรงเฉือนสูงกว่ามะม่วงทั้งผล (Figure 1C) เนื่องจากการเก็บมะม่วงตัดแต่งในสภาวะ MAP มีผลช่วยลดการหายใจ การคายน้ำ และการผลิตเอทิลีน (จริงแท้, 2549) ในขณะที่มะม่วงทั้งผลจะเข้าสู่กระบวนการสุกเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทำให้เนื้อเยื่ออ่อนนิ่มลงมากกว่ามะม่วงตัดแต่ง ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณวิตามินซีทั้งหมดของมะม่วงตัดแต่งและมะม่วงทั้งผล พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (Figure 2A, 2B) การตัดแต่งทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงเมื่อเทียบกับมะม่วงทั้งผล (Figure 2C) ซึ่งให้ผลที่ตรงข้ามกับ

งานวิจัยของ Alegria และคณะ (2016) ที่พบว่าบาดแผลจากการปอกเปลือกและการหั่นส่งผลให้แครอทมีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรม PAL ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของลิกนินและปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

สรุปผล

การตัดแต่งมะม่วงทำให้เกิดบาดแผลขนาดใหญ่ พบว่าการตัดแต่งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมี โดยไม่ส่งผลต่อความสามารถของการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณวิตามินซีทั้งหมด แต่กระบวนการตัดแต่งส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกมีแนวโน้มลดต่ำลง นอกจากนี้พบว่ากระบวนการตัดแต่ง สามารถชะลอการสุกได้ โดยมีผลชะลอการเพิ่มขึ้นของของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการอ่อนนิ่มของมะม่วง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีที่สนับสนุนทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยคนแรก และขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนเครื่องมือในการวิจัยตลอดโครงการ

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 395 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548, การปฏิบัติ ภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์, กรุงเทพฯ, 236 หน้า.

มนู โป้สมบูรณ์, 2543, คู่มือการผลิตมะม่วงนอกฤดู , กลุ่มไม้ผล กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ, 47 หน้า.

วาสนา พิทักษ์พล และ นิธิยา รัตนาปนนท์ , 2556, มะม่วง การผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว , ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.), เชียงใหม่, 836 หน้า.

วิชชา สอาดสุด, พิเชษฐ์ น้อยมณี, สุรีนาฏ กิจบุญชู และปิยวรรณ ขวัญมงคล, 2551, ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุเก็บรักษามะม่วง, วิทยาศาสตร์เกษตร, 39:265-268.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559, สถิติการส่งออก (Export) มะม่วง : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน [สืบค้น], http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php [31 พฤษภาคม 2559].

Alegria, C., Elsa, M,G., Margarida, M., Luis, C. and Marta, A., 2016, Peel removal improves quality without antioxidant loss, through wound-induced phenolic biosynthesis in shredded carrot, Postharvest Biology and Technology, 120: 232-239.

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

Dea, S., Brecht, J.K., Nunes, M.C.N. and Baldwin, E.A., 2010, Quality of Fresh-Cut 'Kent' Mango Slices Prepared from Hot Water or Non-Hot Water-Treated Fruit, Postharvest Biology and Technology, 56(2): 171-180.

Degl, I., Guidi, E. and Soldatini, L., G.F., 2007, Effect of Elevated Ozone on Chlorophyll a Fluorescence in Symptomatic and Asymptomatic Leaves of Two Tomato genotype, Biology Plant, 51: 313-321.

Hashimoto, S. and Yamafuji, K., 2001, The determination of diketo-L-gulonic acid, dehydro-L-ascorbic acid, and 1-ascorbic acid in the same tissue extract by 2,4-dinitrophenol hydrazine method. The Journal of Biological Chemistry 174: 201-208.

Health Canada, 2010, Canadian Nutrient File: Food source of Vitamin C [Online], Available: http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/fiche-nutri-data/index-eng.php [15 February 2017].

James, J. and Ngarmsak, T., 2010, Processing of Fresh-cut Tropical Fruits and Vegetables: A Technical Guide, Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Thailand, 86.

Larissa Morais Ribeiro da Silva a, Evania Altina Teixeira de Figueiredo a, Nagila Maria Pontes Silva Ricardo b, Icaro Gusmao Pinto Vieira c, Raimundo Wilane de Figueiredo a, Isabella Montenegro Brasil a,Carmen L. Gomes d., 2014, Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil, Food Chemisty, 143: 398-404.

Li, X.M, Li, X.L. and Zhou,A.G., 2007, Evaluation of antioxidant activity of the polysaccharides extracted from Lycium barbarum fruits in vitro, European Polymer Journal, 43: 488–497

Maryann, J., 2014, Phytonutrients [Online], Available: http://www.webmd.com/diet/guide/phytonutrients-faq [6 February 2016].

Pan, Y., Zhu, Z., Huang, Z., Wang, H., Liang, Y., Wang, K., Lei, Q. and Liang, M., 2009, Characterisation and free radical scavenging activities of novel red pigment from *Osmanthus fragrans'* seeds, Food Chemistry, 112: 909-913.

Scalbert , A., Johnson, I.T. and Saltmarsh, M., 2005, Polyphenols Antioxidants and beyond, American Journal of Clinical Nutrition, 81: 2155-2175.

Swain, T. and Hills, W.E., 1959, The phenolic constituents of Prunus domestica. I.- The quantitative analysis of phenolic constituents, Journal of the Science of Food Agriculture, 10: 63–68.

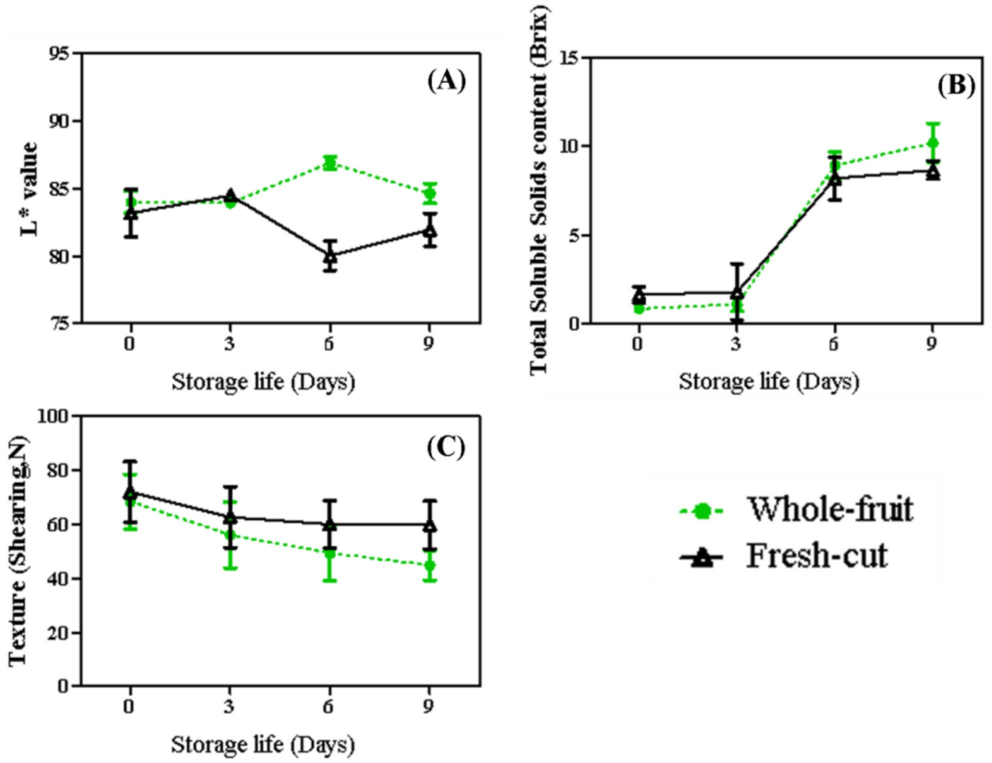


Figure 1 Color change of L*value (A), total soluble solids content (B) and texture (C) of fresh-cut mango and intact mango fruit. All samples were stored at 4 °C for 9 days.

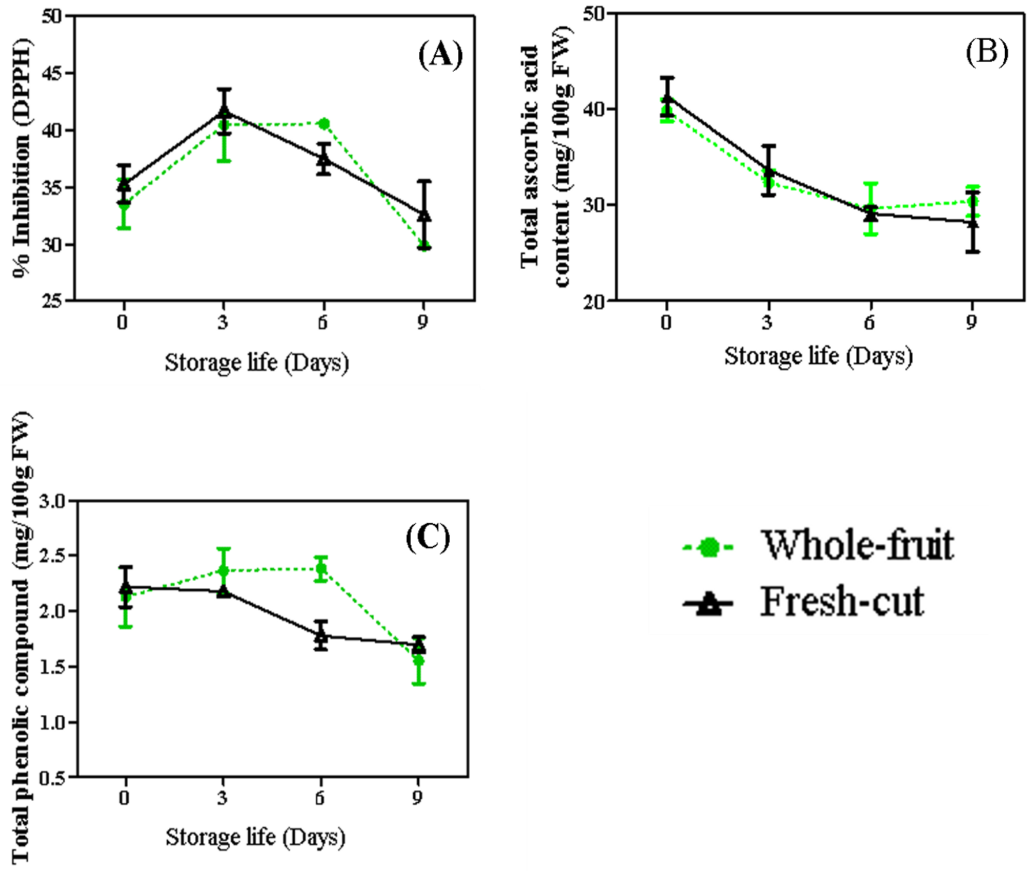


Figure 2 %Inhibition (DPPH) (A), total phenolic acid (B) and total ascorbic acid (C) of fresh-cut mango and intact mango fruit. All samples were stored at 4 °C for 9 days.

ผลของรูปแบบกาแฟและรูตะแกรงกระจายลมต่อความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

Effects of Coffee Form and Hole Angle of Distributor on the Minimum Air Velocity of Fluidization of Robusta Coffee

ธัชพล จุ้งเจริญ[1] ณัฐวุฒิ ชมโลก[2] ปองพล บุญถนอม[2] และ วริศ พนาสุวรรณรัตน์[2]
Chungcharoen, T.[1], Chomlok, N.[2], Bunthanom, P.[2] and Phanasuwannarat, W.[2]

Abstract

The coffee is the industrial drop in Thailand. Nowadays, sun drying is used to decrease the coffee moisture content. This method provides the long time for reducing the moisture. Therefore, the fluidized bed is applied for reducing the coffee moisture. The minimum air velocity of fluidization is the important factor for fluidized bed drying. So, the objective of this work was to investigate the effects of coffee form and hole angle of distributor on the minimum velocity of fluidization. The experimental result indicated that the pressure drop was depended on the coffee form but not depended on the hole angle of distributor. The pressure drop of coffee bean was lower than that of green coffee bean. The minimum air velocity and SEC value were only depended on the hole angle of distributor. The hole angle of 60° provided the lowest value in the air minimum velocity of fluidization and SEC.

Keywords: coffee bean, distributor, minimum air velocity, pressure drop specific energy consumption

บทคัดย่อ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งในปัจจุบันจะใช้วิธีการตากแดดเพื่อลดความชื้น วิธีการดังกล่าวจะใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาเทคนิคการอบแห้งแบบฟลูอิไดเซชันด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมาช่วยในการลดความชื้นให้กับเมล็ดกาแฟ ซึ่งความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน นับเป็นตัวแปรสำคัญในการอบแห้งด้วยเทคนิคดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบของรูปแบบเมล็ดกาแฟ และมุมของรูตะแกรงกระจายลมต่อความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน จากผลการศึกษาพบว่า ความดันตกคร่อมจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของเมล็ดกาแฟ แต่ไม่ขึ้นอยู่กับมุมของรูตะแกรงกระจายลม โดยเมล็ดกาแฟสดจะมีความดันตกคร่อมที่ต่ำกว่าเมล็ดสารกาแฟ ในขณะที่ความเร็วต่ำสุดและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ จะขึ้นอยู่กับมุมของรูตะแกรงกระจายลมเพียงอย่างเดียว โดยมุมของรูตะแกรงกระจายลมที่ 60 องศาจะมีความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะต่ำที่สุด

คำสำคัญ: เมล็ดกาแฟ ตะแกรงกระจายลม ความเร็วลมต่ำสุด ความดันตกคร่อม อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ

คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยสายพันธุ์ที่นิยมปลูกทางภาคใต้ ได้แก่ สายพันธุ์โรบัสต้า (พลรัชต์ และคณะ, 2553) ปัจจุบันกระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟมี 2 รูปแบบ คือ กระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟโดยวิธีแห้ง และกระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟโดยวิธีเปียก กระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟแบบแห้งนั้นจะเริ่มต้นจากกระบวนการลดความชื้นโดยการนำเมล็ดกาแฟสดมาตากแดด แล้วนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการตากแดดมากะเทาะเปลือกออก ส่วนกระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟแบบเปียกจะเริ่มต้นจาการนำเมล็ดกาแฟสดมากะเทาะเปลือกออก จะได้เป็นเมล็ดสารกาแฟแล้วจึงนำเข้ากระบวนการลดความชื้น โดยนำเมล็ดสารกาแฟที่ได้มาตากแดดเช่นกัน ทั้ง 2 วิธีจะใช้วิธีการตากแดดเพื่อลดความชื้น โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 15-20 วัน (วรเมธ และคณะ, 2547) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นาน ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาเทคนิคการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมาช่วยในการ

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160
[1]Department of Energy Engineering, KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160
[2]Department of Mechanical Engineering, KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

ลดความชื้นให้กับเมล็ดกาแฟ เทคนิคดังกล่าว จะใช้ตัวกลางในการอบแห้งไหลผ่านวัสดุของแข็งซึ่งมีรูปร่างลักษณะเป็นเม็ด ส่งผลให้วัสดุของแข็งเคลื่อนที่อย่างอิสระต่อกัน คล้ายของไหล เกิดการคลุกเคล้า และสัมผัสกับตัวกลางในการอบแห้งอย่างสม่ำเสมอ มีอัตราการถ่ายเทความร้อน และมวลสูง ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการลดความชื้นสั้นลง (Thakur และ Gupta, 2006) ความเร็วลม นับเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดลักษณะของการเกิดฟลูอิไดเซชันของวัสดุ กล่าวคือความเร็วลมที่ทำให้วัสดุลอยตัวอย่างอิสระคล้ายกับของไหล ความเร็วลมที่นิยมนำมาใช้ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ได้แก่ ความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน (Minimum velocity) (ปิยะพงษ์ และ วีรยุทธ, 2555) การหาความเร็วลมต่ำสุด จึงมีความสำคัญต่อการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ซึ่งความเร็วลมต่ำสุดนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ศุภฤกษ์ และคณะ (2553) ศึกษาผลของน้ำหนักของวัสดุที่มีต่อการเกิดฟลูอิไดเซชัน พบว่าเมื่อน้ำหนักของวัสดุเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน และความดันตกคร่อม (pressure drop) เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อรูปร่างหรือขนาดของวัสดุที่นำมาทดลองมีขนาดใหญ่ขึ้น ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน และความดันตกคร่อมก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย Ghaly และคณะ (2015) ได้ศึกษาลักษณะของแผ่นตะแกรงกระจายลม พบว่าตะแกรงกระจายลมที่มีลักษณะแตกต่างกันจะส่งผลต่อความดันตกคร่อมที่เกิดขึ้น ทำให้ความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันเปลี่ยนแลง จะเห็นได้ว่ารูปแบบของวัสดุและลักษณะของตะแกรงกระจายลม ส่งผลต่อการความเร็วลมต่ำสุดของวัสดุ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบของรูปแบบเมล็ดกาแฟ ซึ่งได้แก่เมล็ดกาแฟสด และเมล็ดสารกาแฟ และมุมของรูตะแกรงกระจายลมต่อความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันดี

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดกาแฟสดและเมล็ดสารกาแฟที่ผ่านการคัดเลือกเมล็ดที่เสีย ไม่ได้ขนาด และสิ่งเจือปนออก นำมาใส่ในเครื่องทดสอบความเร็วลมต่ำสุด ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อใช้ทำการทดลอง ซึ่งมีความยาวของท่อส่งอากาศด้านล่างยาว 200 ซม. รูปร่างหอทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 100 ซม. Blower ขนาด 2 แรงม้าโดยความสูงเบดที่ใช้ในการทดสอบคือ 5 ซม. มุมของรูตะแกรงกระจายลมที่ใช้มี 3 มุมคือ 45 60 และ 90 องศา ความเร็วลมจะถูกควบคุมด้วย Inverter โดยการปรับความถี่ ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบได้ประมาณ 2,825 รอบต่อนาที หลังจากลมไหลผ่านชั้นเบดประมาณ 30 วินาที ทำการบันทึกค่าความแตกต่างของระบบความสูงของน้ำในมาโนมิเตอร์แบบหลอดเอียง (Incline manometer) ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าแรงดันไฟฟ้า ทดลองจำนวน 3 ซ้ำ และแสดงผลของค่าเฉลี่ย สำหรับการวิเคราะห์ผลการทดลอง จะใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่างด้วยวิธีการของ Duncan's multiple range test ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS version-14

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Table 1 แสดงสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟสดและเมล็ดสารกาแฟ ผลการทดลองพบว่าความชื้นของเมล็ดกาแฟมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับน้ำหนักและค่าความพรุนจะมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ น้ำหนักของเมล็ดสารกาแฟมากกว่าเมล็ดกาแฟสด เนื่องจากการจัดเรียงตัวของเมล็ดสารกาแฟจัดเรียงตัวได้ดีกว่าเมล็ดกาแฟสด ดังนั้นที่ความสูงเบด 5 ซม. สามารถจุเมล็ดสารกาแฟได้มากกว่าเมล็ดกาแฟสด น้ำหนักของเมล็ดสารกาแฟจึงมีค่ามากกว่าเมล็ดกาแฟสด ในส่วนของค่าความพรุน เมล็ดกาแฟสดจะมีค่าความพรุนมากกว่าเมล็ดสารกาแฟ เนื่องจากขนาดของเมล็ดกาแฟสดใหญ่กว่าขนาดของเมล็ดสารกาแฟ ซึ่งดูได้จากค่า Equivalent diameter ซึ่งค่า Equivalent diameter ของเมล็ดสารกาแฟและเมล็ดกาแฟสดจะมีค่า 5.11 และ 12.5 มม. ตามลำดับ ดังนั้นเมล็ดกาแฟสดจึงมีค่าความพรุนมากกว่าเมล็ดสารกาแฟ

Figure 1 แสดงผลของความดันตกคร่อมของเมล็ดกาแฟสดและเมล็ดสารกาแฟที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 45 60 และ 90 องศา จากผลการทดลองพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงความดันตกคร่อมที่มุมของรูตะแกรงกระจายลมต่างๆของเมล็ดกาแฟทั้งสองรูปแบบมีลักษณะเหมือนกันกล่าวคือ ช่วงแรก การเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความดันตกคร่อม เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น ความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้น ความดันตกคร่อมที่เพิ่มขึ้นตามความเร็วลมเกิดจากลมไม่สามารถไหลผ่านชั้นเบดได้ เนื่องจากชั้นเบดยังไม่เกิดการลอยตัว หรืออยู่ในสภาวะที่เรียกว่า เบดนิ่ง หลังจากช่วงความเร็วลมดังกล่าว เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น ความดันตกคร่อมจะมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยความเร็วลมเพิ่มขึ้น ความดันตกคร่อมคงที่เกิดจากความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นไหลผ่านชั้นเบด ทำให้ชั้นเบดเกิดการลอยตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจากจุดข้างต้น ความดันตกคร่อมจะเริ่มคงที่ ซึ่งเรียกจุดๆนี้ว่า การเกิดความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและความเร็วลมของเมล็ดกาแฟสดและเมล็ดสารกาแฟที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 45 60 และ 90 องศา พบว่า ความดันตกคร่อมของเมล็ดสารกาแฟจะมีแนวโน้มมากกว่าเมล็ดกาแฟสดตลอดช่วงการทดลอง ทุกๆมุมของรูตะแกรงกระจายลม เนื่องจากความพรุนของเมล็ดสารกาแฟมีค่าความพรุนน้อยกว่าเมล็ดกาแฟสด (Table 1) ความพรุนน้อยทำให้ลมไหลผ่านชั้นวัสดุได้ยากส่งผลให้ความดันตกคร่อมสูง

Table 2 แสดงค่าความเร็วลมเริ่มต้นที่ทำให้วัสดุเกิดการลอยตัว และความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 45 60 และ 90 องศา จากผลการทดลองพบว่ามุมของรูตะแกรงกระจายลมจะส่งผลต่อความเร็วลมต่ำสุดในเกิดฟลูอิไดเซชัน โดยมุมของรูตะแกรงกระจายลมที่ 60 องศา จะมีค่าความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน แตกต่างจากมุมของรูตะแกรงกระจายลมที่ 45 และ 90 องศา อย่างมีนัยสำคัญทั้งในรูปแบบของเมล็ดกาแฟสด และเมล็ดสารกาแฟ โดยค่าความเร็วลมต่ำสุด (V_m) ที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 60 องศา จะมีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.9 และ 4.0 เมตรต่อวินาที ในรูปของเมล็ดกาแฟสด และเมล็ดสารกาแฟ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อใช้สมการของ Ergun คำนวณหา V_m พบว่า V_m ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับ V_m ที่ได้จากการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 3.8 และ 4.1 เมตรต่อวินาที ในรูปของเมล็ดกาแฟสด และเมล็ดสารกาแฟ ตามลำดับ ซึ่ง V_m ในการเกิดฟลูอิไดเซชันที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 60 องศา มีค่าต่ำกว่า V_m ในการเกิดฟลูอิไดเซชันที่มุม 45 และ 90 องศา เป็นผลมาจากความเร็วลมเริ่มต้นที่ทำให้วัสดุเริ่มเกิดการลอยตัว (V_i) จากผลการทดลองพบว่า V_i ที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 60 องศา ทั้งในรูปแบบเมล็ดกาแฟสด และเมล็ดสารกาแฟมีค่าต่ำกว่าที่มุมของรูตะแกรงกระจายลมอื่นๆ ค่า V_i ต่ำหมายถึงวัสดุสามารถขยายตัวได้ดี ดังนั้นที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 60 องศา จึงเกิด V_m ได้ดีกว่ามุมของรูตะแกรงกระจายลมอื่นๆ

Table 3 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (SEC) ของเมล็ดกาแฟสด และเมล็ดสารกาแฟที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 45 60 และ 90 องศา จากผลการทดลองพบว่ามุมของรูตะแกรงกระจายลมจะส่งผลต่อค่า SEC โดยมุมของรูตะแกรงกระจายลมที่ 60 องศา จะมีค่า SEC น้อยที่สุด ซึ่งแตกต่างจากค่า SEC ของรูตะแกรงกระจายลมที่มุม 45 และ 90 องศา อย่างมีนัยสำคัญทั้งในรูปแบบเมล็ดกาแฟสดและเมล็ดสารกาแฟ ซึ่งค่า SEC ที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 60 องศา มีค่าแตกต่างจากมุมของรูตะแกรงกระจายลม 45 และ 90 องศา เป็นผลมาจากความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชันของเมล็ดกาแฟสดและเมล็ดสารกาแฟ (Table 2) มุมของรูตะแกรงกระจายลม 60 องศา ทั้งในรูปแบบเมล็ดกาแฟสดและเมล็ดสารกาแฟมีค่าความเร็วลมต่ำสุดต่ำกว่ามุมของรูตะแกรงกระจายลมอื่นๆ จึงทำให้ค่า SEC ที่มุมของรูตะแกรงกระจายลม 60 องศา น้อยกว่ามุมของรูตะแกรงกระจายลมอื่นๆ

สรุปผล

มุมของรูตะแกรงกระจายลมไม่ส่งผลต่อความดันตกคร่อมแต่ส่งผลต่อความเร็วลมต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะอย่างมีนัยสำคัญโดยมุมของรูตะแกรงกระจายลมที่ 60 องศา มีความเร็วลมในการเกิดฟลูอิไดเซชันต่ำที่สุด และจะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะต่ำสุด โดยสามารถลดค่า SEC ลงได้ประมาณ ร้อยละ 19-23 เมื่อเทียบกับมุมของรูตะแกรงกระจายลมที่ 45 และ 90 องศา รูปแบบของเมล็ดกาแฟไม่ส่งผลต่อความเร็วลมในการเกิดฟลูอิไดเซชัน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะแต่ส่งผลต่อความดันตกคร่อมอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความดันตกคร่อมของเมล็ดกาแฟสดมีค่าต่ำกว่าเมล็ดสารกาแฟ

เอกสารอ้างอิง

ปิยะพงษ์ วงศ์ขันแก้ว และวีรยุทธ หล้าอมรชัยกุล, 2555, การใช้เทคนิคทางด้านพลศาสตร์ของไหลสำหรับเปรียบเทียบการความเร็วการไหลของลม ภายในห้องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบด, การประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 9 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

พลรัชต์ บุญมี วรวิทย์ วรนาวิน และทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี, 2553, เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า, รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

วรเมธ ทัดทอง เมธี ใบงาม และพงษ์เจต พรหมวงศ์, 2547, แบบจำลองการอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18 ณ จังหวัดขอนแก่น.

ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์ ณัฐพล แสนคำวงษ์ รณชัย โคตรสาขา และอุเทน สุวิชา, 2553, ผลของน้ำหนักของวัสดุที่มีต่อการเกิดฟลูอิไดเซชัน, การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมศาสตร์ครั้งที่ 1 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

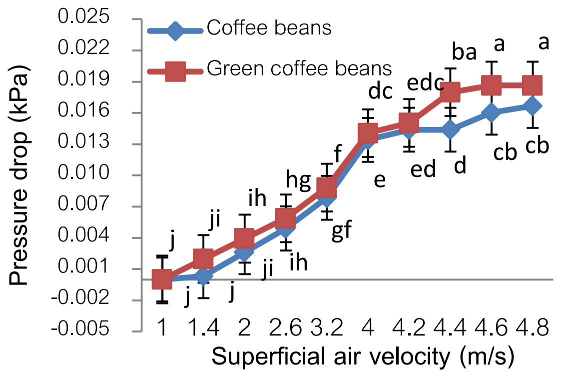
Ghaly, A.E., Ergudenler, A. and Ramakrishnan, V.V., 2015, Effect of Distributor Plate Configuration on Pressure Drop in a Bubbling Fluidized Bed Reactor, Advances in Research, 3: 251-268.

Table 1 The physical properties of coffee bean and green coffee bean.

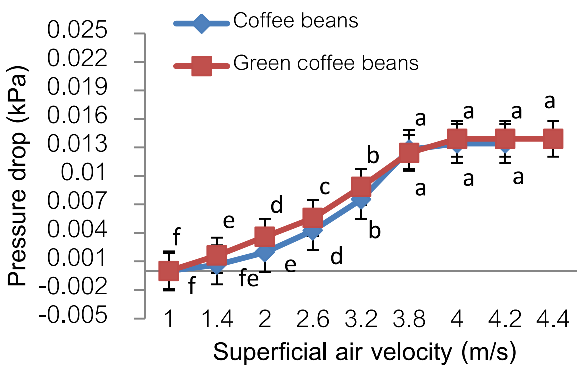
Form	Moisture content (% w.b.)	Weight at bed height of 5 cm (kg)	Porosity	Equivalent diameter (mm)
Coffee bean	60.00±0.96^a	0.97±0.00^b	0.65±0.03^a	12.5±0.23^a

528 coffee bean	59.33±0.57[a]	0.99±0.01[a]	0.55±0.29[b]	5.11±0.35[b]

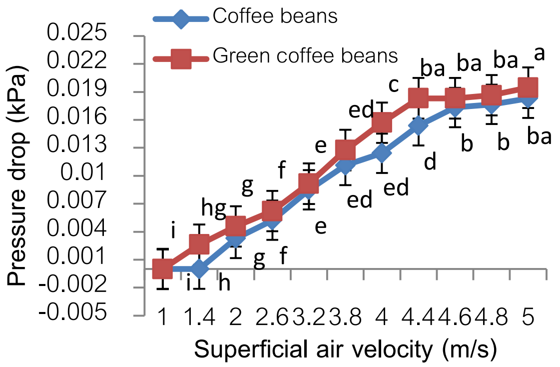
[a-e] Means in the same column with different superscripts are significantly difference ($p<0.05$)



(a) 45°



(b) 60°



(c) 90°

Figure 1 Change of pressure drop of coffee bean and green coffee bean at various hole angle of distributor

Table 2 The V_m and V_i of coffee bean and green coffee bean at various hole angle of distributor

Form	Hole angle (Degree)	Initial velocity (V_i; m/s)	Minimum velocity (V_m; m/s)
Coffee bean	45	3.63±0.06[a]	4.2±0.0[a]
	60	3.33±0.06[b]	3.9±0.1[b]
	90	3.56±0.06[a]	4.1±0.1[a]
Green coffee bean	45	3.66±0.06[a]	4.3±0.1[a]
	60	3.53±0.06[b]	4.0±0.0[b]
	90	3.66±0.06[a]	4.3±0.1[a]

[a, b] Means in the same column with different superscripts are significantly difference ($p<0.05$)

Table 3 The SEC of coffee bean and green coffee bean at various hole angle of distributor

Form	Hole angle (Degree)	SEC (kWh/kg)
Coffee bean	45	6.73±0.14[a]
	60	5.64±0.52[b]
	90	6.75±0.77[a]
Green coffee bean	45	6.97±0.09[a]
	60	5.81±0.24[b]
	90	7.15±0.20[a]

[a, b] Means in the same column with different superscripts are significantly difference ($p<0.05$)

กิจกรรมต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากดอกกระเจี๊ยบแดงสด (*Hibiscus subdariffa* L.)

Antimicrobial Activity of Crude Extracts from Fresh Roselle Calyx (*Hibiscus subdariffa* L.)

อรอง จันทร์ประสาทสุข[1] ณัฐธิดา จักรี[1] และ ทรงศักดิ์ ปกรณ์กิจพานิช[1]
Chanprasartsuk, O.[1], Jakkri, N.[1] and Pakornkitpanit, S.[1]

Abstract

The in vitro inhibitory effect on the growth of *Escherichia coli* TISTR 780 and *Staphylococcus aureus* TISTR 1466 of crude extracts from fresh roselle calyx with five extraction methods, and their total phenolic contents were studied. The data from inhibition zone and minimum inhibitory concentration (MIC) values indicated that all crude extracts could inhibit effectively the growth of both test bacterial pathogens ($p \leq 0.05$). Furthermore, the high temperature of hot water extraction affected the antibacterial activity of crude extracts against both test pathogens. The lowest minimal inhibitory concentration of crude extract from fresh roselle calyx with 95% ethanol against *Staphylococcus aureus* TISTR 1466 was 25 mg/ml. Total phenolic contents of all crude extracts were ranged at 24.69±0.26 to 38.65±1.61 mg gallic acid/g sample. These crude extracts of roselle calyx could be applied as natural preservative for safety food preservation.

Keywords: antimicrobial activity, crude extract, phenolic contents, roselle

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Escherichia coli* TISTR 780 และ *Staphylococcus aureus* TISTR 1466 และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงสดด้วยวิธีการสกัด 5 วิธี ผลการทดสอบ พบว่า สารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงจากทุกวิธีการสกัดสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสองสายพันธุ์ได้ ($p \leq 0.05$) และพบว่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้สกัดมีผลต่อกิจกรรมต้านการเจริญของสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงต่อจุลินทรีย์ทั้งสองสายพันธุ์ ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* TISTR 1466 ของสารสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงจากทุกตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ระหว่าง 24.69±0.26 ถึง 38.65±1.61 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด ซึ่งอาจสามารถเป็นแนวทางในการนำสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงสดมาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุกันเสียธรรมชาติสำหรับการถนอมอาหารให้ปลอดภัยได้

คำสำคัญ: กิจกรรมต้านจุลินทรีย์ สารสกัดหยาบ สารประกอบฟีนอลิก กระเจี๊ยบแดง

คำนำ

กระเจี๊ยบแดง (roselle; *Hibiscus sabdariffa* L.) เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดจากทวีปแอฟริกาตะวันตกและเพาะปลูกได้ทั่วไปในประเทศเขตร้อน เช่น มาเลเซีย และอินเดีย รวมถึงประเทศไทย กลีบดอกกระเจี๊ยบแดงนั้นเป็นที่นิยมนำมาใช้เป็นอาหารหรือส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มต่างๆ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้เป็นแหล่งสีผสมอาหารจากธรรมชาติและส่วนผสมในเครื่องสำอาง รวมทั้งในทางเภสัชวิทยาด้วย (Mazz และ Miniati, 1993) ดอกกระเจี๊ยบแดงสดเป็นแหล่งของสารสำคัญชนิดต่างๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามิน ลิพิด แร่ธาตุ และสารพฤกษเคมีทุติยภูมิ (secondary phytochemical compounds) เช่น น้ำมันหอมระเหย (essential oils) และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ต่างๆ เช่น chlorogenic acid, quercetin, myricetin, caffeic acid, syringic acid, campherol และgallic acid เป็นต้น (Mourtzinos และคณะ, 2008) ซึ่งมีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้มีสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยสามารถทำให้เซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ โปรตีนและกรดนิวคลีอิก ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ป้องกันการสร้างสารเมตาบอไลต์และทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ (Cowan, 1999) การสกัดสารสำคัญจากพืชและสมุนไพรด้วยวิธีการที่แตกต่างกันนั้นจะส่งผลให้สารที่สกัดได้มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน (Cisse และคณะ, 2011) และอาจส่งผลต่อสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันด้วย การบริโภคเครื่องดื่มที่ทำจากดอกกระเจี๊ยบแดงโดยทั่วไปนั้นนิยมใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ม.บูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131 ประเทศไทย
[1] Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saensuk, Muaeng, Chonburi 20131 THAILAND

(infusion) เช่น ชาดอกกระเจี๊ยบ หรือการหมักเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (Fermentation) จากดอกกระเจี๊ยบ เช่น ไวน์กระเจี๊ยบ ก็จัดว่าเป็นการใช้ตัวทำละลายผสมของน้ำและแอลกอฮอล์จากธรรมชาติที่ถูกผลิตขึ้นโดยยีสต์ในระหว่างการหมัก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงสดที่ได้จากการสกัดเลียนแบบวิธีการบริโภคเครื่องดื่มจากดอกกระเจี๊ยบแดงโดยใช้การสกัดตัวทำละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง น้ำเดือด และเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ การหมักมาสกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 5 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30–31 °C) น้ำเดือด (ประมาณ 100 °C) และเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ระยะเวลาการสกัดเท่ากันนาน 3 นาที การหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และการคั้นสด โดยควบคุมอัตราส่วนของปริมาณดอกกระเจี๊ยบปั่นและตัวทำละลายให้เท่ากันทุกการทดลอง จากนั้นนำสารสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงที่ได้มาระเหยแยกตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิ 50 °C ภายใต้สภาวะสูญญากาศ (LABO ROIA SG 320, ประเทศเยอรมนี) จนกระทั่งไม่มีตัวทำละลายระเหยออกมา บรรจุสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงลงในขวดแก้วทึบแสงและเก็บที่อุณหภูมิ -20 °C จนกระทั่งนำไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

2. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคของสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดง

เตรียมสารละลายสารสกัดหยาบที่ได้จากข้อ 1 ให้มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้ปราศจากเชื้อโดยกรองผ่าน syringe filter ขนาด 0.45 ไมครอน แล้วนำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค *E. coli* TISTR 780 และ *S. aureus* TISTR 1466 ด้วยวิธี agar well diffusion (อ้างใน นัยนา และสุริยา, 2552) และหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (minimal inhibitory concentration; MIC) ด้วยวิธี broth dilution (อ้างใน อมรรัตน์ และคณะ, 2550)

3. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดง

เตรียมสารละลายสารสกัดหยาบที่ได้จากข้อ 1 ให้มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้ปราศจากเชื้อโดยกรองผ่าน syringe filter ขนาด 0.45 ไมครอน แล้วนำไปหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin Ciocalteu โดยเปรียบเทียบกับกรดแกลลิกมาตรฐาน (Kaur และ Kapoor, 2002) คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมตัวอย่าง) จากสมการ

$$\text{ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด} = (A(\mu g/ml)\times B(ml)\times 125)/(C(g))$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นของกรดแกลลิกจากกราฟมาตรฐาน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

C = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

125 = Dilution factor

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 17

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงที่ได้มาทดสอบผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 780 และ *S. aureus* TISTR 1466 ด้วยวิธี agar well diffusion พบบริเวณใสเกิดขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อดัง Table 1 โดยสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* TISTR 1466 ได้มากกว่า *E . coli* TISTR 780 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สารสกัดหยาบที่ได้จากการคั้นสดสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งสองสายพันธุ์ได้ใกล้เคียงกัน ส่วนสารสกัดหยาบที่ได้จากการหมักมีความสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ต่ำสุดโดยพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของ *E .coli* TISTR 780 ได้มากกว่า *S. aureus* TISTR 1466 การที่สารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงสามารถยับยั้งการเจริญของ *E .coli* TISTR 780 และ *S. aureus* TISTR 1466 ได้อาจเนื่องมาจากในสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีรายงานว่าเป็นกลุ่มสารที่มีสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Cowan, 1999) สารประกอบฟีนอลิกที่พบมากในดอกกระเจี๊ยบแดงได้แก่ phenolic acids, flavonoids, anthocyanidin และ anthocyanin (Borrás-Linares และคณะ, 2015) ซึ่งในบรรดาสารต่างๆ เหล่านี้ พบว่า anthocyanidin และ anthocyanin เป็นสารในกลุ่มพอลีฟีนอลที่พบในดอกกระเจี๊ยบแดงมากที่สุด (Somaatmadja และคณะ, 1964) และเป็นสารที่มีสมบัติต้านการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยกลไกการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อาจเกิดจากสารในกลุ่มนี้มีโครงสร้างของสารประกอบที่เป็น double-ring benzopyran มีประจุบวกทำให้ไวต่อการเกิดคีเลต (chelate) ของโลหะอิออน ซึ่งจะมีผลไปรวมตัวกับหมู่ซัลไฟดริล (sulfydryl) ของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานของ

แบคทีเรีย เมื่อเอนไซม์ถูกยับยั้งการทำงาน จึงมีผลในการยับยั้งการเจริญของเซลล์ ทำให้เซลล์ตายในที่สุด นอกจากนี้ในดอกกระเจี๊ยบแดงยังประกอบด้วยกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ จำนวนมาก เช่น hibiscus acid และ citric acid ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยมีผลไปลดค่า pH ทำให้รบกวนการส่งสารผ่านเข้าออกผนังเซลล์ และไปทำลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงาน (Naidu, 2000)

Table 1 Inhibition effect of different roselle crude extracts on *E. coli* TISTR 780 and *S. aureus* TISTR 1466

Extraction methods	Inhibition zones (mm)	
	E. coli TISTR 780	*S. aureus* TISTR 1466
Ambient temperature water	$15.42 \pm 0.57^{a,B}$	$17.41 \pm 0.96^{a,A}$
Boiling water	$14.49 \pm 0.21^{b,B}$	$16.11 \pm 0.35^{ab,A}$
95% ethanol	$14.60 \pm 0.16^{b,B}$	$16.47 \pm 0.34^{a,A}$
Squeezing	$14.49 \pm 0.11^{b,A}$	$14.61 \pm 1.58^{b,A}$
Yeast fermentation	$6.20 \pm 0.20^{c,A}$	$6.00 \pm 0.00^{c,A}$

$^{a, b, c}$ Means within a column showing the same small letter are not significantly different ($p \leq 0.05$)

$^{A, B}$ Means within a row showing the same small letter are not significantly different ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์หาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* TISTR 780 และ *S. aureus* TISTR 1466 ของสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงด้วยวิธี broth dilution (Table 2) พบว่า ค่า MIC ของทั้ง *E. coli* TISTR 780 และ *S. aureus* TISTR 1466 ของสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำเดือด การคั้นสด และการหมัก มีค่าเท่ากับ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สำหรับสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องมีค่า MIC ของทั้ง *E. coli* TISTR 780 และ *S. aureus* TISTR 1466 เท่ากับ 50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วนสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า MIC ของ *E. coli* TISTR 780 และ *S. aureus* TISTR 1466 เท่ากับ 50 และ 25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

Table 2 Minimal inhibitory concentration (mg/mL) of different roselle crude extracts

Extraction methods	Bacterial strains	
	E. coli TISTR 780	*S. aureus* TISTR 1466
Ambient temperature water	50 ± 0.0	50 ± 0.0
Boiling water	100 ± 0.0	100 ± 0.0
95% ethanol	50 ± 0.0	25 ± 0.0
Squeezing	100 ± 0.0	100 ± 0.0
Yeast fermentation	100 ± 0.0	100 ± 0.0

ค่า MIC ของสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงที่ได้สอดคล้องกับผลการทดสอบการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ด้วยวิธี agar well diffusion โดยพบบริเวณใสของ *E. coli* TISTR 780 หรือ *S. aureus* TISTR 1466 ที่ความเข้มข้นของสารละลายสารสกัดหยาบเท่ากับ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในทุกวิธีการสกัด และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยเปรียบเทียบกับกรดแกลลิกมาตรฐาน พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด และการคั้นสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสารสกัดหยาบดอกกระเจี๊ยบแดงที่ได้จากการหมักมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าสารสกัดด้วยวิธีอื่น (Table 3) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในระหว่างการสัดสารนั้น อาจมีสารประกอบอื่นๆ เช่น สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ และสารประกอบอื่นๆ ถูกสกัดออกมาด้วย ซึ่งจะต้องนำสารสกัดที่ได้จากแต่ละวิธีนี้มาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของการสกัดที่ได้จากแต่ละวิธีให้มากขึ้น

Table 3 Total phenolic content of different crude roselle extracts

Extraction methods	Total phenolic contents (mg of gallic acid/g of sample)

Ambient temperature water	38.65 ± 1.61[a]
Boiling water	38.42 ± 5.79[a]
95% ethanol	36.42 ± 2.08[a]
Squeezing	34.11 ± 5.21[a]
Yeast fermentation	24.69 ± 0.26[b]

[a, b] Means showing the same small letter are not significantly different ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

การสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสองสายพันธุ์ได้ใกล้เคียงกับสารสกัดที่ได้จากเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่าการสกัดด้วยน้ำเดือด ถึงแม้ว่าสารสกัดที่ได้จากการหมักดอกกระเจี๊ยบจะแสดงบริเวณการยับยั้งของแบคทีเรียก่อโรคทั้งสองสายพันธุ์ต่ำที่สุด แต่พบว่ามีค่า MIC เท่ากันกับการสกัดด้วยน้ำเดือดและการคั้นสด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงสดที่แตกต่างกันนั้นส่งผลต่อความสามารถการยับยั้งของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสองสายพันธุ์ด้วย อย่างไรก็ตาม ยังต้องมีการศึกษาโดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการสกัดแต่ละวิธี และชนิดของสารพฤกษเคมีสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของสารสกัดด้วยวิธีต่างๆ เพิ่มเติมต่อไป ผลการทดลองที่ได้นี้สามารถเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคเลือกใช้วิธีการสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงเพื่อให้ได้เครื่องดื่มดอกกระเจี๊ยบแดงที่มีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างสูงสุด นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อพัฒนาสารสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงสดมาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุกันเสียธรรมชาติสำหรับการถนอมอาหารให้ปลอดภัย และลดใช้สารเคมีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหารได้

เอกสารอ้างอิง

นัยนา ต่างใจ และ สุริยา ฤธาทิพย์, 2552, ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดของสารสกัดจากหมากนวล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, กรุงเทพฯ, 40(3) (พิเศษ): 53-56.

อมรรัตน์ สีสุกอง, กัลยาภรณ์ จันตรี, ศรีสุดา หาญภาคภูมิ, นาฏลดา อ่อนวิมล และ ทิฐิมา นวลบุญ, 2550, การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัชพืชท้องถิ่นในจังหวัดนนทบุรี, โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

Borrás-Linares, I., Fernández-Arroyo, S., Arráez-Roman, D., Palmeros-Suárez, P.A., Del Val-Díaz, R., Andrade-Gonzáles, I., Fernández-Gutiérrez, A., Gómez-Leyva, J.F. and Segura-Carretero, A., 2015, Characterization of Phenolic Compounds, Anthocyanidin, Antioxidant and Antimicrobial Activity of 25 Varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*), Industrial Crops and Products, 69: 385–394.

Cisse, M., Vaillant, F., Kane, A., Ndiayea, O. and Dornierb, M., 2012, Impact of the Extraction Procedure on the Kinetics of Anthocyanin and Colour Degradation of Roselle Extracts during Storage, Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(6): 1214-1221.

Cowan, M.M., 1999, Plant Products as Antimicrobial Agents, *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4): 564-582.

Kaur, C. and Kapoor, H.C., 2002, Anti-oxidant Activity and Total Phenolic Content of some Asian Vegetables, International Journal of Food Science and Technology, 37: 153-161.

Mourtzinos, I., Makris, D.P., Yannakopoulou, K., Kalogeropoulos, N., Michali, I. and Karathanos, V.T., 2008, Thermal Stability of Anthocyanin Extract of *Hibiscus sabdariffa* L. in the Presence of β-Cyclodextrin, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 10303-10310.

Mazz, G. and Miniati, E., 1993, Anthocyanins in Fruits, Vegetables, and Grains, Boca Raton, London: CRC Press.

Naidu, A.S., 2000, Overview in Natural Food Antimicrobial System, edited by Naidu, A.S. New York: CRC press. pp. 1-14.

Somaatmadja, D., Powers, J.J. and Handy, M.K., Anthocyanins, 1964, VI. Chelation Studies on Anthocyanins and other Related Compounds, Journal of Food Protection, 56: 406-409.

สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำเคพกูสเบอร์รี่

Physiochemical and Antioxidant Properties of Cape Gooseberry Juice

ภัชรี สิทธิกิจโยธิน[1] พรชัย เหลืองบริสุทธิ์[1] และ วิจิตรา บำรุงนอก[1]

Sittikityotin, P.[1], Luangborisut, P.[1] and Bomrungnok, W.[1]

Abstract

This research aimed to determine the methods for antioxidant determination including diphenyl-picryhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, ABTS radical cation decolorization assay and study the correlation of antioxidant such as beta-carotene, vitamin A, vitamin C in Cape Gooseberry juice. Results showed that the nutritional value of 100 mL Cape Gooseberry juice contained vitamin B1 0.032 mg, vitamin C 19.36 mg, ashes 3.88 g, calories 41.96 kcal, calories from fat 1.44 kcal, carbohydrate 9.54 g, fat 0.16 g, moistness 93.52 g, protein 0.59 g, undetected niacin or vitamin B3, beta-Carotene 374 µg. The extracts were tested by $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ assay. The high concentrate of Cape gooseberry showed high antioxidant activity and the percentage of inhibition ranged from 66.19±0.33 to 86.89±0.43 when using the same concentration (40 g/mL). The anti-oxidative activity test had an effective concentration of 50% (EC_{50}) when compared with the standard solution of ascorbic acid results that showed activity of 30.06 and 14.54 g/mL, respectively.

Keywords: beta-carotene, DPPH, ABTS, EC_{50} values

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดย DPPH radical scavenging และ ABTS radical cation และศึกษาความสัมพันธ์ของกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระ (เบต้า-แคโรทีน วิตามินเอ วิตามินซี) ในเคพกูสเบอร์รี่ จากผลการทดสอบคุณค่าทางอาหาร ปริมาณเปรียบเทียบ 100 มิลลิลิตร พบวิตามิน บี1 0.032 มิลลิกรัม วิตามินซี 19.36 มิลลิกรัม เถ้า 3.88 กรัม แคลอรี่ 41.96 กิโลแคลอรี่ แคลอรี่จากไขมัน 1.44 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต 9.54 กรัม ไขมัน 0.16 กรัม ความชื้น 93.52 กรัม โปรตีน 0.59 กรัม ตรวจไม่พบไนอะซินหรือวิตามิน บี3 สำหรับปริมาณเบต้า-แคโรทีน พบ 374 ไมโครกรัม เมื่อทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดโดย $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ พบว่าปริมาณความเข้มข้นของเคพกูสเบอร์รี่มากจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น เท่ากับ 66.19±0.33 ถึง 86.89±0.43 เมื่อใช้สารสกัดที่ความเข้มข้นเดียวกัน (40 กรัมต่อมิลลิลิตร) การตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถต้านการเกิดออกซิเดชันลดลงได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (EC_{50}) เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก มีค่าเท่ากับ 30.06 และ 14.54 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: เบต้า-แคโรทีน ดีพีพีเอช เอบีทีเอส EC_{50}

คำนำ

เคพกูสเบอร์รี่ (Cape gooseberry) หรือ “โทงเทงฝรั่ง” เป็นหนึ่งในผลผลิตจากงานส่งเสริมและพัฒนาไม้ผลขนาดเล็กของมูลนิธิโครงการหลวง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Physalis peruviana* L. (Fischer และคณะ 2011) ผลเคพกูสเบอร์รี่มีลักษณะกลมเกลี้ยง ผิวเรียบเป็นมัน เมื่อผลสุกมีลักษณะสีเหลืองอมส้มกลีบเลี้ยงที่ห่อหุ้มเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าว เนื้อผลแทรกด้วยเมล็ดสีเหลืองเล็กๆ ประมาณ 100-300 เมล็ด เนื้อมีรสหวานอมเปรี้ยว ผลเคพกูสเบอร์รี่สดพบว่าเป็นแหล่งธรรมชาติที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) ซึ่งประกอบไปด้วยวิตามินซี โปรวิตามิน เอ (เบต้า-แคโรทีน) เกลือแร่ วิตามิน-บีคอมเพล็กซ์และสารพวกพอลิแซคคาไรด์ต่างๆ สารเหล่านี้เมื่อถูกเมแทบอไลต์ไปในร่างกายมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ยับยั้งการเจริญเติบโตของไวรัสและแบคทีเรีย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ (Amsterdam และคณะ 1992; Amao และคณะ 2001; Otakar และคณะ 2012; Vilbett และคณะ, 2013) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในการทดสอบ โดยสารตัวอย่างที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถทำปฏิกิริยากับ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ ศึกษาความสัมพันธ์ของกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ เบต้า-แคโรทีน วิตามินเอ วิตามิน ซี และตรวจสอบคุณค่าทางอาหารได้แก่ ไนอะซิน วิตามิน บี 1 เถ้า แคลอรี่ แคลอรี่จากไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ความชื้น โปรตีน และแร่ธาตุ เพื่อพัฒนาสารสกัดจากเคพกูสเบอร์รี่ที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ทางการแพทย์ อาหาร เครื่องสำอาง และทางอุตสาหกรรม

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1]School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce 126/1 Vibhavadee Rangsit Road, Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

แหล่งของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสกัดแยกอย่างหยาบได้จากผลเคพกูสเบอร์รี่ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจากร้านมูลนิธิโครงการหลวง โดยนำมาวิจัยทดลองเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2558 จำนวน 10 กิโลกรัม

การเตรียมน้ำผลไม้เคพกูสเบอร์รี่

นำผลเคพกูสเบอร์รี่สุกจำนวน 8.40 กิโลกรัม นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นแยกกาก (Moulinex Tefal, S/N 4309; China) กรองเอากากทิ้งด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง หลังจากนั้นนำส่วนที่เป็นน้ำจำนวน 5 ลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี (Kjeldahl, 1883) In-house method TE-CH-042 Based on AOAC(2012), 981.10

การตรวจสอบคุณค่าทางอาหาร

เบต้า-แคโรทีน วิธีทดสอบอ้างอิงจาก Based on AOAC (1997) ไนอะซิน Based on AOAC (1993)

วิตามิน บี 1 วิธีทดสอบอ้างอิงจาก In-house method TE-CH-057 Based on AOAC, (2012) 942.23

วิตามิน ซี วิธีทดสอบอ้างอิงจาก Compendium of method for Food Analysis(2003) p2-112 to 2-114

เถ้า วิธีทดสอบอ้างอิงจาก AOAC (2000), 942.05

แคลอรี่ แคลอรี่จากไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิธีทดสอบอ้างอิงจาก In-house method TE-CH-169 Based on Compendium of method for Food Analysis Thailand, 1st Edition (2003)

ไขมัน 922.06 ความชื้น 925.45(A) ฟอสฟอรัส 986.24 วิธีทดสอบอ้างอิงจาก AOAC, (2012)

เหล็ก สังกะสี โพแทสเซียม In-house method TE-CH-134 Based on AOAC, (2012), 999.10 by ICP-OES

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Amsterdam และคณะ, 1992)

วิธีการเตรียมสาร 1.100 μM DPPH ชั่ง DPPH 0.0195 g เติม ethanol 99% ปรับปริมาตรให้ได้ 500 mL

2.10 mM ascorbic acid ชั่ง 0.2 g เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 mL

นำน้ำเคพกูสเบอร์รี่ มีโปรตีน 0.59 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร มาวัดการต้านอนุมูลอิสระ DPPH˙ โดยนำมา 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่ปิดสนิทด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ เติมสารละลาย 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ที่ความเข้มข้น 100 μM ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนคลื่นแสงที่ 517 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ **ดังสมการ

Inhibitory activity(%) = $(A_C - A_{CB}) – (A_S - A_{SB}) / (A_C - A_{CB})$ X 100

A_C = Control (Solute+DPPH)

A_{CB} = Control (Solute)

A_S = Sample (Sample+DPPH)

A_{SB} = Sample (Sample+Solute)

** ผลการทดลองคำนวณเป็นค่า EC 50 โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับวิตามิน ซี ซึ่งเป็น positive control ในการทดลอง

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (Arnao และคณะ, 2001)

การตรวจสอบการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (2,2-azinobis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) เป็นวิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระ $ABTS^{\cdot+}$ เนื่องจากสีของ ABTS ปกติมีค่าการดูดกลืนแสงสูงจึงต้องทำการเจือจางด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์จากนั้น นำไปทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างที่ละลายด้วยเอทานอลเจือจางทำให้สีจางลง และตั้งทิ้งไว้ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา การคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ $ABTS^{\cdot+}$ เช่นเดียวกับการคำนวณในวิธี DPPH

ผลการทดลอง

การตรวจสอบคุณค่าทางอาหาร

เมื่อนำน้ำผลไม้เคพกูสเบอร์รี่ไปตรวจวัดปริมาณคุณค่าทางอาหารปริมาณเปรียบเทียบ 100 มิลลิลิตร พบวิตามิน บี1 0.032 มิลลิกรัม วิตามินซี 19.36 มิลลิกรัม เถ้า 3.88 กรัม แคลอรี่ 41.9 กิโลแคลอรี่ แคลอรี่จากไขมัน 1.44 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต 9.54 กรัม ไขมัน 0.16 กรัม ความชื้น 93.52 กรัม โปรตีน 0.59 กรัม ตรวจไม่พบไนอะซินหรือวิตามิน บี3

สำหรับปริมาณเบต้า-แคโรทีนพบ 374 ไมโครกรัม ฟอสฟอรัส 42.81 มิลลิกรัม เหล็ก 0.2759 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 347.6933 มิลลิกรัม และสังกะสี 0.1093 มิลลิกรัม ดังแสดงใน Table 1

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH$^{\cdot}$ และ ABTS$^{\cdot+}$

จากการศึกษา พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเคพกูสเบอร์รี่เพิ่มขึ้นจะมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทั้งสองวิธี โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 66.19±0.33 และ 86.89±0.43 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Table 2 ที่ใช้สารสกัดความเข้มข้นเดียวกัน (40 กรัมต่อมิลลิลิตร) การตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ความเข้มข้นของอนุมูลอิสระลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ (EC_{50}) โดยพิจารณาจากค่าที่มีค่าน้อยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจสอบด้วยวิธีต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก มีค่าเท่ากับ 30.06 และ14.54 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 3

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการตรวจหาปริมาณสารอาหารแต่ละชนิดในน้ำผลไม้เคพกูสเบอร์รี่ พบว่าสารอาหารในกลุ่มวิตามินที่ตรวจพบ มีปริมาณของวิตามิน ซี สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 19.36 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เบต้า-แคโรทีนพบ 0.374 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร โดยจะมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคชนิดต่างๆ วิตามิน บี1 0.032 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ส่วนในการตรวจสารอาหารชนิดอื่นๆ พบว่ามีปริมาณความชื้นสูงที่สุด รองลงมาอยู่ในกลุ่มของสารคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงาน ส่วนที่เป็นแร่ธาตุสารอาหารหลัก(Macronutrient) ได้แก่ โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส พบโพแทสเซียมมีอยู่ในปริมาณสูง 347.69 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร สารอาหารรอง(Micronutrients) ได้แก่ เหล็ก และสังกะสี ทั้งหมดมีผลต่อสุขภาพ อวัยวะและระบบการทำงานของร่างกาย โพแทสเซียม มีผลต่อความดันเลือดการทำงานของหัวใจ ระบบอิเล็กโทรไลต์ ระบบกล้ามเนื้อ เมแทบอลิซึมของกรด-เบส ซึ่งลดการเกิดนิ่วในไต ฟอสฟอรัสมีผลต่อกระบวนการทำงานต่างๆของเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ได้แก่กระบวนการไกลโคไลซีส การสังเคราะห์ดีเอนเอ อาร์เอนเอ การสังเคราะห์ฟอสฟอลิพิด เหล็กมีผลต่อการสร้างเม็ดเลือด การขนส่งโปรตีนและการทำงานของเอนไซม์ สังกะสีมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์มากกว่า 200 ชนิดในระบบเมแทบอลิซึมของร่างกายรวมถึงระบบภูมิคุ้มกันและยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของการต้านอนุมูลอิสระ สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะมีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำผลไม้เคพกูสเบอร์รี่ และเมื่อเปรียบเทียบจากการตรวจสอบทั้ง 2 วิธี ค่า EC_{50} โดยการตรวจสอบวิธี DPPH จะมีค่าเป็น 2 เท่า ของการตรวจสอบโดยวิธี ABTS (ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30.06, 14.54 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) จากการทดลองครั้งนี้น้ำผลไม้เคพกูสเบอร์รี่ยังไม่มีฤทธิ์แรงเท่ากับ วิตามิน ซี ที่เป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวก (positive control) โดยดูจากค่า EC_{50} ทั้งสองวิธีซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.68, 0.89 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีรายงานจากสถาบัน Institute of medicine of the National academy of Sciences ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Vilbett และคณะ, 2013) ผู้ใหญ่ที่มีอายุระหว่าง 31-50 ปี ผู้ชายควรได้รับวิตามิน ซี อย่างน้อย 90 มิลลิกรัมต่อวัน ผู้หญิงควรได้รับวิตามิน ซี อย่างน้อย 75 มิลลิกรัมต่อวัน หรือจากผลการวิจัยนี้ควรบริโภคผลไม้เคพกูสเบอร์รี่ให้ได้ประมาณ 600-700 กรัมต่อวัน คุณสมบัติเช่นนี้นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและทางการแพทย์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงษ์ พินิจกลาง และผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชนี ไสยประจง ที่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

Amsterdam, van, F.T., Roveri, A., Maiorino, M., Ratti, E. and Ursini, F., 1992, Lacidipine: a Dihydropyridine Calcium Antagonist with Antioxidant Activity, Free Radical Biology and Medicine, 12: 183-187.

Arnao, M.B., Cano, A., Acosta, M., 2001, The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity, Food Chemistry 73, 239–244.Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2012, “Official Methods of Analysis”, Washington DC.

Fischer, G., Herrera, A., Almanza, P.J., 2011, Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) In: Yahia, E.M. (ed.), Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, Vol. 2, Acai to Citrus, Woodhead Publishing, Oxford,UK, pp. 374-396.

Kjeldahl, J., 1883, "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in Organischen Körpern" (New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Substances), Zeitschrift für Analytische Chemie, 22(1): 366-383.

Otakar, R., Jiri, M., Tunde, J. and Magdalena, V., 2012, Bioactive Content and Antioxidant Capacity of Cape Gooseberry Fruit, Journal of Biology, 672-678.

Vilbett, B.L., Claudia, G.V., Paola, F. A., 2013, Extraction of β-Carotene, Vitamin C and Antioxidant Compounds from *Physalis peruviana* (Cape Gooseberry) Assisted by Hydrostatic Pressure, Journal of Food and Nutrition Sciences, 4, 109-118.

Table 1 Nutritional values of Cape Gooseberry.

Nutrient	The research revealed the nutritional values of 100 ml
Beta-carotene	374 μg
Niacin	no
Vitamin B_1	0.032 mg
Vitamin C	19.36 mg
Ash	3.88 g
Calories	41.96 Kcal
Calories from Fat	1.44 Kcal
Carbohydrate	9.54 g
Fat	0.16 g
Moisture	93.52 g
Protein	0.59 g
Phosphorus as P_2O_5	42.81 mg
Iron	0.2759 mg
Potassium	347.6933 mg
Zinc	0.1093 mg

Table 2 Antioxidant activities of Cape gooseberry.

Cape gooseberry concentration (g/ml)	Inhibition of DPPH (%)	Inhibition of ABTS (%)
5	11.99±0.33	27.84±0.37
10	16.34±0.91	37.88±0.94
20	36.92±0.43	61.47±3.17
30	51.75±0.43	86.55±0.60
40	66.19±0.33	86.89±0.43

Table 3 EC_{50} of antioxidant activities from Cape gooseberry compares with Ascorbic acid.

Radical-scavenging effects	EC_{50} of antioxidant activities	
	Cape gooseberry concentration (g/ml)	Ascorbic acid (mg/ml)
DPPH radical-scavenging effects	30.06	0.68
ABTS radical-scavenging effects	14.54	0.89

การชักนำให้เกิดแผลบนผิวเปลือกหุ้มเมล็ดบัวอุบลชาติออสเตรเลียบางชนิดด้วยน้ำส้มสายชู

Seed Coat Scarification of some Australian *Nymphaea* species by Vinegar

อิศราพงษ์ แคนทอง[1] และ ภูรินทร์ อัครกุลธร[2]

Khaenthong, I.[1] and Akkarakultron, P.[2]

Abstract

This research was conducted the effect of various concentrations of distilled vinegar containing 5% acetic acid (at 0%, 25%, 50%, and 100% (v/v)) used for breaking seed dormancy of two Australian tropical waterlilies (*Nymphaea gigantea* Hooker. and *Nymphaea atrans* S.W.L.) which they were harvested after 7, 14, 21 and 28 days of fruit ripening. The fresh seeds were used as explants to study the germination rate. After 4 weeks of culture, the incubation of 100% (v/v) distilled vinegar solution gave the highest percentage of seed coat scarification (36.67%) in 28-days harvested seeds of *N. atrans*. The germination rate of 21-days harvested seeds of *N. atrans* was 20%, whereas the result found in 14-days harvested seeds of *N. gigantea* was at 10%. However, the microbial contamination of *in vivo* cultured seeds was found about 10-50%.

Keywords: germination rate, vinegar, scarification, seed dormancy

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้น้ำส้มสายชูกลั่นที่มีส่วนผสมของกรดน้ำส้มร้อยละ 5 ที่ความเข้มข้นต่างกัน(ได้แก่ 0%, 25%, 50%, และ 100% (v/v)) เพื่อใช้ทำลายการพักตัวเมล็ดบัวอุบลชาติเขตร้อนสายพันธุ์ออสเตรเลีย 2 ชนิด (*Nymphaea gigantea* Hooker. และ *Nymphaea atrans* S.W.L.) ที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน หลังจากฝักสุก โดยการใช้เมล็ดสดเป็นชิ้นพืชเพื่อศึกษาอัตราการงอก หลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการใช้สารละลายน้ำส้มสายชูกลั่นที่ความเข้มข้น 100% (v/v) สามารถทำให้เกิดแผลบนผิวเปลือกหุ้มเมล็ดได้สูงสุดถึงร้อยละ 36.67 ในเมล็ดบัว *N. atrans* ที่เก็บมาแล้ว 28 วัน และอัตราการงอกของเมล็ดบัว *N. atrans* ที่เก็บมาแล้ว 21 วัน มีร้อยละ 20 ในขณะที่เมล็ดบัว *N. gigantea* ที่เก็บมาแล้ว 14 วันมีความงอกเพียงร้อยละ 10 แต่อย่างไรก็ตามยังคงพบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ของเมล็ดที่เพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อมปกติได้ถึงประมาณร้อยละ 10-50

คำสำคัญ: อัตราการงอก น้ำส้มสายชู การชักนำให้เกิดแผล การพักตัวของเมล็ด

คำนำ

บัวยักษ์ออสเตรเลีย (*Nymphaea gigantea* Hooker.) จัดเป็นพืชน้ำขนาดใหญ่อายุหลายปีที่มีลักษณะเด่นเฉพาะของดอกสีน้ำเงินแกมขาวและถูกค้นพบโดยคุณ Bidwill และ Hooker ในปี ค.ศ. 1852 ในขณะที่ลักษณะดอกที่สวยงามของบัวยักษ์เอทรานส์จะมีสีกลีบดอกชมพูอ่อนและเข้มขึ้นในการบานของวันถัดไป ต่อมาได้ถูกจัดเข้าสู่วงศ์ Nymphaeaceae ตั้งแต่ ค.ศ. 1992 บัวยักษ์ทั้งสองชนิดนี้จัดเป็นอุบลชาติเขตร้อนบานกลางวัน มีการกระจายตัวของประชากรในธรรมชาติที่พบตั้งแต่ทวีปออสเตรเลียจนถึงเกาะนิวกินี ประเทศอินโดนีเซีย โดยปกติบัวยักษ์ทั้งสองชนิดสามารถขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด แต่มีข้อจำกัดที่สำคัญคือ การพักตัวของเมล็ดบัวยักษ์ทั้งสองชนิดนี้ที่ใช้ระยะเวลาที่นานพอสมควรขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของเมล็ดที่เก็บมาเพาะ จึงเป็นที่มาของการประยุกต์วิธีการทำลายการพักตัวของเมล็ดบัวยักษ์ทั้งสองชนิดนี้ด้วยน้ำส้มสายชู เนื่องจากส่วนประกอบของกรดน้ำส้มที่เจือจางร้อยละ 5 ในน้ำส้มสายชูกลั่น

---

[1] **พิพิธภัณฑ์บัว กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม. 1 ถ. รังสิต-นครนายก ต. คลองหก อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110 ประเทศไทย**

[1] The Lotus and Waterlily Museum, General Administration Division, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Moo 1, Rangsit-Nakhonnayok Road, Klong Hok, Thanyaburi, Pathum Thani, 12110, Thailand.

[2] **สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปผลิตผลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 ถ. พหลโยธิน 87 ซ. 2 ต. ประชาธิปัตย์ อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130 ประเทศไทย**

[2] Agricultural Products Processing Engineering Program, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2, Phaholyothin 87 Road, Soi 2, Prachathipat, Thanyaburi, Pathum Thani, 12130, Thailand.

น่าจะมีความปลอดภัยสำหรับผู้ทำวิจัยในการชักนำให้เกิดแผล (scarification) บนเปลือกหุ้มเมล็ดของบัวยักษ์ทั้งสองชนิดซึ่งมีลักษณะพื้นผิวแข็งที่เป็นร่องขรุขระ การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ได้ถูกกำหนดให้เป็นสองกลไกรวมทั้งตัวอ่อนที่กำหนดและเยื่อหุ้มเมล็ดที่กำหนดเฉย (Adkins และคณะ, 2002) การกระตุ้นเมล็ดก่อนเข้าสู่กระบวนการงอกถือว่าเป็นขั้นสำคัญที่สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ด้วยวิธีการใช้สารเคมี วิธีการทางกายภาพ การใช้ฮอร์โมนพืช เป็นต้น (Kimura และคณะ, 2015) ในปี ค.ศ. 2000 Rehman และ Parkreported ได้รายงานผลการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ที่ความเข้มข้นเจือจาง 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) และการใช้สภาพความชื้นเย็น (moist chilling) สามารถทำลายการพักตัวและกระตุ้นการงอกของเมล็ด goldenrain-tree ได้ เช่นเดียวกันกับการชักนำให้เกิดแผลบนเปลือกผิวเมล็ดด้วยสารเคมีถือเป็นการทำลายผิวเปลือกหุ้มเมล็ดพืชชั้นนอก (lemma) เพื่อให้น้ำและก๊าซออกซิเจนมาสามารถแทรกผ่านเข้าไปในเมล็ดพืชที่กำลังพักตัว ทั้งนี้ประสิทธิภาพสูงสุดของการทำลายการพักตัวของเมล็ดด้วยกรดนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง (Haynes และคณะ, 1997) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการใช้กรดกำมะถัน (H_2SO_4) มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการทำลายการพักตัวทางกายภาพของพืชตระกูลถั่วสายพันธุ์พื้นเมืองจากทะเลทรายอาหรับ (Bhatt และคณะ, 2016) เช่นเดียวกับการแช่เมล็ด *Tylosema esculentum* ในกรดกำมะถันเข้มข้นเป็นเวลา 20 นาทีถือว่าเป็นการทำลายการพักตัวที่ดีที่สุดก่อนนำไปเพาะปลูก (Travlos และคณะ, 2007) เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากการใช้สารเคมีที่รุนแรงระหว่างกระบวนการทดลอง การประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูกลั่นที่มีส่วนประกอบของกรดน้ำส้ม (CH_3COOH) เจือจางร้อยละ 5 ถือว่าเป็นสารเคมีทางเลือกสำหรับการชักนำให้เกิดแผลบนผิวเปลือกหุ้มเมล็ดบัวยักษ์ทั้งสองชนิดนี้ภายใต้สภาพปกติ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เมล็ดบัวอุบลชาติตัวอย่างสายพันธุ์บัวยักษ์ออสเตรเลียและสายพันธุ์เอทรานส์สำหรับงานวิจัยนี้มาจากฝักที่ผสมตัวเองของต้นแม่พันธุ์บัวที่แข็งแรงภายในฝ่ายพิพิธภัณฑ์บัว กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยใช้เมล็ดบัวตัวอย่างที่มีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 7, 14, 21 และ 28 วันหลังจากฝักสุกเต็มที่ ก่อนการทดลองได้ทำความสะอาดเมล็ดบัวด้วยน้ำสบู่อ่อนและล้างด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 3 ครั้งแล้วผึ่งเมล็ดให้แห้งภายใต้สภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ก่อนที่จะนำมาบรรจุใส่ภายในหลอดพลาสติกขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่มีเติมสารละลายน้ำส้มสายชูกลั่นเข้มข้นตั้งแต่ 0%, 25%, 50% และ 100% (v / v) ออกแบบการทดลองโดยกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องและดำเนินการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง ด้วยวิธีการแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) (ดังตารางที่ 1) ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One-way ANOVA และ Dancan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังจากการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าเมล็ดบัวยักษ์เอทรานส์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 28 วัน ที่แช่ในสารละลายน้ำส้มสายชูกลั่นเข้มข้นร้อยละ 100 (ของร้อยละโดยปริมาตร) มีอัตราการเกิดแผลบนผิวเปลือกหุ้มเมล็ดสูงที่สุดถึงร้อยละ 36.67 เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ (ดังรูปที่ 1A) จากการศึกษานี้พบว่าเมล็ดบัวยักษ์ที่เกิดแผลส่วนใหญ่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ โดยพบในเมล็ดบัวยักษ์ออสเตรเลียประมาณร้อยละ 10 และในเมล็ดบัวยักษ์เอทรานส์ประมาณร้อยละ 10 ถึง 50 ตามลำดับ (ดังรูปที่ 1B) ในขณะที่อัตราการงอกของเมล็ดที่เกิดแผลสูงที่สุดพบในเมล็ดบัวยักษ์ออสเตรเลียที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 14 วันที่ร้อยละ10 และ ในเมล็ดบัวยักษ์เอทรานส์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 21 วันที่ร้อยละ 20 (ดังรูปที่ 2A) อย่างไรก็ตามการพักตัวของเมล็ดบัวยักษ์ทั้งสองชนิดยังพบในอัตราที่สูงเช่นเดียวกัน (ดังรูปที่ 2B) เนื่องจากการพัฒนาวิธีการทำลายการพักตัวของเมล็ดพืชถือว่าเป็นเรื่องยากที่จะประเมินผลทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์พืชที่แตกต่างกันไป ในปี ค.ศ. 1997, Afolayan และคณะ รายงานว่าการใช้กรดจิบเบอเรลลิกกับเมล็ด *Helichrysum aureonitens* สามารถกระตุ้นอัตราการงอกสูงสุดได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับวิธีการใช้สารสกัดจากควันน้ำ การชักนำให้เกิดแผลบนผิวเปลือกหุ้มเมล็ดและการแช่น้ำ ในขณะที่การใช้ร่วมกันระหว่างวิธีการชักนำให้เกิดแผลด้วยกรดกำมะถัน กรดจิบเบอเรลลิก ดินประสิว (KNO_3) และควันก๊าซสามารถกระตุ้นอัตราการงอกของเมล็ดพืชสกุล *Rubus* บางชนิดได้สูงสุดถึงประมาณร้อยละ 60 ถึง100 หลังจากการเพาะเมล็ดเป็นระยะเวลาประมาณ 6 ถึง 8 เดือน ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับการกระบวนการย่อยสลายของสารกลุ่ม proanthocyanidins (PAs) ในเปลือกหุ้มเมล็ดชั้น Testa (Wada และคณะ, 2011; Wada และ Reed, 2011) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการแกะเปลือกหุ้มเมล็ด Cowa (*Garcinia cowa* Roxb.) ด้านนอกออกก่อนนำลงแช่

ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกเข้มข้นร้อยละ 0.02 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงสามารถกระตุ้นอัตราการงอกได้สูงที่สุดถึงร้อยละ 91.5 และใช้เวลาในการงอกเร็วที่สุดเพียง 10.8 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ (Kaewsorn และ Chulaka, 2015) จากผลการศึกษานี้พบว่าอัตราการงอกของเมล็ดบัวยักษ์ทั้งสองชนิดนี้ยังค่อนข้างต่ำ หากต้องการวางแผนการผลิตต้นกล้าบัวยักษ์ทั้งสองชนิดนี้ในลักษณะเชิงปริมาณ ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพืชที่เพาะในสภาพปกตินั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดและอายุของเมล็ดเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับลักษณะทางสรีรวิทยาเมล็ดซึ่งอาจเกิดจากการที่ต้นอ่อนหรือคัพภะภายในเมล็ดยังพัฒนาไม่เต็มที่ (Olvera-Carrillo และคณะ, 2003) เนื่องจากว่ายังไม่เคยปรากฏรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการใช้กรดน้ำส้มเพื่อทำลายการพักตัวของเมล็ดพืชและเมล็ดบัวมาก่อน จึงทำให้การศึกษานี้เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในรูปแบบของการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูกลั่นที่มีความปลอดภัยสำหรับผู้ทำวิจัยหากเปรียบเทียบกับการใช้กรดเข้มข้นหรือสารเคมีชนิดอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องการกระบวนการพัฒนาและศึกษาวิธีการเชิงประยุกต์ที่เหมาะสมนี้เพิ่มเติมต่อไป ทั้งในรูปแบบของในและนอกสภาพหลอดทดลอง

Table 1 Combination experiment of different seed ages of *N. gigantea* and *N. atrans* and vinegar concentrations.

Conc. of vinegar solution	Non - vinegar	25% (v/v)	50% (v/v)	100% (v/v)
NG/NA seeds (7-d collection)	Treatment No. 1	Treatment No. 2	Treatment No. 3	Treatment No. 4
NG/NA seeds (14-d collection)	Treatment No. 5	Treatment No. 6	Treatment No. 7	Treatment No. 8
NG/NA seeds (21-d collection)	Treatment No. 9	Treatment No. 10	Treatment No. 11	Treatment No. 12
NG/NA seeds (28-d collection)	Treatment No. 13	Treatment No. 14	Treatment No. 15	Treatment No. 16

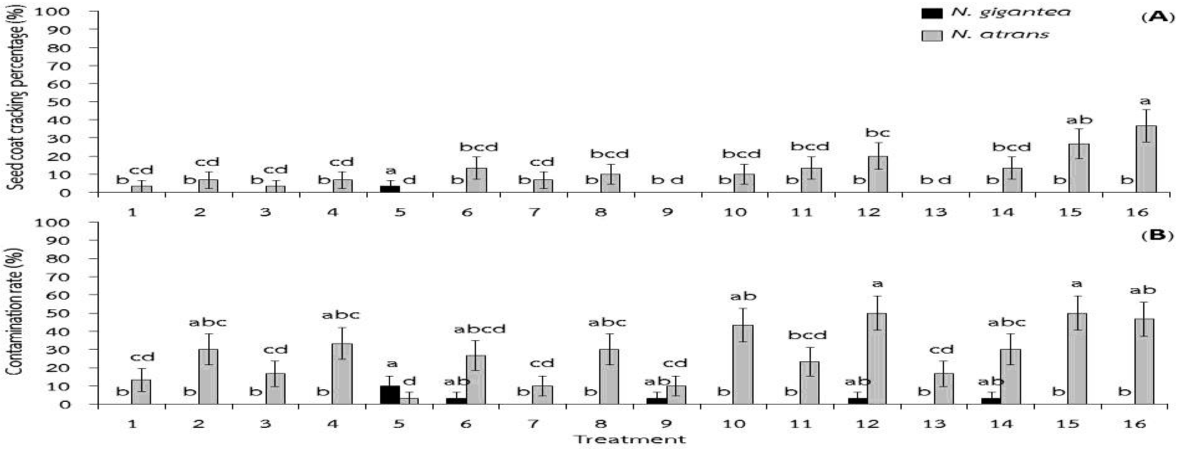


Figure 1 Effect of different vinegar concentrations on scarification (A) and contamination of cultured seeds (B).

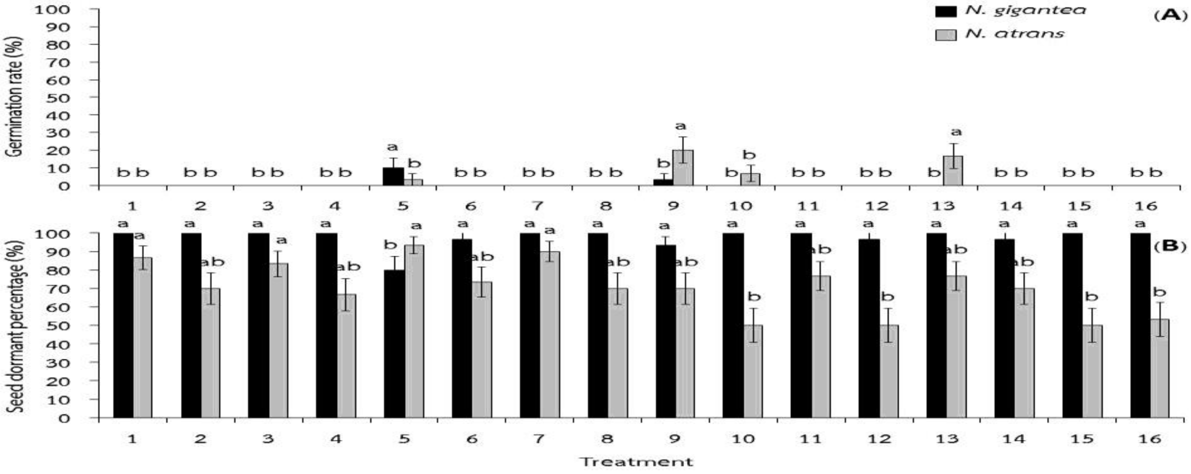


Figure 2 Effect of different vinegar concentrations on germination (A) and dormancy of cultured seeds (B).

สรุปผล

การแช่เมล็ดบัวยักษ์เอทรานส์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 28 วันหลังจากฝักสุกเต็มที่ ในสารละลายน้ำส้มสายชูกลั่น เข้มข้น100 เปอร์เซ็นต์ (ของร้อยละโดยปริมาตร) สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดบัวยักษ์ตัวอย่างได้ดีที่สุด โดยการชักนำให้เกิดแผลบนผิวเปลือกหุ้มเมล็ดได้สูงสุดถึงร้อยละ 36.67 เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทั้งในส่วนของงบประมาณและแหล่งต้นพันธุ์บัวยักษ์ออสเตรเลียและบัวยักษ์เอทรานส์ จากฝ่ายพิพิธภัณฑ์บัว กองอาคารสถานที่ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

Adkins, S.W., Bellair, S.M., and Loch, D.S., 2002, Seed Dormancy Mechanisms in Warm Season Grass Species, Euphytica, 126(1): 13-20.

Afolayan, A. J., Meyer, J.J.M., and Leeuwner, D.V., 1997, Germination in *Helichrysum aureonitens* (Asteraceae): Effects of Temperature, Light, Gibberellic Acid, Scarification and Smoke Extract, South African Journal of Botany, 63(1): 22-24.

Bhatt, A., Caron, M.M., Verheyen, K., Elsarrag, E., and Alhorr, Y., 2016, Germination and Seedling Performance of Five Native Legumes of the Arabian Desert, Flora, 220: 125-133.

Haynes, J.G., Pill, G., and Evans, T.A., 1997, Seed Treatments Improve the Germination and Seedling Emergence of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.), HortScience, 32(7): 1222-1226.

Kaewsorn, P., and Chulaka, P., 2015, Methods of Breaking Dormancy of Cowa (*Garcinia cowa* Roxb.) Seed, Agricultural Science Journal, 46(3)(Suppl.): 489-492.

Kimura, E., Fransen, S.C., Collins, H. P., Guy, S. O., and Johnston, W. J., 2015, Breaking Seed Dormancy of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.): A review, Biomass and Bioenergy, 80: 94-101.

Olvera-Carrillo, Y., Márquez-Guzmán, Barradas, V. L., Sánchez-Coronado, M. E., and Orozco-Segovia, A., 2003, Germination of the Hard Seed Coated *Opuntia tomentosa* S.D., a Cacti from the México valley, Journal of Arid Environments, 55: 29-42.

Rehman, S., and Park, I.-H., 2000, Effect of Scarification, GA and Chilling on the Germination of Goldenrain-Tree (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) seeds, Scientia Horticulturae, 85: 319-324.

Travlos, I.S., Economou, G., and Karamanos, A.I., 2007, Germination and Emergence of the Hard Seed Coated Tylosema Esculentum (Burch) A. Schreib in Response to Different Pre-Sowing Seed Treatments, Journal of Arid Environments, 68: 501-507.

Wada, S., Kennedy, J.A., and Reed, B.M., 2011, Seed-Coat Anatomy and Proanthocyanidins Contribute to the Dormancy of *Rubus* seed, Scientia Horticulturae, 130: 762-768.

Wada, S., and Reed, B.M., 2011, Standardizing Germination Protocols for Diverse Raspberry and Blackberry Species, Scientia Horticulturae, 132: 42-49.

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 541-544 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 541-544 (2559)

การประเมินลักษณะฟีโนไทป์บัวสายเขตร้อนสกุลย่อย *Brachyceras* ในจังหวัดชลบุรี

Phenotypic Evaluation of Tropical Waterlilies (Subgenus *Brachyceras*) in Chonburi Province

รัตนากร กฤษณชาญดี[1]
Kitsanachandee, R.[1]

Abstract

The phenotypic evaluation was performed by tropical waterlily; 2 indigenous varieties, 3 cultivars and 1 new hybrid. The experimental design was a RCB with 3 replications (3 seasons) in 2015; April-June, July-September and October-December. The data of phenotypic traits were collected including petal color, flower shape, flowering, petal number, self- compatibility, viviparous and agronomic traits viz. stem length, flower size and number of flowers per plant. Six tropical waterlilies differed significantly in 3 traits in 3 seasons. The King of Siam (Chalongkwan) showed the highest of all traits, except viviparous character. Linsay wood, Chompumamueaw, Miami rose and new hybrid no.1 were found viviparous character and self-compatibility. Effect of environment (3 seasons) was significant in stem length and number of flowers per plant.

Keywords: Tropical waterlilies, Subgenus *Brachyceras*, Phenotypic, Chonburi province

บทคัดย่อ

การประเมินลักษณะฟีโนไทป์ที่แสดงออกของบัวสายเขตร้อนพันธุ์พื้นเมือง 2 พันธุ์, พันธุ์ลูกผสมใหม่ 1 พันธุ์ และพันธุ์การค้า 3 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ (3 ฤดูกาล) คือ เดือนเมษายน -มิถุนายน 2558, เดือนกรกฎาคม- กันยายน 2558 และเดือนตุลาคม - ธันวาคม 2558 เก็บข้อมูลลักษณะฟีโนไทป์ ได้แก่ สีของกลีบดอก, รูปทรงดอก, การให้ดอก, ความซ้อนของกลีบดอก, การผสมตัวเองติด, viviparous และลักษณะทางการเกษตร เช่น ความยาวก้านดอก, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก และจำนวนดอกต่อต้น พบว่า บัวสายเขตร้อนทั้ง 6 พันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใน 3 ลักษณะทั้ง 3 ฤดูกาล โดยพันธุ์ฉลองขวัญให้ค่าทุกลักษณะสูงที่สุดแต่ไม่สามารถขยายพันธุ์แบบ viviparous ได้ พันธุ์ลินซี่ วู้ด, พันธุ์มะเหมี่ยว, พันธุ์ไมอามี่ โรส และพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 พบการขยายพันธุ์แบบ viviparousและผสมตัวเองได้ ส่วนอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกทั้ง 3 ฤดูกาล พบนัยสำคัญในลักษณะความยาวก้านดอกและจำนวนดอกต่อต้นเท่านั้น

คำสำคัญ: บัวสายเขตร้อน สกุลย่อย *Brachyceras* ลักษณะฟีโนไทป์ จังหวัดชลบุรี

คำนำ

บัวสายเขตร้อนบานกลางวัน หรืออุบลชาติล้มลุก (Tropical waterlily) ไม่สามารถปลูกในเขตหนาวได้ เพราะสู้อากาศหนาวและน้ำแข็งในฤดูหนาวไม่ได้ จำแนกออกเป็น 2 กลุ่มคือ สกุลย่อย *Anacphya* และสกุลย่อย *Brachyceras* (เสริมลาภ, 2547; ณรงค์, 2550; สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย, 2550) โดยสกุลย่อยที่จัดว่ามีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีจำนวนชนิดมากที่สุดคือ สกุลย่อย *Brachyceras* ซึ่งใช้ในการศึกษาครั้งนี้ บัวสายเขตร้อนบานกลางวันที่พบในประเทศไทย ได้แก่ บัวผัน บัวเผื่อน บัวขาบ และบัวจงกลนี ซึ่งเป็นบัวพื้นเมืองที่พบตามแหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบมีการกระจายพันธุ์อยู่ทั่วไปในเขตศูนย์สูตรทั้งทวีปเอเชีย แอฟริกา และอเมริกา เช่น *Nymphaea ampla*, *Nymphaea caerulea*, *Nymphaea calliantha*, *Nymphaea capensis*, *Nymphaea colorata*, *Nymphaea elegans*, *Nymphaea flavovirens*, *Nymphaea heudelotii, Nymphaea micrantha*, *Nymphaea nouchali*, *Nymphaea ovalifolia*, Nymphaea stuhlmannii, *Nymphaea sulfurea* และ *Nymphaea togoensis* เป็นต้น จึงทำให้บัวสายเขตร้อนมีความแตกต่างของลักษณะสีกลีบดอก 9 สีคือ สีขาว ชมพู แดง เหลือง แสดฟ้าคราม ม่วงแดง ม่วงน้ำเงินและสีเหลือบ มูลค่าการส่งออกในตลาดโลกนั้นสกุล *Nymphaea* จัดอยู่ใน 5

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

[1] Division of plant production technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok Bangphra Campus, Chonburi Province, 20110

อันดับแรกของพรรณไม้น้ำที่มีการส่งออก โดยในปี 2552 มีการส่งออกคิดเป็นมูลค่า 21.15 ล้านบาท และในปี 2553 คิดเป็นมูลค่า18.76 ล้านบาท ตลาดที่สำคัญคือ ประเทศญี่ปุ่น รองลงมาได้แก่ สหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน และโปแลนด์ แต่จะพบว่าหลังปี 2553 การส่งออกลดลง อาจเนื่องสายพันธุ์ใหม่ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มีจำนวนน้อยและความสามารถในการผลิตต้นใหม่ทำได้ช้า (Chomchalow, 2007) ดังนั้นการศึกษาลักษณะที่แสดงออกของบัวสายเขตร้อนแต่ละพันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกพันธุ์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ทั้งแบบการผสมข้ามภายในสกุลย่อยเดียวกัน (Intersubgeneric hybridization) และการผสมข้ามระหว่างต่างสกุลย่อย (Intrasubgeneric hybridization) ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์บัวสายเขตร้อนบานกลางที่ใช้ในการทดลอง: ปลูกต้นบัวสายเขตร้อนบานกลางวันอายุ 5 เดือนจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ฉลองขวัญ, พันธุ์ลินซี่วู้ด, พันธุ์ชมพู่ม่าเหมี่ยว, พันธุ์ไมอามี่โรส, พันธุ์ขาวมงคล และพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์พันธุ์จากสถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก โดยพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ของ ผศ. ดร. ณ นพชัย ชาญศิลป์ ดำเนินการปลูกพันธุ์ละ 3 กระถาง กระถางละ 1 ต้น แล้วจัดเรียงลงในบ่อซีเมนต์ขนาดความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 3 เมตร ลึก 0.45 เมตร ณ สถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.ชลบุรี ตั้งแต่เดือนเมษายน - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำคือ ฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ สูตร 14-15-14 (อัตราส่วน 1:1) ปริมาณ 2 กรัมที่บรรจุในห่อกระดาษ จำนวน 3 ห่อต่อกระถาง โดยใส่ทุก 15 วัน หมั่นกำจัดวัชพืชน้ำและศัตรูพืช เช่น หอย หนอนชอนใบอย่างสม่ำเสมอ

การบันทึกข้อมูลลักษณะคุณภาพและลักษณะปริมาณ: หลังปลูก 45 วันทำการบันทึกข้อมูล โดยจะทำการบันทึกข้อมูล 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ลักษณะที่ทำการการบันทึกข้อมูลมีดังนี้ ลักษณะทางด้านคุณภาพ ได้แก่ สีด้านหน้าและหลังของแผ่นใบแก่, สีของก้านใบ, ลักษณะดอกตูม, จำนวนกลีบดอก (ความซ้อนของกลีบดอก), ทรงของดอก, สีของกลีบดอก, ลักษณะการออกดอก การติดเมล็ด (ฝัก) และการขยายพันธุ์แบบ viviparous ส่วนลักษณะปริมาณ คือ ความยาวก้านดอก (ซม.), ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก (ซม.) และจำนวนดอกต่อต้น (ดอก) (เสริมลาภ, 2547)

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างวิธี DMRT (Duncan's Multiple-Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พันธุ์บัวสายเขตร้อนบานกลางวันจำนวน 6 พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ พันธุ์การค้าจำนวน 3 พันธุ์ คือพันธุ์ฉลองขวัญ,พันธุ์ไมอามี่ โรส และพันธุ์ลินซี่ วู้ด, พันธุ์พื้นเมืองจำนวน 2 พันธุ์ คือพันธุ์ขาวมงคล และพันธุ์ชมพู่มะเหมี่ยว และพันธุ์ลูกผสมใหม่จำนวน 1 พันธุ์ คือพันธุ์ลูกผสมใหม่เบอร์ 1 รวบรวมเพื่อศึกษาลักษณะฟีโนไทปี่แสดงออกใน 3 ฤดูกาล ณ สถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ. ชลบุรี ลักษณะฟีโนไทป์ที่ศึกษาได้แสดงไว้ใน Table 1 และ 2 สีแผ่นใบอ่อนและใบแก่ของบัวสายเขตร้อนบานกลางวันคงเดิมไม่มีการเปลี่ยน การเก็บข้อมูลจึงเก็บเฉพาะใบแก่เท่านั้น ซึ่งพบว่า พันธุ์ไมอามี่ โรส สีแผ่นใบมีสีเขียวแถบลายด่างสีแดง (หน้าใบ) และสีเขียวกระสีแดง (หลังใบ) ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์อื่นๆ ลักษณะของขอบใบจักมนและก้านใบไม่มีขนจะเป็นลักษณะเฉพาะของบัวสายเขตร้อนทุกพันธุ์จะแสดงออกเหมือนกัน สีของก้านใบส่วนใหญ่จะมีสีเขียวยกเว้นพันธุ์ชมพู่มะเหมี่ยวและพันธุ์ลินซี่ วู้ด การซ้อนทับกันของฐานใบพบเฉพาะพันธุ์ขาวมงคลและพันธุ์ฉลองขวัญ (Figure 1)

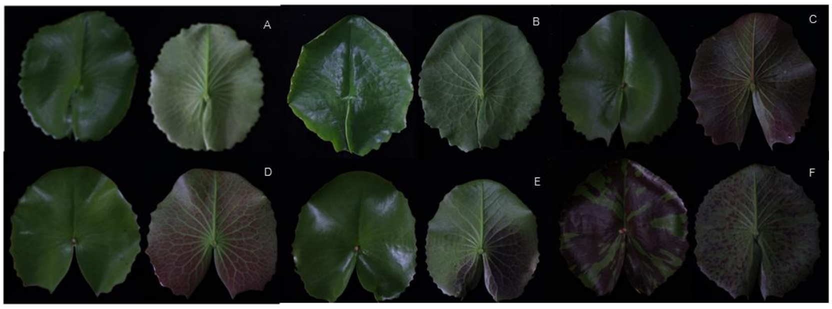


Figure 1 Leaf color (top - upside) and sinus overlap characters of 6 waterlillies; A = Kwamongkol, B = Chalongkwan, C = Chompumamueaw, D = New Hybride No.1, E = Linsey wood and F = Miami rose

ลักษณะสีของกลีบดอกมีสีแตกต่างกัน คือ พันธุ์ขาวมงคล กลีบดอกสีขาว, พันธุ์ฉลองขวัญ กลีบดอกสีน้ำเงินม่วง, พันธุ์ชมพูมะเหมี่ยว กลีบดอกสีชมพูแดง, พันธุ์ลินซี่ วู้ด กลีบดอกสีน้ำเงินม่วง, พันธุ์ไมอามี่ โรส กลีบดอกสีชมพู และพันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์1 กลีบดอกสีเหลืองปลายกลีบม่วง ความซ้อนของกลีบ (จำนวนกลีบดอก) พันธุ์ฉลองขวัญจะมีกลีบดอกซ้อนมากพิเศษและพันธุ์ไมอามี โรส กลีบดอกซ้อน ซึ่งทั้งสองพันธุ์จะมีลักษณะทรงดอกแบบแผ่ครึ่งวงกลม ส่วนอีก 5 พันธุ์จะมีทรงดอกแบบถ้วยและจำนวนกลีบดอกไม่ซ้อน (Figure 2) ลักษณะความยาวก้านดอก (ซม.)และเส้นผ่านศูนย์กลางดอก (ซม.) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสามฤดูกาล ส่วนจำนวนดอกต่อต้นในฤดูร้อนและฤดูฝนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ยกเว้นฤดูหนาวที่จำนวนดอกต่อต้นไม่แตกต่างกัน เพราะอุณหภูมิลดลงจะส่งผลต่อการออกดอกของบัวสายเขตร้อน ทำให้ปริมาณดอกที่พบของแต่ละพันธุ์ลดลง ซึ่งพันธุ์ที่พบว่าให้ลักษณะที่กล่าวมาแล้วข้างต้นดีที่สุดทั้งสามฤดูกาลได้แก่ พันธุ์ฉลองขวัญ (Table 2) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบลักษณะการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและแบบ viviparous กับพันธุ์ฉลองขวัญ รวมทั้งพันธุ์ขาวมงคลจะไม่พบการขยายพันธุ์แบบ viviparous แต่สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดได้ ซึ่งลักษณะการติดเมล็ดและการขยายพันธุ์แบบ viviparous ช่วยให้การเพิ่มจำนวนต้นกล้าใหม่ได้ดีกว่าการแตกหัว ซึ่งจะได้จำนวนน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เยาวมาลย์และปิยะวดี (2555) จึงได้นำเอาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้ฮอร์โมน N6-Benzylaminopurine (BA) และ 3-indole acetic acid (IAA) ชักนำให้เกิดยอดของบัวฉลองขวัญ พบว่าฮอร์โมนทั้งสองมีประสิทธิภาพดีในการชักนำให้เกิดยอด เนื่องจากพันธุ์ฉลองขวัญขยายพันธุ์ได้ยากและได้จำนวนหัวเพื่อพัฒนาเป็นต้นใหม่น้อย จึงจำเป็นต้องนำเทคนิคทางด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้ แต่การใช้เทคนิคเหล่านี้จะต้องอาศัยความชำนาญและต้นทุนในการทำสูง ดังนั้น การคัดเลือกพันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์จึงควรมีลักษณะการขยายพันธุ์แบบพิเศษ (viviparous) และการขยายพันธุ์แบบเมล็ดร่วมด้วยจะทำให้ลูกผสมใหม่ที่ได้มีการขยายพันธุ์ได้เร็ว ทันต่อความต้องการของตลาด เช่นเดียวกับที่ไพรัตน์ (2553) กล่าวไว้ว่า การที่จะประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์บัวประดับจะต้องคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะการขยายพันธุ์ได้เร็วสามารถนำมาใช้เป็นได้ทั้งพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์

Figure 2 Flower character of 6 waterlillies; A = Kwamongkol, B = Chalongkwan, C = Chompumamueaw, D = New Hybride No.1, E = Linsey wood and F = Miami rose

สรุปผล

พันธุ์บัวสายเขตร้อนที่ใช้การศึกษาครั้งนี้สามารถเจริญได้ดีในพื้นที่จังหวัดชลบุรี โดยเฉพาะพันธุ์ฉลองขวัญแสดงลักษณะ ฟีโนไทป์ดีกว่าทุกพันธุ์ แต่ไม่เหมาะสมต่อการใช้เป็นต้นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ เนื่องจากเกสรตัวผู้เปลี่ยนเป็นกลีบดอก, ไม่สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและขยายพันธุ์แบบ viviparous ได้ รวมทั้งให้จำนวนหัวเพื่อผลิตเป็นต้นใหม่น้อย ดังนั้น บัวสายเขตร้อนที่มีลักษณะให้เมล็ดและขยายพันธุ์แบบ viviparous ได้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาพันธุ์ต่อไป เช่น พันธุ์ชมพูมะเหมี่ยว, พันธุ์ลูกผสมใหม่ เบอร์ 1, พันธุ์ลินซี่ วู้ด เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันบัวราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี ที่อนุเคราะห์พันธุ์บัวสายเขตร้อนบานกลางวันเพื่องานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้งบประมาณสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ โฉมเฉลา, 2550, ศัพท์บัว, เครือข่ายปลูกพืชพื้นเมืองไทยร่วมกับสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 112 หน้า

ไพรัตน์ ทรงพาณิช, 2553, เทคนิคการผสมพันธุ์บัวฝรั่ง, วารสารกสิกร 83(6) พฤศจิกายน-ธันวาคม, 37-42 .

สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย (สพส.), 2550, มหัศจรรย์บัวสายไทย, สมาคมพืชสวนแห่งประเทศไทย (สพส.) ด้วยความสนับสนุนทางวิชาการจากสมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย (สมป.)และชมรมผู้รักบัวแห่งประเทศไทย (ชบท.) , กรุงเทพฯ, 16.

เสริมลาภ วสุวัต, 2547, บัวประดับในประเทศไทย 1, เนชั่นบุ๊คส์, กรุงเทพฯ,. 192.

เยาวมาลย์ น้อยใหม่ และ ปิยะวดี เจริญวัฒนะ, 2555, ผลของ BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอดเชื้อ, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 43, (2), (พิเศษ), 249-252

Chomchalow, N., 2007, Amazing Thai Waterlily, The Horticulture Science Society of Thailand (HSST) with technical support from the society for Ornamental Plants of Thailand, Bangkok, Thailand, 16.

Table 1 Qualitative morphological characters measured for 6 tropical waterlilies (Subgenus *Brachyceras*)

Line	Leaf characters			Flower characters				Other characters	
	Shape	Sinus overlap	Petiole color	Petal color	Flower shape	Petal shape	No. of petals	Pod	Viviparous
Chalongkwan	Orbicular	Present	green	Deep blue	Semicircle	Linear	45-48 petals	Absent	Absent
Kwamongkol	Orbicular	Present	green	White	Cuplike	Ovate	19-20 petals	Present	Absent
Chompumamueaw	Ovate	Absent	reddish	Reddish plum	Cuplike	Linear	19-20 petals	Present	Present
Linsey wood	Orbicular	Absent	reddish	Light purple	Cuplike	Linear	19-20 petals	Present	Present
Miami rose	Orbicular	Absent	green	Pink	Semicircle	Linear	21-23 petals	Present	Present
New Hybrid No.1	Orbicular	Absent	green	Yellow with purple tip	Cuplike	Elliptic	19-20 petals	Present	Present

Table 2 Mean comparison of stem length (cm.), flower diameter (cm.) and number of flowers per plant characters in 3 seasons.

Lines	Dry season			Rainy Season			Cold season		
	SL (cm.)	FD (cm.)	FP	SL (cm.)	FD (cm.)	FP	SL (cm.)	FD (cm.)	FP
Chalongkwan	16.73[a]	14.50[a]	13.00[a]	15.90[a]	14.83[a]	12.00[a]	14.93[a]	13.33[a]	9.67
Kwamongkol	14.60[b]	11.30[b]	12.33[a]	14.40[b]	11.57[b]	11.67[a]	14.33[a]	11.47[b]	9.33
Chompumamueaw	13.07[c]	9.20[d]	12.00[a]	13.90[bc]	9.57[d]	11.00[a]	12.43[b]	9.47[c]	8.67
Linsey wood	13.77[bc]	8.03[e]	10.67[ab]	13.57[bc]	8.83[e]	11.00[a]	12.23[b]	8.50[d]	9.33
Miami rose	13.07[c]	10.43[c]	9.00[bc]	13.70[bc]	10.13[c]	9.00[b]	13.17[b]	10.03[c]	9.33
New Hybrid No.1	12.80[c]	8.30[e]	7.33[c]	12.87[c]	8.17[f]	9.33[b]	12.23[b]	8.53[d]	8.67
F-test	**	**	*	*	**	*	**	**	ns
C.V. %	8.82	14.67	14.28	7.59	14.36	10.98	8.20	13.16	11.7

ผลของการพ่นกรดซาลิไซลิกต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศที่ปลูกในสภาพขาดน้ำระยะสั้น

Effects of Foliar Salicylic Acid on Yield and Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Growing Under Short-term Water Deficit

สิริวรรณ ศิริศาถาวร[1] ปริยานุช จุลกะ[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] และ อิษยา ภู่สิทธิกุล[1]

Sirisathaworn, S.[1], Chulaka, P.[1], Kaewsorn, P.[1] and Pusittigul, I.[1]

Abstract

The objective of this experiment was to study the effects of foliar salicylic acid (SA) before short-term water deficit on yield and quality of tomato. It was designed as RCBD with 4 treatments and 3 replications in different SA concentrations (0, 0.25, 0.50 or 0.75 mM). The SA treatments were foliar sprayed to plants, before short-term water deficit (no irrigation for 5 days). The experiment was done at experimental field, Department of Horticulture, Kasetsart University, Bangkok during January to April, 2016. The results showed the control treatment (0 mM SA) gave highest fruit number, fruit weight and fruit yield. The SA concentration that higher than 0.50 mM trended to reduce the number of fruit /plant and fruit yield, however, there was no significant difference among SA treatments of 0.25, 0.50 or 0.75 mM. In addition, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA and vitamin C content were non-significant difference among the treatments.

Keywords: tomato, drought stress, yield, TSS

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่นกรดซาลิไซลิกก่อนมะเขือเทศขาดน้ำระยะสั้นต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ คือ กรดซาลิไซลิก (SA) ความเข้มข้น 0 (ควบคุม), 0.25, 0.50 และ 0.75 มิลลิโมลาร์ หลังจากพ่น SA ให้กับต้นมะเขือเทศ แล้วจึงงดให้สารละลายธาตุอาหาร 5 วัน ทำการทดลอง ณ แปลงทดลอง ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 พบว่า ต้นมะเขือเทศที่ไม่ได้พ่นกรดซาลิไซลิก (0 mM SA) มีจำนวนผล, น้ำหนักผลและปริมาณผลผลิตสูงที่สุด การเพิ่มความเข้มข้นของ SA มากกว่า 0.50 มิลลิโมลาร์ มีแนวโน้มทำให้จำนวนผลและปริมาณผลผลิตลดลง อย่างไรก็ตามการพ่น SA ที่ความเข้มข้นต่างกัน (0.25, 0.50 หรือ 0.75 มิลลิโมลาร์) ไม่ทำให้จำนวนผลมีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้, อัตราส่วนของ TSS/TA และปริมาณวิตามินซี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างทรีทเมนต์

คำสำคัญ: มะเขือเทศ สภาพเครียดจากการขาดน้ำ ผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

คำนำ

มะเขือเทศเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย นิยมรับประทานในรูปของผลสด นำไปประกอบอาหารและแปรรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น น้ำมะเขือเทศ ซอสมะเขือเทศ เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นแหล่งของไลโคปีน ฟีนอลิก และวิตามินซี (เกียรติเกษตร, 2541) น้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ มีการศึกษามากมายแสดงให้เห็นว่าการงดน้ำสามารถเพิ่มคุณภาพของมะเขือเทศได้ (Wang และคณะ, 2011) อย่างไรก็ตามการเพิ่มคุณภาพของมะเขือเทศโดยการงดน้ำนั้น ผลผลิตที่ได้มักจะมีขนาดเล็ก (Kuscu และคณะ, 2014) การตอบสนองของพืชต่อการขาดน้ำมีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การลดลงของอัตราการสังเคราะห์ และการปิดปากใบ (Peng และ Weyers, 1994) เมื่อต้นมะเขือเทศได้รับสภาพเครียดจากการขาดน้ำ พืชตอบสนองโดยการผลิตกรดแอบไซซิก (ABA) กระตุ้นให้พืชมีการปิดปากใบของเซลล์คุมเพื่อลดการสูญเสียน้ำ (Arora และคณะ, 2002) กระบวนการดังกล่าวจะทำให้พืชได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์แสงลดลง ทำให้เสียสมดุลระหว่างการรับ-ส่งอิเล็กตรอนและ

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 50 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao Chatuchak Bangkok 10900

เกิดอนุมูลอิสระก่อความเสียหายแก่โครงสร้างทางชีววิทยา, DNA, กระตุ้นการออกซิเดชั่นของกรดอะมิโนและโปรตีนและเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ส่งผลเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ (Asada, 1999)

กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid; SA) เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่สามารถพบได้ในพืช มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต, กระตุ้นการออกดอก, การดูดซึมธาตุอาหาร (Hayat และ Ahmad, 2007) และกระบวนการสังเคราะห์แสง (Fariduddin และคณะ, 2003) นอกจากนี้ยังทำให้พืชมีความทนทานต่อสภาพเครียดและสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Janda และคณะ, 2007) การป้องกันความเสียหายของพืชจากการขาดน้ำโดย SA จะเสริมระบบการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ (Peroxidase, Catalase, Superoxide-dismutase และ Proline), เพิ่มความทนทานของพืชในสภาพเครียดโดยเสริมประสิทธิภาพของ Rubisco และ PEP carboxylase (Singh และ Usha, 2003) และช่วยให้พืชเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง (Hayat และคณะ, 2008) ทำให้พืชสามารถเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงเมื่อพืชอยู่ในสภาพเครียดได้ Senaratna และคณะ (2000) รายงานว่า SA สามารถทำให้ต้นถั่วและต้นมะเขือเทศมีความทนทานต่อสภาพเครียดหลายอย่าง นอกจากการป้องกันอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากสภาพเครียดแล้ว Kazemi (2014) ยังพบว่า SA ที่ความเข้มข้น 0.50 มิลลิโมลาร์ สามารถเพิ่มจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลของมะเขือเทศพันธุ์ Rada และยังสามารถเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของมะเขือเทศพันธุ์ Talya (Yildirim และ Dursun, 2008) ดังนั้นการพ่น SA ก่อนพืชขาดน้ำระยะสั้นอาจจะช่วยลดความเสียหายต่อพืชและสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศได้ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่น SA ก่อนพืชขาดน้ำระยะสั้นต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดมะเขือเทศสีดาพันธุ์เพชรชมพู ในถาดหลุม 72 หลุมที่บรรจุด้วยพีทมอส เมื่อต้นกล้าอายุ 7 วันหลังเพาะ-เมล็ด จึงให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer (Resh, 2012) ที่ความเข้มข้น 0.25 เท่า (EC 0.5 mS/cm) เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ดจึงเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น 0.50 เท่า (EC 1.1 mS/cm) เมื่อต้นกล้าอายุ 25 วันหลังเพาะเมล็ด จึงย้ายปลูกลงในถุงปลูกพลาสติกขนาด 8X13 นิ้ว ที่บรรจุด้วยวัสดุปลูกผสมระหว่างกาบ-มะพร้าวสับ : ขุยมะพร้าว : ทราย อัตราส่วน 2:2:1 โดยปริมาตร และนำไปวางในสภาพแปลงเปิด (open field) กำหนดระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร พร้อมกับให้สารละลายธาตุอาหาร ความเข้มข้น 1 เท่า (EC 2.1 mS/cm) ผ่านระบบน้ำหยด ควบคุมค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารตลอดระยะการทำการทดลองเป็น 5.8-6.0 และให้สารละลายธาตุอาหารโดยใช้เครื่องตั้งเวลารดน้ำอัตโนมัติ วางแผนการทดลองแบบ RCBD 4 ทรีทเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ต้นมะเขือเทศ 10 ต้น ปักค้างเป็นรูปสามเหลี่ยมหลังย้ายกล้าโดยใช้ไม้รวก ความยาว 2 เมตร ควบคุมและกำจัดโรคและแมลงตามการเข้าทำลาย ให้ SA ที่ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับคือ 0 (RO water; T1), 0.25 (T2), 0.50 (T3) และ 0.75 (T4) มิลลิโมลาร์ หลังจากย้ายกล้าได้ 16 วัน จากนั้นเมื่อพืชอายุ 18 วันหลังย้ายกล้า (ระยะออกดอกและติดผลขนาดเล็ก) จึงงดให้น้ำเป็นระยะเวลา 5 วัน หรือจนกระทั่งต้นมะเขือเทศแสดงอาการเหี่ยว แล้วกลับมาให้ตามปกติอีกครั้ง สุ่มเก็บเกี่ยวผลสุกสีแดงจากต้นมะเขือเทศ 5 ต้น บันทึกข้อมูลจำนวนผล, น้ำหนักผล, ปริมาณผลผลิต, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS), ปริมาณ กรดที่ไทเทรตได้ (TA), อัตราส่วนของ TSS/TA และปริมาณวิตามินซี วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จำนวนผลและน้ำหนักผลของต้นมะเขือเทศที่ได้รับน้ำ RO (0 mM SA) และ SA (0.25, 0.50 หรือ 0.75 mM SA) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นมะเขือเทศที่ได้รับ 0 mM SA มีจำนวนผลและน้ำหนักผลสูงที่สุด (28.60 ผล และ 9.54 กรัม ตามลำดับ) (Table 1) ซึ่งขัดแย้งกับ Kazemi (2014) ที่รายงานว่าต้นมะเขือเทศที่ได้รับ SA โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 0.50 มิลลิโมลาร์ มีจำนวนผลและน้ำหนักผลสูงที่สุด ถึงแม้ว่า SA จะได้รับการรายงานว่า สามารถส่งเสริมประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืชในสภาพเครียดได้ (Hayat และคณะ, 2008) แต่การให้ SA ที่ความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสมหรือสูงเกินไปนั้นจะเกิดผลเสียกับพืช (Fariduddin และคณะ, 2003) เนื่องจากก่อให้เกิดการสะสมอนุมูลอิสระ ชักนำให้พืชปิดปากใบ (Mahdavian และคณะ, 2007) พืชจึงได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่น้อยลงส่งผลต่อการสังเคราะห์แสง การหายใจ และการแลกเปลี่ยนไอออน อีกทั้งเมื่อพืชได้รับสภาพขาดน้ำ จึงส่งผลให้มีการสะสมอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และสร้างความเสียหายให้กับชีวโมเลกุล (Senaratna และคณะ, 2008) การเกิดสภาพเครียดอย่าง

ต่อเนื่องจึงทำให้พืชพัฒนาส่วนผลผลิต ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นเมื่อจำนวนผลและน้ำหนักผลลดลงจึงส่งผลให้ปริมาณผลผลิตลดลงด้วย

สำหรับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้, อัตราส่วน TSS/TA และปริมาณวิตามินซีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.67- 0.77%, 7.89 - 8.40 และ 263.33 - 341.25 mg/kg FW ตามลำดับ) (Table 1) สอดคล้องกับการทดลอง Yildirim และ Dursun (2008) แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ให้ผลขัดแย้งกัน ซึ่ง Yildirim และ Dursun (2008) รายงานว่าการให้ SA จะทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะสภาพแวดล้อมในการทดลองที่แตกต่างกัน อีกทั้งประสิทธิภาพของ SA ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ระยะการเจริญเติบโตของพืช, ความเข้มข้นของ SA, ระยะเวลาการให้ SA, วิธีการให้ SA, ชนิดของพืช และสภาพแวดล้อม (Salehi, 2011; Miura และ Tada, 2014) ดังนั้นการให้ SA จึงควรปรับความเข้มข้นตามวิธีการนำไปใช้และสภาพแวดล้อม (Norman และคณะ, 2004)

สรุปผล

การพ่น SA ที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนพืชขาดน้ำระยะสั้นไม่สามารถลดความเสียหายของต้นมะเขือเทศ โดยต้นมะเขือเทศที่ได้รับการพ่น SA ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.50 และ 0.75 มิลลิโมลาร์ มีผลให้จำนวนผล, น้ำหนักผลและปริมาณผลผลิตน้อยกว่าต้นมะเขือเทศที่ได้รับน้ำ RO สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณกรดไทเทรตได้, อัตราส่วนของ TSS/TA และปริมาณวิตามินซีไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์, 2541, มะเขือเทศ, ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี, 63 หน้า.

Arora, A., Sairam, R.K. and Srivastava, G.C., 2002, Oxidative Stress and Antioxidative System in Plants, Current Science, 82(10): 1227-1238.

Asada, K., 1999, The Water-water Cycle in Chloroplasts: Scavenging of Active Oxygens and Dissipation of Excess Photons, Annual Review of Plant Biology, 50(1): 601-639.

Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A., 2003, Salicylic Acid Influences Net Photosynthetic Rate, Carboxylation Efficiency, Nitrate Reductase Activity, and Seed Yield in *Brassica juncea*, Photosynthetica, 41(2): 281-284.

Hayat, S., Hasan, S.A., Fariduddin, Q. and Ahmad, A., 2008, Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) in Response to Salicylic Acid under Water Stress, Journal of Plant Interactions, 3(4): 297-304.

Hayat S. and Ahmad, A., 2007, Salicylic Acid: A Plant Hormone, Springer, Dordrecht, Netherlands, 389 p.

Janda, T., Horvath, E., Szalai, G. and Paldi, E., 2007, Role of Salicylic Acid in the Induction of Abiotic Stress Tolerance. *In* Salicylic acid: A Plant Hormone, Springer, Netherlands, pp. 91-150.

Kazemi, M., 2014, Effect of Foliar Application with Salicylic Acid and Methyl Jasmonate on Growth, Flowering, Yield and Fruit Quality of Tomato, Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 3(2): 154-158.

Kuscu, H., Turhan, A. and Demir, A. O., 2014, The Response of Processing Tomato to Deficit Irrigation at Various Phenological Stages in a Sub-humid Environment, Agricultural Water Management, 133: 92-103.

Mahdavian, K., Kalantari, K.M. and Ghorbanli, M., 2007, The Effect of Different Concentrations of Salicylic Acid on Protective Enzyme Activities of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants, Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(18): 3162-3165.

Miura, K. and Tada, Y., 2014, Regulation of Water, Salinity, and Cold Stress Responses by Salicylic Acid, Frontiers in Plant Science, 5(4): 1-12.

Norman, C., Howell, K.A., Millar, A.H., Whelan, J.M. and Day, D.A., 2004, Salicylic Acid is an Uncoupler and Inhibitor of Mitochondrial Electron Transport, Plant Physiology, 134(1): 492-501.

Peng, Z. Y. and Weyers, J. D., 1994, Stomatal Sensitivity to Abscisic Acid Following Water Deficit Stress, Journal of Experimental Botany, 45(6): 835-845.

Resh, H.M., 2012, Hydroponic Food Production: a Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower, CRC Press, Boca Raton, Florida, 511 p.

Salehi, S., Khajehzadeh, A. and Khorsandi, F., 2011, Growth of Tomato as Affected by Foliar Application of Salicylic Acid and Salinity, American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 11(4): 564-567.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K., 2000, Acetyl Salicylic Acid (Aspirin) and Salicylic Acid Induce Multiple Stress Tolerance in Bean and Tomato Plants, Plant Growth Regulation, 30(2): 157-161.

Singh, B. and Usha, K., 2003, Salicylic Acid Induced Physiological and Biochemical Changes in Wheat Seedlings under Water Stress, Plant Growth Regulation, 39(2): 137-141.

Wang, F., Kang, S., Du, T., Li, F. and Qiu, R., 2011, Determination of Comprehensive Quality Index for Tomato and Its Response to Different Irrigation Treatments, Agricultural Water Management, 98(8): 1228-1238.

Yildirim, E. and Dursun, A., 2008, Effect of Foliar Salicylic Acid Applications on Plant Growth and Yield of Tomato under Greenhouse Conditions, *In* International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate, 807: 395-400.

Table 1 Fruit number, fruit weight, fruit yield, TSS, TA, TSS/TA and vitamin C of tomato fruits grown under short-term water deficit as affected by different concentrations of SA

Treatment	Fruit number (fruit)	Fruit weight (g)	Fruit yield (kg/plant)	TSS (% Brix)	TA (%)	TSS / TA	Vitamin C (mg/kg FW)
T1 (RO water)	28.60 a	9.54 a	1.34 a	6.24	0.77	8.10	321.67
T2 (0.25 mM SA)	20.67 b	8.74 b	0.91 b	6.21	0.75	8.28	263.33
T3 (0.50 mM SA)	22.60 b	8.14 b	0.92 b	5.92	0.75	7.89	341.25
T4 (0.75 mM SA)	19.40 b	8.54 b	0.81 b	5.63	0.67	8.40	284.93
F-test	*	*	*	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	11.22	4.47	9.39	6.91	6.73	9.72	17.13

Means in each column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT

* significantly different at the 0.05 levels of probability respectively and ns = non significantly different

โยเกิร์ตพร้อมดื่มซินไบโอติกจากข้าวหอมมะลิและถั่วขาว

Synbiotic Drinking Yogurt from Rice and White Kidney Bean

เบญจพร ปึงเจริญ[1] ธีรกานต์ ค้ำชู[1] จันทร์จิรา สักแสง[1] เฟื่องฟ้า อุตรารัชต์กิจ[1] หนึ่งหทัย สุภา[1]
ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]
Pungcharoen, B.[1], Kamchoo, T.[1], Saksang, J.[1], Utrarachkij, F.[1], Supa N.[1], Hudthagosol, C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

Abstract

Synbiotic drinking yogurt from jasmine rice and white kidney bean was fermented with starters and probiotics (*Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* and *Bifidobacterium* spp.) and incubated at 42 °C until pH $\leq$ 4. Amount of prebiotic (FOS) in fermented yogurt was varied at 5, 10 and 15% (by weight). Total lactic acid bacteria (TLAB) of yogurts fermented with 10 and 15% FOS as prebiotic were more than $5\text{x}10^7$ CFU/ml. Thus, 10% FOS was further developed as drinking yogurt. The yogurt and berry juice were varied to 60:40, 70:30 and 80:20. Yogurt and juice ratio of 60:40 showed the highest scores for all sensory attributes ($p<0.05$). In addition, L* of the drinking yogurt was the lowest, but a* and b* were the highest ($p<0.05$). The drinking yogurt also contained lowest viscosity (0.08 Pa.s) and pH of 3.62, and contained TLAB of 6.3×10^7 CFU/ml without pathogen contamination. The energy per serving (150 ml) was 83.75 kcal.

Keywords: Jasmine rice, white kidney bean, synbiotic drinking yogurt

บทคัดย่อ

โยเกิร์ตพร้อมดื่มซินไบโอติกจากข้าวหอมมะลิผสมถั่วขาว หมักด้วยเชื้อแบคทีเรียตั้งต้นและโพรไบโอติก (*Lactobacillus acidophillus*, *Streptococcus thermophilus* และ *Bifidobacterium* spp.) บ่มที่อุณหภูมิ 42 °C จน pH ต่ำกว่า 4 ปริมาณของพรีไบโอติก (FOS) ที่ใช้หมักโยเกิร์ตเป็น 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15% โดยน้ำหนัก ตรวจปริมาณ Total lactic acid bacteria (TLAB) ในโยเกิร์ต พบว่าการใช้ FOS 10 และ 15% ทำให้มีปริมาณ TLAB มากกว่า $5\text{x}10^7$ CFU/ml จึงเลือก FOS 10% เพื่อพัฒนาเป็นโยเกิร์ตพร้อมดื่ม ผสมโยเกิร์ตและน้ำเบอร์รี่ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 60:40, 70:30 และ 80:20 พบว่าโยเกิร์ตที่มีอัตราส่วนของโยเกิร์ตต่อน้ำเบอร์รี่เป็น 60:40 มีคะแนนประสาทสัมผัสทุกด้านสูงที่สุด ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังมีค่าความสว่าง (L*) ต่ำสุด แต่มีค่าสีแดง (a*) และ สีเหลือง (b*) สูงสุด ($p<0.05$) มีค่าความหนืดต่ำสุด (0.08 Pa.s) และมีค่า pH 3.62 โยเกิร์ตพร้อมดื่มมี TLAB 6.3×10^7 CFU/ml และไม่พบเชื้อก่อโรค มีพลังงานต่อหน่วยบริโภค (150 ml) เท่ากับ 83.75 kcal

คำสำคัญ: ข้าวหอมมะลิ ถั่วขาว โยเกิร์ตพร้อมดื่มซินไบโอติก

คำนำ

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก เช่น *Lactobacillus bulgalicus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยเชื้อจะหมักน้ำตาลแล็กโทสในนมและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก ทำให้นมตกตะกอนเป็นเคิร์ด (Curd) และมีรสเปรี้ยว จึงเหมาะกับผู้บริโภคที่มีปัญหาการแพ้น้ำตาลแล็กโทส อีกทั้งยังช่วยให้ลำไส้ดูดซึมธาตุอาหารต่างๆ ได้มากขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ และป้องกันการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร (จารุวรรณ, 2543) โยเกิร์ตจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายสำหรับผู้ที่รักสุขภาพ แต่โยเกิร์ตจากนมวัวก็ยังคงมีข้อจำกัดสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่แพ้น้ำตาลแล็กโทสหรือกลุ่มผู้บริโภคมังสวิรัติ การนำข้าวและถั่วเมล็ดแห้งมาเตรียมเป็นน้ำนมและนำไปหมักเป็นโยเกิร์ตจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคดังกล่าว โดยนอกจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายครบถ้วนแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของไทย ข้าวอุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทั้ง คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ (เพ็ญพิมพ์, 2553) ถั่วขาวมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง ไขมันต่ำ มีใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย(USDA, 2016) และยังมีสารฟาซิโอลามีน (Phaseolamin) ที่มีสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส สามารถยับยั้งการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตไม่ให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล (Mosca และคณะ, 2008) ช่วย

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพฯ 10400
[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400

ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วนและโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่นๆ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะพัฒนาโยเกิร์ตพร้อมดื่มแบบซินไบโอติกจากข้าวหอมมะลิ 105 และถั่วขาวโดยมีส่วนผสมของ FOS ที่เป็นพรีไบโอติกและใช้เชื้อโพรไบโอติกในการหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวหอมมะลิ 105 (*Oryza sativa* L.) จากกลุ่มเกษตรกรอำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ และถั่วขาวพันธุ์ปางดะ (*Phaseolus vulgaris* L.) จากมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ นำมาบดให้มีขนาด 80 mesh วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า (AOAC, 2005) และ คาร์โบไฮเดรต (100-%ความชื้น-%โปรตีน-%ไขมัน-%เถ้า) เตรียมน้ำนมข้าวผสมถั่วขาวโดยใช้แป้งข้าวหอมมะลิ 3% และ แป้งถั่วขาว 4.25% แปรปริมาณของ FOS (BENEO, Belgium) เป็น 3 ระดับ คือ 5 ,10 และ 15% โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือเป็นน้ำ บรรจุลงในขวดแก้วที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เขย่าผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนในหม้อต้มที่ 90 °C เป็นเวลา 15 นาที นึ่งในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ 110°C ความดัน 15 ปอนด์/นิ้ว^2 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตผง ABT-5 Probiotic culture-Probio-Tec® contains BB-12 ® ที่มีเชื้อตั้งต้น *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* และเชื้อโพรไบโอติก *Bifidobacterium* (Chr. Hansen Holding, Denmark) เขย่าเบาๆ เพื่อให้หัวเชื้อโยเกิร์ตกระจายทั่วน้ำนมข้าวผสมถั่วขาว บ่มในตู้บ่มที่ 42°C จนมีค่า pH เท่ากับ 4 หรือต่ำกว่า ลดอุณหภูมิโยเกิร์ตให้เหลือ 4-5 °C ตรวจนับจำนวน TLAB โดยเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar (Mersk, Darmstadt, Germany) ตามวิธีของ Casteele และคณะ (2006) เลือกสูตรโยเกิร์ตที่มีจำนวน TLAB ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 353 เรื่อง นมเปรี้ยว ไปพัฒนาต่อเป็นโยเกิร์ตพร้อมดื่ม แปรสัดส่วนระหว่างโยเกิร์ตและน้ำเบอร์รี่ 100% เป็น 3 อัตราส่วน คือ 60:40, 70:30 และ 80:20 ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่า pH ด้วย pH-meter วัดความหนืดโดยเครื่อง Rheometer (Model MARS III, HAAKE, USA) โดยใช้หัววัด Cup Z43 และ Rotor Z31 ที่อุณหภูมิ 5°C shear rate 50s^{-1} วัดค่าสีระบบ CIE (L*, a*, b*) ด้วย spectrophotometer (Hunter Lab Color Flex EZ, German) วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา โดยตรวจหา coliforms และ *E. coli* ด้วยวิธี multiple tube fermentation (Feng และคณะ, 2002) ตรวจหาเชื้อก่อโรค ได้แก่ *Salmonella* spp. (Andrews และคณะ, 2007), *Staphylococcus aureus* (Bennett และ Lancette , 2001) และ *Bacillus cereus* (Tallent และคณะ, 2001) ตรวจนับจำนวน TLAB (Casteele และคณะ, 2006) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic test ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน นำสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า (AOAC, 2005) และ คาร์โบไฮเดรต และคำนวณค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (150 ml)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่าถั่วขาวมีปริมาณโปรตีนและเถ้าสูงกว่าข้าวหอมมะลิเกือบ 3 และ 2 เท่า ตามลำดับ แต่ข้าวหอมมะลิมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าถั่วขาวเกือบ 20% เนื่องจากข้าวสารที่ผ่านการสีมีกรดอะมิโนไลซีนและธรีโอนินต่ำ โยเกิร์ตจากข้าวเพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนและธรีโอนินต่ำ(รัชนี และ สุรพงษ์, 2555) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย การนำถั่วขาวมาเป็นส่วนผสมจะทำให้โยเกิร์ตมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน นอกจากนี้ยังมีสารฟาซิโอลามีน (Phaseolamin) ที่มีสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส สามารถยับยั้งการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตไม่ให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล (Mosca และคณะ, 2008) จาก Table 2 พบว่าเมื่อใช้ FOS ซึ่งเป็นพรีไบโอติกซึ่งเป็นอาหารที่ช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโปรไบโอติก คือ *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium* ในการหมักโยเกิร์ตในปริมาณ 10-15% จะทำให้มีปริมาณของ TLAB 7.8x10^7 และ 1.8x10^8 CFU/ml (Table 2) ซึ่งเป็นไปตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่องนมเปรี้ยว ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในกรรมวิธีการหมักคงเหลือในนมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 กรัมไม่น้อยกว่า10,000,000 โคโลนี (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556) ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการหมักที่ใช้ FOS 10% ในการหมักโยเกิร์ตข้าวและถั่วขาว นำโยเกิร์ตที่ได้ไปผลิตเป็นโยเกิร์ตพร้อมดื่มโดยผสมกับน้ำเบอร์รี่ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าโยเกิร์ตที่มีอัตราส่วนของโยเกิร์ตต่อน้ำเบอร์รี่เป็น 60:40 มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำสุด แต่มีค่าสีแดง (a*) และ สีเหลือง (b*) สูงสุด ($p<0.05$) (Figure1) นอกจากนี้ยังมีคะแนนความชอบในด้านกลิ่นรส รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$) (Figure 2) - เนื่องจากมีสัดส่วนของน้ำเบอร์รี่ที่มีสีม่วงแดงสูงสุด (40%) เมื่อวัดค่าความหนืดของโยเกิร์ตพร้อมดื่มพบว่ามีค่าต่ำสุด (0.08 Pa.s) (Table 3) เนื่องจากมีสัดส่วนของโยเกิร์ตที่ให้ความข้นหนืดกับผลิตภัณฑ์ต่ำสุด (60%) แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ชอบโยเกิร์ตพร้อมดื่มที่มีความหนืดสูง ซึ่งสัมพันธ์กับคะแนนในด้านรสชาติซึ่งหากใช้สัดส่วนของโยเกิร์ตสูงสุด (80%) จะทำให้คะแนนด้านรสชาติและความหนืดต่ำสุด คือ 4.07 และ 4.80 ตามลำดับ ($p<0.05$) ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ เนื่องจากโยเกิร์ตพร้อมดื่มมีรสชาติเปรี้ยวและหนืดมากเกินไป ดังนั้น อัตราส่วนของโยเกิร์ตและน้ำเบอร์รี่ที่เหมาะสมในการผลิต

โยเกิร์ตพร้อมดื่ม คือ 60 : 40 โยเกิร์ตที่ได้มีค่า pH 3.62 (Table 3) มี TLAB 6.3 × 10^7 CFU/ml (Table 4) และไม่พบเชื้อก่อโรค (Table 5) มีพลังงานต่อหน่วยบริโภค (150 ml) 83.75 kcal (Table 1)

สรุปผล

ปริมาณของ FOS ที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตซินไบโอติกจากข้าวหอมมะลิและถั่วขาวผสม คือ 10% อัตราส่วนของโยเกิร์ตต่อน้ำเบอรี่ที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่ม คือ 60:40

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย บริษัท DPO (Thailand) Ltd. ที่สนับสนุน FOS และ บริษัท Brenntag (Thailand) Co Ltd. ที่สนับสนุนเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ต

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ ศิริพรรณ, 2543, โยเกิร์ตอาหารเพื่อสุขภาพ, วารสารอาหาร, 30(4): 292-297.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556, ฉบับที่ 353 (พ.ศ. 2556) ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 130 ตอนพิเศษ 87 (ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2556).

เพ็ญพิมพ์ มคะปุญโญ, 2553, การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องหอมนิล, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชนี ไสยประจง และ สุรพงษ์ พินิจกลาง, 2555, การศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนและส่วนประกอบกรดอะมิโนในข้าวหลายสายพันธุ์จากประเทศไทย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(2)(พิเศษ): 277-280.

Andrews, W.H., Jacobson, A. and Hammack, T., 2007, *Salmonella* In: Bacteriological Analytical Manual 8th ed., Rev. A.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Chemists International. Gaithersburg, Maryland.

Bennett, R.W. and Lancette, G.A., 2001, *Staphylococcus aureus,* Chapter 12, In FDA Bacteriological Analytical Manual, 8th ed., Rev. A.

Mosca, M., Boniglia, C., Carratu, B., Giammarioli, S., Nera, V. and Sanzini, E., 2008, Determination of α-Amylase Inhibitor Activity of Phaseolamin from Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris*) in Dietary Supplements by HPAEC-PAD, Analitica Chimica Acta, 617: 192-195.

Tallent, S.M., Rhodehamel, E.J., Harmon, S.M. and Bennett R.W, 2001, *Bacillus cereus,* In FDA Bacteriological Analytical Manual, 8th ed., Rev. A.

USDA, 2016, Basic report 16037, Beans, Navy, Mature Seeds, Raw National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 Slightly Revised. Report Date: November 28, 2016 03:45 ESTFeng P, Weagant S.D., Grant M.A., Burkhardt W., 2002, Chapter 4: Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria In: Bacteriological Analytical Manual online, U.S. Food & Drug Administration. Available at http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm064948.htm

Van de Casteele, S., Vanheuverzwijn, T., Ruyssen, T., Van Assche P., Swings J. and Huys, G, 2006, Evaluation of Culture Media for Selective Enumeration of Probiotic Strains of Lactobacilli and Bifidobacteria in Combination with Yoghurt or Cheese Starters, International Dairy Journal, 16: 1470–1476.

Table 1 Chemical compositions of jasmine rice, white kidney bean and synbiotic drinking yogurt.

Compositions (%)	Jasmine rice	White kidney bean	Synbiotic drinking yogurt
Moisture	8.14±0.15	8.10±0.08	85.70±0.04
Protein	8.40±0.32	23.21±0.06	0.17±0.01
Fat	3.11±0.02	3.50±0.04	0.35±0.01
Ash	0.22±0.02	2.81±0.06	0.87±0.02
Crude fiber	3.78±0.09	3.91±0.03	0.08±0.03
Carbohydrate	76.34±0.42	58.47±0.04	18.99±0.04
Total energy (kcal)	8.14±0.15	8.10±0.08	83.75

Table 2 TLAB of synbiotic drinking yogurt fermented with various FOS contents.

FOS (%)	TLAB (CFU/ml)
5	$4.8x10^{7}$
10	$7.8x10^{7}$
15	$1.8x10^{8}$

Table 3 pH value and viscosities of synbiotic drinking yogurt prepared by varying ratios of yogurt and berry juice.

Yogurt: Berry juice (%)	pH	Viscosity (Pa.s)
60:40	3.62 ± 0.01^{a}	0.08 ± 0.00^{c}
70:30	3.59 ± 0.00^{ab}	0.13 ± 0.00^{b}
80:20	3.56 ± 0.02^{b}	0.25 ± 0.01^{a}

Table 4 The TLAB of synbiotic drinking yogurt prepared by varying ratios of yogurt and berry juice.

Yogurt : Berry juice (%)	TLAB (CFU/ml)
60:40	6.3x107
70:30	6.4x107
80:20	6.9x107

Table 5 Coliform bacteria, Salmonella spp., *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* of synbiotic drinking yogurt prepared by varying ratios of yogurt and berry juice.

Yogurt : Berry juice (%)	Coliform bacteria (MPN/100 ml)	Salmonella spp.	Bacillus cereus (CFU/ml)	Staphylococcus aureus
60:40	<3.0	ไม่พบใน 25 ml	<100	ไม่พบใน 0.1 ml
70:30	<3.0	ไม่พบใน 25 ml	<100	ไม่พบใน 0.1 ml
80:20	<3.0	ไม่พบใน 25 ml	<100	ไม่พบใน 0.1 ml

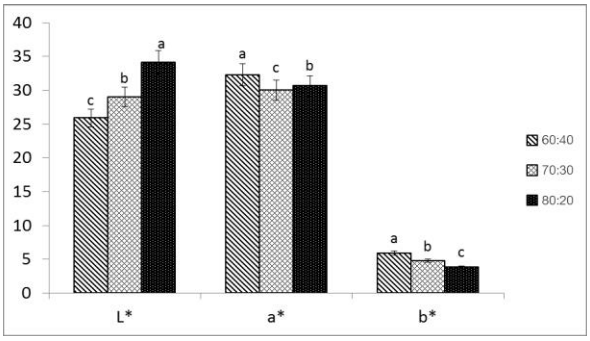


Figure 1 The color values of synbiotic drinking yogurt prepared by varying ratios of yogurt and berry juice.

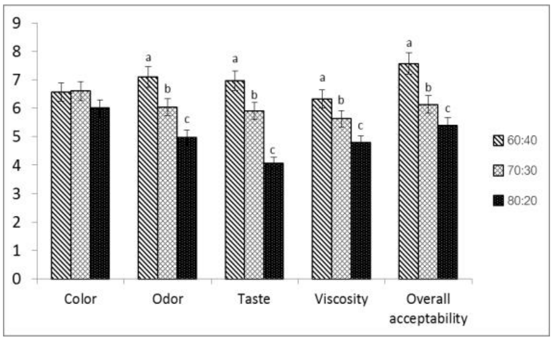


Figure 2 Sensory properties of synbiotic drinking yogurt prepared by varying ratios of yogurt and berry juice.

ผลของไคโตซานต่อความงอกและผลผลิตของข้าว

Effect of Chitosan on Seed Germination and Yield in Rice

ชลธิชา เสนาพันธ์[1] ศุภชัย อำคา[2] และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง[1]

Senaphan, C.[1], Amkha, S.[2] and Rungcharoenthong, P[1]

Abstract

Effects of chitosan applications on seed germination and yield of rice RD47 were investigated. The experiment was a completely randomized design by soaking rice seeds in 7 different concentrations of chitosan at 0, 60, 120, 240, 480, 960 and 1,920 mg/L. Days to emergence, germination index, and germination percentage were recorded. In addition, rice plants were treated with these chitosan concentrations 3 times during the growing stage. Plant /tiller and yield were collected. Results showed that chitosan soaking at 240-960 mg/L could improve days to emergence, germination index, germination percentage, and seedling growth rate compared to the control. Furthermore, chitosan application during the growing stage had a trend to increase the number of plants per tiller, fill seed percentage and fill seed weight per tiller. Chitosan applications above 60 mg/L promoted rice seed yields. Chitosan at 960 mg/L resulted in the maximum fill seed percentage and total seed weight.

Keywords: rice, chitosan, seed germination, yield improvement

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของไคโตซานต่อความงอกและผลผลิตข้าว กข 47 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในไคโตซานที่ความเข้มข้น 7 ระดับ คือ 0, 60, 120, 240, 480, 960 และ 1,920 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการบันทึกระยะเวลาในการเกิดราก ดัชนีการงอก ค่าความงอกมาตรฐาน อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า นอกจากนี้ทำการปลูกข้าวและให้ไคโตซานทั้ง 7 ระดับ 3 ครั้ง ก่อนเก็บข้อมูลการแตกกอ และผลผลิต ผลการทดลองพบว่า การให้ไคโตซานที่ 240-960 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งเสริมระยะเวลาในการเกิดรากเร็ว ดัชนีการงอก ค่าความงอกมาตรฐาน อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าสูงกว่าชุดควบคุม และการให้ไคโตซานในระหว่างการปลูกมีแนวโน้มส่งเสริมการแตกกอ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนักเมล็ดดีต่อกอเพิ่มสูงกว่าชุดควบคุม โดยการให้ตั้งแต่ 60 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเพิ่มผลผลิตข้าว และการให้ 960 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและน้ำหนักรวมต่อชุดทดลองสูงที่สุด

คำสำคัญ: ข้าว ไคโตซาน ความงอก ผลผลิต

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ โดยในปี พ.ศ. 2558 มีพื้นที่การเพาะปลูก 65,020,357 ไร่ ปริมาณผลผลิต 27.42 ล้านตัน (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2559) ดังนั้นเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพจึงเป็นที่ต้องการ ในปัจจุบันมีการศึกษาเพื่อจะยกระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยใช้ธาตุอาหารหรือสารสกัดชีวภาพเพื่อให้ได้ต้นกล้าที่มีความสมบูรณ์และแข็งแรงรวมถึงทนทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช ดังมีรายงานของ กนกวรรณ และ พรไพรินทร์ (2558) พบว่า การให้ไคโตซานสามารถลดการแพร่กระจายของโรคใบจุดสีน้ำตาลในข้าวหอมนิล โดยไปกระตุ้นการสร้างสาร salicylic acid ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของพืช นอกจากนี้ไคโตซานยังส่งเสริมการงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (Guan และคณะ, 2009) และยังพบว่า ไคโตซานช่วยในการสร้างสาร phytoalexin และ phenolic compound เพื่อยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรค ลดการเข้าทำลาย การแพร่กระจาย และการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรค (Uthairatanakij และคณะ, 2007) อีกทั้งช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวเมื่อฉีดพ่นไคโตซานความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/ลิตร

[1] สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[1] Botany Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaenSaen campus, NakhonPathom, 73140

[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhonpathom, 73140

ร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ (Boonreung และ Boonlertnirun, 2013) เนื่องด้วยไคโตซานเป็นสารชีวภาพจึงไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และปลอดภัยต่อผู้ใช้ อีกทั้งยังเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะแร่ธาตุในดินทำให้จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในดินมีจำนวนมากขึ้น ทำให้ดินมีคุณภาพ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาผลของไคโตซานต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว เพื่อใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของไคโตซานต่อการงอกและผลผลิตข้าว กข47 โดยใช้สารละลายไคโตซาน 7 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 60, 120, 240, 480, 960 และ 1,920 มิลลิกรัม/ลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) แบ่งออกเป็นการทดสอบความงอก โดยนำเมล็ดข้าวพันธุ์ กข47 แช่ในสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (วัลลภา, 2555) หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดไปทดสอบความงอกบนกระดาษ จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด บันทึกผลการทดลอง 1) ระยะเวลาในการเกิดราก = ผลรวมของ (จำนวนวันที่การแทง radicle ออกมา x จำนวนวันหลังเพาะ) / จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่มีการแทงราก (radicle) ออกมา (Dhillon, 1995) 2) ดัชนีความงอก = ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติ / จำนวนวันหลังเพาะ) 3) ค่าความงอกมาตรฐาน = (จำนวนต้นกล้าปกติ / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) x 100 (ISTA, 2013) และศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าโดยการเพาะเมล็ดในวัสดุปลูกอายุ 14 วันหลังเพาะ บันทึกความสูงของต้นกล้า นอกจากนี้ยังทดสอบการเจริญเติบโตและผลผลิต โดยย้ายต้นกล้าข้าวพันธุ์ กข47 ที่อายุ 30 วัน ลงกระถางขังน้ำ ชุดทดลองละ 5 กระถาง กระถางละ 3 ต้น ทำการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานทางใบทุกๆ 7 วันหลังปักดำ บันทึกผลการทดลอง นับการแตกกอที่อายุ 1 เดือนหลังปักดำ ผลผลิต โดยตรวจนับ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบ น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดดีต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อกอ และน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดต่อชุดการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการเพาะมีแนวโน้มทำให้ระยะเวลาในการเกิดรากเร็ว ค่าดัชนีความงอก ค่าความงอกมาตรฐาน และอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดควบคุม โดยไคโตซานที่ความเข้มข้น 480 และ 960 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ระยะเวลาในการเกิดรากเร็วที่สุด คือ 2.40 และ 2.48 วัน ตามลำดับ และแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (Table 1) และการให้ไคโตซานส่งเสริมให้ดัชนีความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น คือที่ความเข้มข้น 240-960 มิลลิกรัม/ลิตร มีดัชนีความงอกสูงสูงที่สุด 15.28-15.88 เมล็ดข้าวที่ได้รับไคโตซานความเข้มข้นสูงที่ 240-1,920 มิลลิกรัม/ลิตร มีความงอกมาตรฐาน (97.5-98%) และอัตราการเจริญเติบโตสูง (12.42-13.27 ซม.) ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่มีแตกต่างทางสถิติกับการใช้ที่ความเข้นข้นต่ำและชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mahdavi และ Rahimi (2013) พบว่า การแช่เมล็ด ajowan (*Carum copticum*) ด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5% มีผลให้ความยาวรากและน้ำหนักแห้งมากกว่าความเข้มข้นอื่นๆ เช่นเดียวกับ Guan et al. (2009) รายงานว่า การกระตุ้นความงอกด้วยไคโตซานโดยเพิ่มดัชนีการงอก ความงอกมาตรฐาน และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดภายใต้สภาวะเครียดจากอุณหภูมิต่ำได้

นอกจากนี้การให้ไคโตซานกับต้นข้าวในระหว่างการปลูกส่งเสริมการแตกกอและผลผลิตข้าวเพิ่มมากขึ้น โดยการให้ตั้งแต่ 60-1,920 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้อัตราการแตกกอ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนักเมล็ดดี จำนวนเมล็ดดี และน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดมากกว่าชุดควบคุม (Table 2) โดยการให้ไคโตซาน 960 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงสุด 79.05% เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบน้อยสุด 28.10% น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด 189.51 กรัม/ชุดการทดลอง ส่วนสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1,920 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถส่งเสริมน้ำหนักและจำนวนเมล็ดดีสูง 9.05 กรัม/กอ และ 316.25 เมล็ด/กอ ตามลำดับ Boonreung และ Boonlertnirun (2013) รายงานว่าการฉีดพ่นไคโตซานสามารถกระตุ้นให้พืชมีความเขียวใบเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้มากขึ้นจึงมีการเจริญเติบโตหรือการแตกกอและเพิ่มปริมาณผลผลิตมากขึ้น รวมถึงรายงานของ Boonlertnirun และคณะ (2012) พบว่า การฉีดพ่นสารไคโตซานความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมี ส่งเสริมปริมาณผลผลิตข้าว โดยสารไคโตซานช่วยกระตุ้นให้พืชมีการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารได้มากขึ้น เนื่องจากโครงสร้างของไคโตซานประกอบด้วยธาตุไนโตรเจนซึ่งเมื่อสลายตัวจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนให้แก่ดิน และยังมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถจับกับไอออนต่างๆ ที่เป็นประโยชน์กับพืช เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสเฟต และไนเตรท แล้วค่อยปลดปล่อยสารอาหารเหล่านี้ให้แก่พืช นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถลดการชะล้างและช่วยให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้น (รัฐ, 2543)

สรุปผล

การให้ไคโตซานความเข้มข้น 240-960 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งเสริมความงอก อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า และการให้ตั้งแต่ 60 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเพิ่มผลผลิตข้าว โดยที่ 960 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและน้ำหนักรวมต่อชุดทดลองสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ วัฒนากร และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง, 2558, ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและระดับการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในข้าวเจ้าหอมนิล, การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, หน้า 621-629.

รัฐ พิชญางกูร, 2543, คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารไคติน-ไคโตซานที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร, เอกสารประกอบการประชุมเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ร่วมกับชมรมไคติน-ไคโตซาน, กรุงเทพฯ, หน้า 21-24.

วัลลภา แย้มศรี, 2555, การกระตุ้นการงอกด้วยวิธี Hydropriming ร่วมกับซิลิกอนในเมล็ดพันธุ์ข้าว, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 49.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2559, ผลผลิตข้าว [สืบค้น], http://www.thairiceexporters.or.th/production.htm [21/ July/ 16].

Boonlertnirun, S., 2012, Chitosan in Combination with Chemical Fertilizer on Agronomic Traits and Some Physiological Responses Relating to Yield Potential of Rice (*Oryza sativa* L.), Research Journal of Biological Science, 7(2): 64-68.

Boonreung, C. and Boonlertnirun, S., 2013, Effect of Chitosan for Controlling Dirty Panicle Disease in Rice Plants, ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 8(5): 380-384.

Dhillon, N.P.S., 1995, Seed Priming of Male Sterile Muskmelon (*Cucumis melo* L.) for Low Temperature Germination, Seed Science and Technology, 23: 881-884.

Guan, Y.J., Hu, J., Wang, X.J. and Shao, C.X., 2009, Seed Priming with Chitosan Improves Maize Germination and Seedling Growth in Relation to Physiological Changes under Low Temperature Stress, Journal of Zhejiang University Science B (Biomedicine & Biotechnology), 10(6): 427-433.

International seed testing association (ISTA), 2013, International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland.

Mahdavi, B, 2013, Seed Germination and Growth Responses of Isabgol (*Plantago ovate* Forsk) to Chitosan and Salinity, International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(10): 1084-1088.

Uthairatanakij, A., Teixeira da Silva, J.A. and Obsuwan, K., 2007, Chitosan for Improving Orchid Production and Quality, Orchid Science and Biotechnology, 1(1): 1-5.

Table 1 Effect of chitosan on attributes of seed germination in rice RD47.

Chitosan (mg/L)	Days to emergence	Germination index	Germination percentage (%)	Seedling growth rate (cm)
0	3.03a	13.48c	86.50c	11.41cd
60	2.68ab	14.38bc	93.25b	11.09d
120	2.60ab	14.53bc	93.25b	11.64b-d
240	2.68ab	15.88a	97.50a	12.42a-d
480	2.40b	15.28ab	97.00ab	13.03ab
960	2.48b	15.78a	98.00a	13.27a
1,920	2.83ab	14.60bc	98.00a	12.88a-c
C.V. (%)	7.76	3.71	2.05	5.74
F-test	0.01	0.01	0.01	0.01

Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT at P< 0.01.

Table 2 Effect of chitosan on improvement of the growth and seed yield in rice RD47.

Chitosan (mg/L)	Tillers numbers (plants/tiller)	Fill seed (%)	Unfill Seed (%)	100 fill seed weight (g)	Number fill seed per tiller	Fill seed weight (g/tiller)	Total seed weight (g/treatment)
0	12.50b	44.65d	56.15a	2.879	199.25e	5.66c	101.93g
60	15.75ab	66.10bc	34.43bc	2.851	220.00d	6.20bc	111.68f
120	16.50a	60.75c	31.03bc	2.827	292.25bc	7.75a-c	126.36e
240	16.75a	68.28b	30.38bc	2.840	288.75c	8.45ab	146.61d
480	16.75a	70.90b	30.90bc	2.884	277.75c	7.95ab	154.88c
960	15.75ab	79.05a	28.60c	2.873	311.25ab	8.91a	189.51a
1920	14.50ab	64.48bc	35.00b	2.863	316.25a	9.05a	162.85b
C.V. (%)	10.04	5.07	7.67	3.07	3.71	13.55	1.32
F-test	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT at $P < 0.01$.

ผลของความเข้มข้นของแป้งข้าวต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลผสมและไส้กรอกมังสวิรัติ

Effects of Rice Flour Concentration on Textural Properties of Mixed Gel and Vegan Sausage

โศรดา วัลภา[1] จันสุดา คำภา[1] และ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์[1]

Wanlapa, S.[1], Kampha, J.[1] and Sittisam-ang, D.[1]

Abstract

This study was aimed to investigate effects of rice flour concentrations and amylose contents on textural properties of mixed gel and vegan sausage determined by Texture Profile Analysis (TPA). Concentration of high amylose rice flour (HA) had no significant effect on hardness of the mixed gels. Increased flour concentration resulted in the decrease in springiness and cohesiveness of the mixed gels. However, increased concentration of low amylose rice flour (LA) gave mixed gels with significantly lower all TPA parameters. The concentration of HA less than 75% had no significant effect on hardness and cohesiveness of the vegan sausages but the increase in concentration of HA exhibited significantly lower springiness values. Increased concentration of LA significantly reduced all TPA parameters of vegan sausage. All textural parameters of mixed gels exhibited highly correlated to the textural parameters of vegan sausages.

Keywords: rice, amylose content, texture profile analysis, vegan sausage

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของความเข้มข้นและปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าวต่อเนื้อสัมผัสของเจลผสมและไส้กรอกมังสวิรัติที่ตรวจสอบด้วยวิธี Texture Profile Analysis ความเข้มข้นของแป้งข้าวอะมิโลสสูงที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่าความแข็งของเจลผสมอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลทำให้ทั้งค่าความยืดหยุ่นและค่า cohesiveness ของเจลผสมลดลง การเพิ่มความเข้มข้นของแป้งข้าวอะมิโลสต่ำในส่วนผสมกลับทำให้ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่นและ cohesiveness ลดลง แป้งข้าวอะมิโลสสูงที่เติมในส่วนผสมไม่เกิน 75% ไม่มีผลต่อค่าความแข็งและcohesiveness ของไส้กรอกอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณการเติมแป้งข้าวอะมิโลสสูงไม่มีผลทำให้ค่าความยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาณข้าวอะมิโลสต่ำที่เพิ่มขึ้นกลับทำให้ค่าตัวแปรเนื้อสัมผัสทั้งสามลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ค่าตัวแปรเนื้อสัมผัสทั้งหมดของเจลผสมพบว่า มีความสัมพันธ์กับค่าตัวแปรเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมังสวิรัติระดับสูง

คำสำคัญ: ข้าว ปริมาณอะมิโลส ไส้กรอกมังสวิรัติ

คำนำ

การเติบโตทางเศรษฐกิจของโลกทำให้ผู้คนต่างมีระดับรายได้ที่สูงขึ้น รูปแบบการบริโภคของคนทั่วโลกจึงเปลี่ยนแปลงจากอดีตที่บริโภคอาหารที่มีพืชเป็นส่วนประกอบหลัก (Plant-based diet) เป็นอาหารที่มีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์เป็นส่วนประกอบหลัก แม้ว่าเนื้อสัตว์จะเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญแต่การบริโภคเนื้อสัตว์ในปริมาณมากเกินกว่าความต้องการของร่างกายกลับส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาว โดยมีความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมากขึ้น เช่น มะเร็ง หลอดเลือดหัวใจอุดตัน เส้นเลือดในสมองแตก เบาหวาน เป็นต้น (Pan และคณะ, 2012) จากการที่ร่างกายได้รับสารซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพ เช่น ไขมันอิ่มตัว สาร heterocyclic amines และ polycyclic aromatic hydrocarbons จากการปรุงสุกที่อุณหภูมิสูง เช่น ทอด ปิ้ง ย่าง หรือการใช้โซเดียมไนเตรท/โซเดียมไนไตรท์ เพื่อยืดอายุและปรับสีผลิตภัณฑ์ เป็นต้น นอกจากนี้อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ยังเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะโรคร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Steinfeld และคณะ, 1996) ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้บริโภคจำนวนมากทั่วโลกเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมโดยหันมาบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีแหล่งโปรตีนจากพืชมากขึ้น อย่างไรก็ตามการทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้โปรตีนจากพืชแทนเนื้อสัตว์มีลักษณะเนื้อสัมผัสเช่นเดิม และเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคยังคงเป็นประเด็นที่มีความท้าทายสำหรับการวิจัยและพัฒนา (Wilkinson และ

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 เทคโนธานี คลองห้า คลองหลวง ปทุมธานี 12120

[1] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) 35 Mu 3 Technopolis, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

คณะ, 2000) ซึ่งปัจจัยของความสำเร็จดังกล่าวขึ้นอยู่กับความเข้าใจกลไกของการสร้างโครงสร้างและเนื้อสัมผัสขององค์ประกอบที่ใช้ในการผลิต ไบโอพอลิเมอร์เจล (Biopolymer gel) นับเป็นระบบจำลอง (Model system) ที่ใช้ในการศึกษากลไกของการสร้างโครงสร้าง ตลอดจนความสัมพันธ์ของโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของอาหาร เนื่องจาก ประกอบด้วยองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อน และสามารถใช้ในเลียนแบบโครงสร้างของผลิตภัณฑ์อาหารจริง ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในและต่างประเทศ ไส้กรอกมีโครงสร้างที่เป็นอิมัลชัน (Emulsion) ของไขมันในน้ำ (Oil in water) และมี Myofribrillar protein ในเนื้อสัตว์ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ในการพัฒนาไส้กรอกมังสวิรัติให้มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับไส้กรอกจากเนื้อสัตว์จำเป็นต้องพิจารณาคัดเลือกองค์ประกอบหลักที่ใช้ในการพัฒนาโครงสร้างของไส้กรอก โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy protein isolate) และแป้งข้าวเป็นไบโอพอลิเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไป และยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสที่พัฒนาจากองค์ประกอบทั้งสอง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าว 2 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวอะมิโลสสูงและต่ำและปริมาณโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองต่อเนื้อสัมผัสของเจลผสม (Mixed gel) ซึ่งเป็นไบโอพอลิเมอร์เจลที่ใช้ในการจำลองโครงสร้างของไส้กรอกมังสวิรัติ และต่อเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมังสวิรัติ รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อสัมผัสของเจลผสมและไส้กรอกมังสวิรัติ

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ ข้าว (*Oryza sativa* L.) พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ปริมาณอะมิโลส 19% db) และพันธุ์เสาไห้ (ปริมาณอะมิโลส 34.32% db) โดยวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสตามวิธีของ Juliano (1971) เตรียมแป้งจากข้าวทั้งสองพันธุ์ด้วยวิธีบดเปียกตามวิธีของ Yoenyongbuddhagal และ Noomhorm (2000) โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy protein isolate, SPI, ปริมาณโปรตีน 91.2% db) ได้รับจาก Sinoglory Enterprise group Co., Ltd (ประเทศจีน) เตรียมเจลผสม (mixed gel)จากแป้งข้าวทั้งสองพันธุ์และ SPI โดยแปรอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวและ SPI 5 ระดับคือ 100:0%, 75:25%, 50:50%, 25:75% และ 0: 100% นำส่วนผสมของแป้งข้าวและ SPI ผสมกับน้ำให้มีความเข้มข้น 20% ในถ้วยอะลูมิเนียมทรงกระบอกขนาด ϕ 3.5×สูง 6.5 ซม. ปิดปากถ้วยด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ ให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิเป็น 30±2 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ เตรียมตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลผสมด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ดัดแปลงจากวิธีของ Bourne (1982) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer TA-TX2i (Stable Micro Systems, Surrey, England) กดตัวอย่างด้วยหัวกดทรงกระบอกขนาด ϕ 2.5 ซม. (P/25) เป็นระยะ 25% ของความสูงของเจลเริ่มต้น ด้วยอัตราเร็วที่คงที่คือ 1 มม.ต่อวินาที จำนวน 2 ครั้ง โดยใช้น้ำหนักกดคงที่คือ 20 กก. ตัวแปรที่ได้จากการวัด ประกอบด้วย ค่าความแข็ง (hardness) คือ ค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดครั้งแรก (กรัม) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) คือ ระยะทางที่ตัวอย่างคืนตัวกลับมาจากการกดครั้งที่ 2 ต่อการกดครั้งแรก และ cohesiveness คือ อัตราส่วนของงานในการกดครั้งที่ 2 ต่อการกดครั้งแรก เตรียมไส้กรอกมังสวิรัติโดยผสมแป้งข้าวและ SPI ในปริมาณ 30% น้ำ 67% เกลือ 1% น้ำตาลและเครื่องปรุงรส 1% และน้ำมันถั่วเหลือง 1% ให้เข้ากันด้วยเครื่องสับผสมเนื้อสัตว์ (Model TC11, Scharfen, Germany) พักส่วนผสมในภาชนะปิดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำมาอัดลงไส้พลาสติกด้วยเครื่องอัดไส้กรอก (Mainca, Spain) มัดไส้ให้มีขนาดความยาว 10 ซม. นำไปต้มในน้ำอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นจึงนำไปบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C ก่อนนำมาตรวจสอบเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis โดยตัดไส้กรอกให้มีความยาว 2 ซม. กดไส้กรอกในแนวตั้ง 2 ครั้งเป็นระยะ 50% ของความสูงด้วยหัวกดทรงกระบอกขนาด ϕ 2.5 ซม. (P/25) ด้วยอัตราเร็วที่คงที่คือ 1 มม.ต่อวินาที จำนวน 2 ครั้ง โดยใช้น้ำหนักกดคงที่คือ 20 กก.ตรวจสอบตัวอย่างละ 5 ซ้ำ นำข้อมูลเนื้อสัมผัสของเจลผสมและของไส้กรอกมังสวิรัติมาวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น เพื่อใช้ในการทำนายเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมังสวิรัติจากค่าเนื้อสัมผัสของเจลผสม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสตาร์ชจากข้าวต่อเนื้อสัมผัสของเจลผสม

ค่าเนื้อสัมผัสของเจลผสมระหว่างโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) และแป้งจากข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำและสูง ซึ่งวัดด้วยวิธี TPA แสดงไว้ใน Table 1 จากการทดลองพบว่า ปริมาณแป้งข้าวพันธุ์เสาไห้ ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณแป้งข้าวอะมิโลสสูงไม่มีผลต่อความแข็งของเจลในช่วง 0% ถึง 75% ($p>0.05$) และไม่มีผลต่อค่าความยืดหยุ่นของเจลในทุกความเข้มข้น ($p>0.05$) ค่า Cohesiveness ของเจลผสมลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวอะมิโลสสูง ($p\leq0.05$) รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปร

เนื้อสัมผัสของเจลผสมมีลักษณะที่แตกต่างจากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นเมื่อเปลี่ยนเป็นแป้งข้าวอะมิโลสต่ำ โดยปริมาณแป้งข้าวอะมิโลสต่ำที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เจลผสมมีความแข็งลดลง ($p \leq 0.05$) การเพิ่มแป้งข้าวอะมิโลสต่ำในปริมาณไม่เกิน 50% พบว่าไม่ทำให้ค่าความยืดหยุ่นของเจลผสมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 75% และ 100% พบว่ามีผลทำให้ความยืดหยุ่นของเจลผสมลดลง ($p \leq 0.05$) ค่า cohesiveness ของเจลผสมมีค่าผกผันกับปริมาณแป้งข้าวอะมิโลสต่ำในส่วนผสมที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองมีความแตกต่างจากผลของ Ribotta และคณะ (2007) และ Sun และ Xiong (2014) ซึ่งพบว่าปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เจลผสมจากแป้งสาลีและ SPI และจากสตาร์ชและโปรตีนจากถั่วมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากชนิดของแป้ง ปริมาณอะมิโลสที่มีในแป้ง ชนิดของโปรตีน ปริมาณน้ำและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เกิดเจลแตกต่างกัน โครงสร้างของเจลที่ได้จึงแตกต่างกัน สัดส่วนของ SPI และแป้งมีผลโดยตรงต่อโครงสร้างและเจลผสม โดยจากการทดลองของ Li และคณะ (2007) พบว่า เจลผสมจากโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลืองและสตาร์ชข้าวโพดที่มีความเข้มข้นของสตาร์ชต่ำ (<20%) โครงสร้างมีลักษณะเป็นโครงข่ายของโปรตีน (continuous phase) และมีเม็ดสตาร์ชกระจาย (disperse phase) การเพิ่มปริมาณสตาร์ชในช่วง 23-28% มีผลทำให้โครงข่ายของโปรตีนเกิดความเสียหาย แต่ยังคงลักษณะของ continuous phase อยู่ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเป็น 37.5% เม็ดสตาร์ชจะเข้าไปแทรกตัวในโครงข่ายของโปรตีนทำให้เกิดลักษณะเป็นโพรงในโครงข่ายของโปรตีนและไม่พบลักษณะของ continuous phase ของโปรตีน การเพิ่มขึ้นของสตาร์ชที่มากขึ้นทำให้โครงสร้างเกิดเป็น continuous phase ของสตาร์ชแทน ความแข็งแรงของโครงสร้างของเจลผสมที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณสัดส่วนของสตาร์ชและโปรตีน รวมทั้งปริมาณอะมิโลสที่อยู่ในแป้ง

การศึกษาผลของชนิดและปริมาณของแป้งข้าวต่อเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมังสวิรัติ

ชนิดและปริมาณของแป้งข้าวมีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมังสวิรัติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) การเติมแป้งข้าวที่มีอะมิโลสสูงร่วมกับ SPI ในสัดส่วนไม่เกิน 75% พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง ($p > 0.05$) ค่าความยืดหยุ่นของไส้กรอกที่เติมแป้งข้าวอะมิโลสสูงในทุกระดับน้อยกว่าไส้กรอกจาก SPI ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งอะมิโลสสูงในส่วนผสมไม่มีผลทำให้ค่าความยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) การเพิ่มปริมาณแป้งอะมิโลสสูงในช่วงไม่เกิน 75% มีแนวโน้มที่จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า cohesiveness จากไส้กรอกจาก SPI ($P > 0.05$) สำหรับการระดับเติมแป้งข้าวอะมิโลสต่ำในไส้กรอกมังสวิรัติ พบว่ามีผลทำให้ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และ cohesiveness ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอก SPI ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม การเติมแป้งข้าวที่ระดับตั้งแต่ 50% ขึ้นไปไม่ทำให้ค่าความแข็งของไส้กรอกเปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$) เมื่อนำค่าตัวแปรเนื้อสัมผัสของเจลผสมและไส้กรอกมังสวิรัติมาหาความสัมพันธ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น พบว่าค่าเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมังสวิรัติมีความสัมพันธ์กับค่าเนื้อสัมผัสของเจลผสมอย่างสูง โดยสามารถอธิบายด้วยสมการเชิงเส้นที่มีค่า R^2 = 0.96, 0.95, 0.99 สำหรับค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และ cohesiveness ตามลำดับ

สรุปผล

ปริมาณอะมิโลสในแป้งข้าวและความเข้มข้นของแป้งข้าวในส่วนผสมมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลผสมและไส้กรอกมังสวิรัติ ความเข้มข้นของแป้งข้าวอะมิโลสสูงที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความแข็ง และค่าความยืดหยุ่นของเจลผสม แต่กลับทำให้เจลผสมที่ได้มีค่า cohesiveness ลดลง ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของแป้งข้าวอะมิโลสต่ำกลับทำให้เจลผสมที่ได้มีค่าตัวแปรทั้งสามชนิดลดลง ความเข้มข้นของแป้งข้าวอะมิโลสสูงที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่าความแข็ง ความยืดหยุ่นและ cohesiveness ของไส้กรอกมังสวิรัติ ในขณะที่ปริมาณแป้งข้าวอะมิโลสต่ำที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ไส้กรอกที่ได้มีค่าทั้งตัวแปรเนื้อสัมผัสทั้งสามลดลง ค่าตัวแปรเนื้อสัมผัสของเจลผสมมีความสัมพันธ์กับตัวแปรเนื้อสัมผัสของไส้กรอกในระดับสูง การตรวจสอบเนื้อสัมผัสของเจลผสมจึงสามารถใช้ในการทำนายเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมังสวิรัติได้

เอกสารอ้างอิง

Bourne, M.C., 1975, Is rheology enough for Food Texture Measurement?, Journal of Texture Studies, 6: 259-262.

Li, J.Y., Yeh, A.I. and Fan, K.L., 2007, Gelation Characteristics and Morphology of Corn Starch/Soy Protein Concentrate Composites during Heating, Journal of Food Engineering, 78: 1240-1247.

Cakir, E., Christopher, R.D., Drake, M.A., Christopher, J.V., Essick, G. and Foegeding, E.A., 2012, The Effect of Microstructure on the Sensory Perception and Textural Characteristics of Whey Protein/κ-carageenan Mixed Gels, Food Hydrocolloids, 26: 33-43.

Juliano, B.0., 1971, A Simplified Assay for Milled-rice Amylose, Cereal Science Today, 16: 334-340, 360.

Pan, A., Sun, Q., Bernstein, A.M., Schulze, M.A., Manson, J.E., Stampfer, M.J., Willett, W.C. and Hu, F.B., 2012, Red Meat Consumption and Mortality, Archives of Internal Medicine, 172(7): 555-563.

Wilkinson, C., Kijksterhuis, G.B. and Minekus, M., 2000, From Food Structure to Texture, Trends in Food Science and Technology, 11(12): 442-450.

Ribotta, P.D., Colombo, A., Leon, A.E. and Anon, M.C., 2007, Effects of Soy Protein on Physical and Rheological Properties of Wheat Starch, Starch/Starke, 59: 614-623.

Steinfeld, H., Gerber, P. and Wassenaar, T.D., 2006, Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Sun, Q. and Xiong, C.S.L., 2014, Functional and Pasting Properties of Pea Starch and Peanut Protein Isolate Blends, Carbohydrate Polymers, 101: 1134-1139.

Yoenyongbuddhagal, S. and Noomhorm, A., 2002, Effect of Flour Preparation on Rice Vermicelli Quality, Starch/Starke 54(11): 534-539.

Table 1 TPA parameters of mixed gels and vegetarian sausage of rice flours with different amylose contents and soy protein isolate

Rice flour	TPA parameters of Mixed gels			TPA parameter of vegetarian sausages		
concentration (%)	Hardness (g)	Springiness[ns]	Cohesiveness	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness
Saohai						
0	2,241.3±85.9[a]	0.95±0.04	0.78±0.01[e]	1,350.0±65.3[ab]	0.93±0.01[b]	0.73±0.01[a]
25	1,815.2±121.6[a]	0.94±0.07	0.65±0.01[d]	1,054.5±80.2[a]	0.88±0.02[a]	0.64±0.07[a]
50	1,841.1±124.6[a]	0.93±0.04	0.53±0.02[c]	1,035.0±77.1[a]	0.87±0.02[a]	0.51±0.05[a]
75	2,241.5±26.8[a]	0.92±0.08	0.46±0.02[b]	1,237.0±34.5[ab]	0.86±0.02[a]	0.43±0.04[ab]
100	4,093.0±97.7[b]	0.90±0.02	0.37±0.01[a]	2,110.0±56.3[c]	0.85±0.03[a]	0.35±0.02[b]
KDML105						
0	2,241.3±85.9[d]	0.95±0.04[c]	0.78±0.01[e]	1,350.0±65.3[c]	0.93±0.01[e]	0.73±0.01[e]
25	1,879.8±98.4[c]	0.93±0.06[c]	0.64±0.10[d]	1,032.0±20.1[b]	0.81±0.01[d]	0.62±0.02[d]
50	1,527.4±91.6[b]	0.89±0.05[bc]	0.58±0.03[c]	856.0±10.5[a]	0.68±0.02[c]	0.52±0.03[c]
75	1,093.5±81.1[b]	0.85±0.03[b]	0.47±0.04[b]	838.7±15.6[a]	0.56±0.01[b]	0.42±0.02[b]
100	934.2±56.0[a]	0.80±0.08[a]	0.27±0.06[a]	821.5±16.3[a]	0.43±0.01[a]	0.22±0.02[a]

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

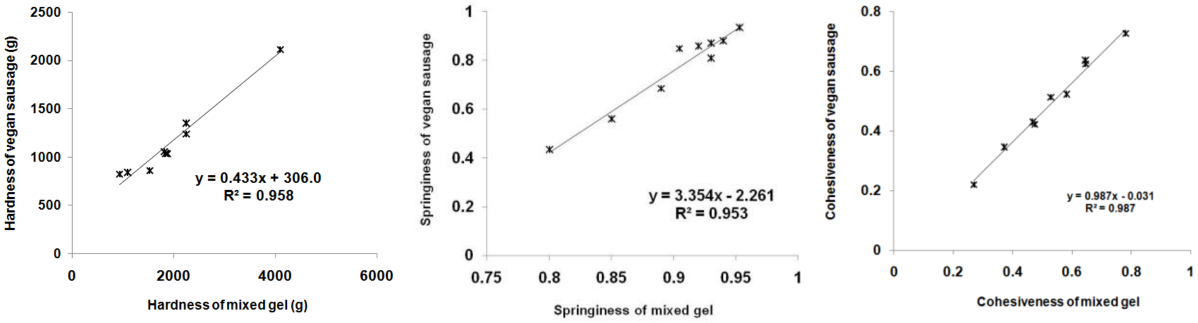


Figure 1 Relationship of Texture Profile Analysis parameters of mixed gels and vegetarian sausages

จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อน

Kinetics of Color Changes in Banana and Pumpkin Puree during Heating

ศนิ จิระสถิตย์[1] **และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์**[1]
Jirasatid, S.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

Abstract

The improvement of color, as one of quality attributes of heated banana-pumpkin puree, can be achieved by studying the kinetics of color changes, the aim of this work was to investigate the effect of temperatures (60, 70, 80 and 90°C) on the kinetic of color changes (*L**, *a**, *b** and total color difference-TCD*). It was found that the heating temperature had influence on the color changes. The kinetics of color changes including *L**, *a**, *b** and TCD* in sample during heating followed the zero-order reaction. The effect of temperatures on kinetic constants was described by an Arrhenius equation. Based on activation energy, *a** value was higher sensitive to the change in heating temperature than that of *L**, *b** and TCD* value.
Keywords: banana-pumpkin puree, color, heating, kinetic

บทคัดย่อ

สีเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอย่างหนึ่งของกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ด้วยการศึกษาจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสี ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิ (60, 70, 80 และ 90°ซ) ต่อจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสี (*L**, *a**, *b** และ ค่าความแตกต่างของสี-TCD*) ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิการให้ความร้อนมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสีได้แก่ ค่า *L**, *a**, *b** และ TCD* ในตัวอย่างระหว่างการให้ความร้อนสามารถอธิบายได้โดยปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ผลอุณหภูมิต่อค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาเป็นไปตามสมการ Arrhenius และค่าพลังงานกระตุ้นแสดงให้เห็นว่า ค่า *a** ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการให้ความร้อนมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่า *L**, *b** และ TCD*
คำสำคัญ: กล้วยผสมฟักทองพิวเร่ สี ความร้อน จลนพลศาสตร์

คำนำ

กล้วย (*Musa* sp.) และฟักทอง(*Cucurbita* spp.) เป็นพืชที่พบมากบริเวณภูมิประเทศโซนร้อนและโซนกึ่งร้อนโดยเฉพาะประเทศไทย ซึ่งในพืชทั้ง 2 ชนิดนี้อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีหลายชนิด เช่น แคโรทีนอยด์และวิตามินซี (Provesi และคณะ, 2011; Sun และคณะ, 2002) กล้วยและฟักทองสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายประเภท เช่น แผ่นทอดกรอบ น้ำผลไม้ และพิวเร่ (Tsen และ King, 2002; Gliemmo และคณะ, 2009) ซึ่งพิวเร่เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับเด็กและผู้สูงอายุ เนื่องจากง่ายต่อการกลืนและง่ายต่อการย่อยในร่างกายของมนุษย์ อีกทั้งพิวเร่อุดมยังไปด้วยสารอาหารปริมาณสูง เนื่องจากผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปอาหารที่มีความเข้มข้น ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในปริมาณสูง

อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตพิวเร่ต้องนำผลิตภัณฑ์ไปให้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ความร้อนที่ใช้ในระหว่างการแปรรูปทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น เกิดการเปลี่ยนสี และเกิดสารสีน้ำตาล ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาหลายชนิด เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปฏิกิริยา ascorbic acid browning และการสลายตัวของสารสี (pigment destruction) (Ibarz และคณะ, 1999) เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่ไม่เป็นที่พึงพอใจต่อผู้บริโภค ดังนั้นการศึกษาจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสีในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนจึงมีความสำคัญต่อการออกแบบกระบวนการผลิตเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีการคงอยู่ของสีสูงสุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อน และพัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ ซึ่งความรู้ที่ได้จากการทดลองสามารถประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับเด็กและผู้สูงอายุในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง ชลบุรี 20131
[1]Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมกล้วยผสมฟักทองฟิวเร่

ปอกเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกงอมพันธุ์มะลิอ่อง (*Musa sapientum* L.) และหั่นเป็นชิ้นบางๆ ขนาด 1-2.5 เซนติเมตร แล้วนำไปลวกในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 7 นาที (Tsen และ King, 2002) และปอกเปลือกฟักทองสุกพันธุ์ศรีเมือง (*Cucurbita moschata* Duchesne ex. Poiret) และหั่นเป็นชิ้นขนาด 2×3 เซนติเมตร นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 12 นาที (Gliemmo และคณะ, 2009) นำกล้วยและฟักทองที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วมาทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในอ่างน้ำแข็ง และซับให้แห้งด้วยกระดาษ

ผสมกล้วยและฟักทองที่ผ่านการให้ความร้อนในอัตราส่วน 1:1 บดด้วยเครื่องบด (Philips, China) จากนั้นปรับค่า pH ให้มีค่าเท่ากับ 4.2 ด้วยกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.05% (w/w) (Gliemmo และคณะ, 2009)

ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อน

บรรจุกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ปริมาตร 20 มล. ลงในหลอดทดลอง ปิดฝาทดลองให้สนิท นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อน (Model 11DT-1, Heto, Denmark) ที่อุณหภูมิ 4 ระดับ ได้แก่ 60, 70, 80 และ 90°C นาน 0-60 นาที (Liaotrakoon และคณะ, 2013) เมื่อตัวอย่างมีอุณหภูมิตามที่ต้องการและเวลาตามที่กำหนดแล้ว นำไปทำให้เย็นทันทีในอ่างน้ำแข็งเพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นวิเคราะห์ค่าสี (visual color) ด้วยเครื่องวัดสี (Minican XP Plus, Hunter Associates Laboratory, USA) รายงานเป็นค่า L^*, a^* และ b^* และค่าความแตกต่างของสี (total color difference; TCD*) ตามสมการ (1)

$$\mathrm{TCD}^* = \sqrt{(L_0^* - L^*) + (a_0^* - a^*) + (b_0^* - b_0)} \quad (1)$$

เมื่อ L^*_0, a^*_0 และ b^*_0 คือค่าเริ่มต้น และ L^*, a^* และ b^* คือค่าที่เวลาใดๆ ในระหว่างการให้ความร้อน (Kara และ Ercelebi, 2013)

พัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อน

อัตราการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างง่าย (simple kinetic model) ในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่สามารถเขียนได้ตามสมการที่ (2)

$$\frac{dC}{dt} = \pm kc^n \quad (2)$$

เมื่อ C คือ ค่า L^*, a^*, b^* หรือ TCD* ที่เวลาใดๆ, t คือ เวลา (min), k คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา และ n คือ อันดับของปฏิกิริยา (Jirasatid และคณะ, 2013)

ผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ตามระยะเวลาการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ จะถูกนำมาสร้างกราฟการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรง เพื่อหาค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) และอันดับของปฏิกิริยา (n) ได้แก่ ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ อันดับหนึ่ง และอันดับสอง ตามลำดับ ค่า k และอันดับของปฏิกิริยาที่เหมาะสม จะคัดเลือกจากค่าสหสัมพันธ์ (R^2) จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาตามสมการ Arrhenius (สมการที่ 3) (Horia, 2006)

$$k = k_0 exp\left[-\frac{E_a}{RT}\right] \quad (2)$$

เมื่อ k_0 คือ ค่าคงที่ของ Arrhenius, R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ (8.314 J/mol.K), T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K) และ E_a คือ ค่าพลังงานกระตุ้น (J/mol) (Horia, 2006)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตัวอย่างกล้วยผสมฟักทองพิวเร่มีค่าความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง ($+a^*$) และค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) ที่เวลาเริ่มต้น (0 นาที) แปรผันอยู่ในช่วง 59.73-66.14, 7.51-9.64 และ 63.26-70.17 ตามลำดับ อุณหภูมิการให้ความร้อนมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^*, a^*, b^* รวมทั้ง TCD* โดยตัวอย่างมีค่า L^* และ a^* เพิ่มขึ้น (1.03-1.05 และ 1.03-1.19 เท่าของค่าเริ่มต้น ตามลำดับ) ขณะที่ b^* ลดลง (0.94-0.97 เท่าของค่าเริ่มต้น) ในระหว่างการให้ความร้อน ซึ่งการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น เป็นผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงค่า L^*, a^* และ b^* ของตัวอย่างเพิ่มขึ้นตามลำดับ เช่นเดียวกับค่า TCD* ทั้งนี้การให้ความร้อนแก่กล้วยผสมฟักทองพิวเร่ที่อุณหภูมิ 90°C นาน 60 นาที ส่งผลให้ค่า TCD* เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 5.48 ขณะที่การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C นาน 60 นาที ส่งผลให้ค่า TCD* เพิ่มขึ้นต่ำสุด เท่ากับ 2.62

ผลการทดลองแนะนำได้ว่า สีของกล้วยผสมฟักทองพิวเร่อาจเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองเป็นสีที่สว่างกว่า โดยรงควัตถุที่ให้เฉดสีเหลือง-สีส้มในกล้วยและฟักทอง เช่นแคโรทีนอยด์สามารถเสื่อมสลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่าง

กระบวนการให้ความร้อน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารที่ปราศจากสี (colorless compound) เช่นสารประกอบอีพอกไซด์ และไฮดรอกซิล และการสูญเสียสีเหลืองอาจเป็นผลจากปฏิกิริยา *cis-trans* isomerization ของแคโรทีนอยด์ ทำให้สีเหลืองในตัวอย่างจางลงในระหว่างการให้ความร้อน นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่า *a** โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง (100°C) อาจเป็นผลจากการเกิดสารสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Bonnie และ Choo, 1999; Chutintrasri และ Noomhorm, 2007; Demiray และคณะ, 2013)

จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสี (*L**, *a**, *b** และ TDC*) ในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60-90°C สามารถอธิบายได้ด้วยปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ (Figure 1) อย่างไรก็ตามค่า *L** ของตัวอย่างของตัวอย่างไม่เป็นเส้นตรงตลอดระยะเวลาการให้ความร้อน (Figure 1a) ซึ่งอาจเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของปฏิกิริยาการเสื่อมสลายต่างๆ ที่ปรากฏในระหว่างการให้ความร้อน (Gliemmo และคณะ, 2009) ทั้งนี้ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (*k*) อันดับศูนย์ของการเปลี่ยนแปลงของสี (*L**, *a**, *b** และ TDC*) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการให้ความร้อนสูงขึ้น (Table 1) แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างมีความคงตัวของสีมากกว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า เนื่องจากมีค่าคงที่ของปฏิกิริยาต่ำกว่า

จากการพล็อตกราฟระหว่างความสัมพันธ์ของ ln *k* และ 1/T เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาตามสมการ Arrhenius พบว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาสำหรับการเปลี่ยนแปลงของสี ได้แก่ *L**, *a**, *b** และ TDC* เป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการ Arrhenius โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.854, 0.804, 0.974 และ 0.950 ตามลำดับ (ไม่แสดงภาพ) โดยค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ของการเปลี่ยนแปลงค่า *L**, *a**, *b** และ TDC* แสดงดัง Table 1 และค่าคงที่ของ Arrhenius (k_0) มีเท่ากับ 4.23×10^3, 6.04×10^6, 3.12×10^3 และ 7.88×10^3 min^{-1} ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าพลังงานกระตุ้นของการเปลี่ยนแปลงค่า *a** ที่สูงกว่า แสดงให้เห็นว่า ค่า *a** ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการให้ความร้อนมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่า *L**, *b** และ TCD* (Jirasatid และคณะ, 2013)

สรุปผล

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (*L**, *a**, *b** และ TDC*) ในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อน โดยสีของตัวอย่างจะมีความคงตัวสูงกว่าภายใต้การให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C นาน 60 นาที มีผลทำให้ตัวอย่างมีการเพิ่มขึ้นของค่าความแตกต่างของสี (TDC*) ต่ำสุด การเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60-90°C สามารถอธิบายได้ด้วยปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาตามสมการ Arrhenius ได้เป็นอย่างดี ข้อมูลจากงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้เพื่อประเมินสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการให้ความร้อนแก่กล้วยผสมฟักทองพิวเร่เพื่อให้มีการคงอยู่ของสีสูงสุง

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 33/2559 และขอขอบคุณนางสาวรัญชิดา บุญหยง และนางสาวสร้อยสุดา สิมสา (ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาบรูพา) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลค่าสี

เอกสารอ้างอิง

Bonnie, T.Y.P. and Choo, Y.M., 1999, Oxidation and Thermal Degradation of Carotenoids, Journal of Oil Palm Research, 2: 62-78.

Chuntintrasri, B. and Noomhorm, A., 2007, Color Degradation Kinetics of Pineapple Puree during Thermal Processing, Food Science and Technology, 40: 300-306.

Demiray, E., Tulek, Y. and Yilmaz, Y., 2013, Degradation Kinetics of Lycopene, β-caratene and Ascorbic Acid in Tomatoes during Hot Air Drying, Food Science and Technology, 50: 172-176.

Gliemmo M.F., Latorre M.E., Gerschenson, L.N. and Campos, C.A., 2009, Color Stability of Pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) Puree during Storage at Room Temperature: Effect of pH, Potassium Sorbate, Ascorbic Acid and Packaging Material, Food Science and Technology, 42: 196-201.

Horia M., 2006, Physical Chemistry Kinetics, Taylar & Francis Group, New York, 11-33 p.

Ibarz, A., Pagan, J. and Garza, S., 1999, Kinetic Models for Colour Changes in Pear Puree during Heating at Relatively High Temperatures, Journal of Food Engineering, 39: 415-422.

Jirasatid, S., Nopharatana, M., Kitsubun, P. and Tongta, A., 2013, Degradation Kinetics of Monacolin K in Red Yeast Rice Powder using Mutiresponse Modeling Approach, Journal of Food Engineering, 116: 436-443.

Kara, S. and Ercelebi, E.A., 2013, Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins and Visual Colour of Urmu Mulberry (*Morus nigra* L.), Journal of Food Engineering, 116: 541-547.

Liaotrakoon, W., Clercq, N.D., Hoed, V.V., Walle, D.V., Lewille, B. and Dewettinck, K., 2013, Impact of Thermal Treatment on Physicochemical, Antioxidative and Rheological Properties of White-flesh and Red-flesh Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.) Puree, Food and Bioprocess Technology, 6: 416-430.

Provesi, J.G., Dias, C.O. and Amante, E.R., 2011, Changes in Carotenoids during Processing and Storage of Pumpkin Puree, Food Chemistry, 128: 195-202.

Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X. and Liu, R.H., 2002, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Fruits, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 7449-7454.

Tsen, J.A. and King, V.A.E., 2002, Density of Banana Puree as a Function of Soluble Solids Concentration and Temperature, Journal of Food Engineering, 55: 305–308.

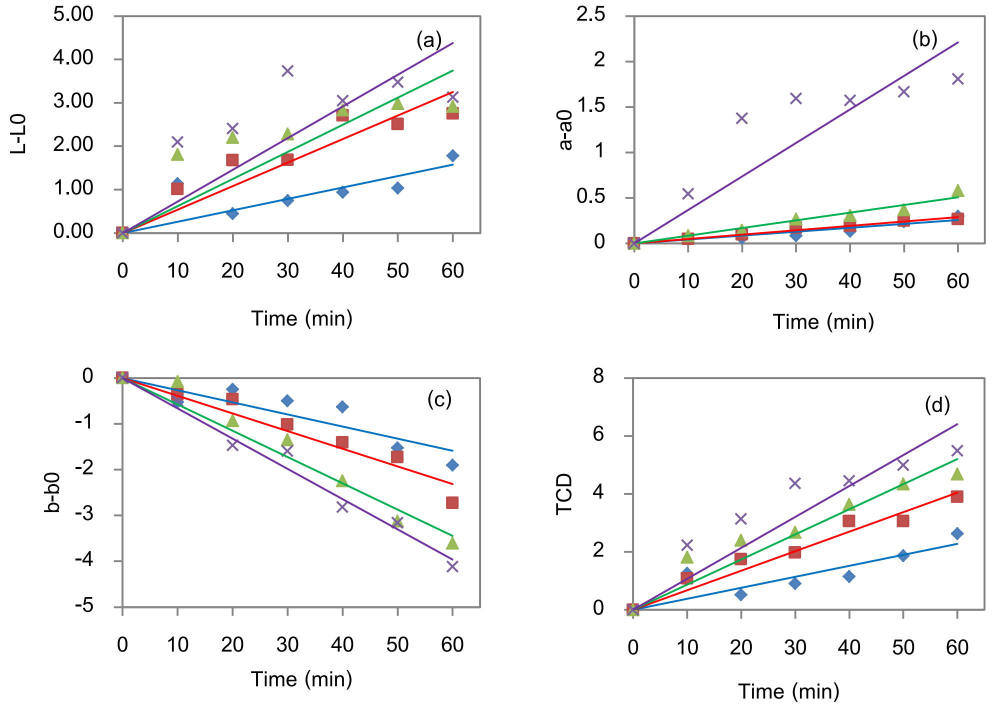


Figure 1 Zero-order kinetic plots of changes of *L** value (a), *a** value (b), *b** value (c), TCD* (d) of banana-pumpkin puree during heating at 60-90°C. 60°C (♦), 70°C (■), 80°C (▲) and 90°C (x).

Table 1 Zero-order reaction rate constants (*k*) for color changes in banana-pumpkin purees during heating at different temperatures.

Temperature	*k* (min^{-1})				E_a (kJ/mol)			
(°C)	*L**	*a**	*b**	TCD*	*L**	*a**	*b**	TCD*
60	0.026	0.004	0.026	0.038	32.86	72.37	32.03	33.66
70	0.054	0.004	0.038	0.067				
80	0.062	0.008	0.057	0.086				
90	0.073	0.036	0.066	0.106				

ผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนพร้อมบริโภค

Effect of Cut Types on the Quality of Minimally Processed Rambutan cv. Rong-Rien

อินทิรา ลิจันทร์พร[1] นันท์ชนก นันทะไชย[1] ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] และ อัญชลินทร์ สิงห์คำ[1]
Lichanporn, I.[1], Nanthachai, N.[1], Tangnurat, P.[1] and Singkhum, A.[1]

Abstract

This investigation was aimed to study the effect of cut types on the quality of minimally processed rambutan cv. Rong-Rien. Three types of cuts; whole and peeled, halved and peeled, and piece cut (approximately 0.5x1.0 cm) kept at 10 ºC. Weight loss, L* value, soluble solids content, titratable acidity, and sensory quality as overall preference were investigated. Minimally processed rambutan of the cutting pieces had higher weight loss than peeled whole and halved rambutan during storage. Changes of color (L*) and total soluble solids of minimally processed rambutan were not significantly different from the peeled whole and halved rambutan. Overall preference of peeled whole and halved rambutan showed higher scores than minimally processed cutting piece rambutan. However, the appearance could be accepted by the panel for all three cutting rambutan which they were kept not over 6 days.

Keywords: cut types, rambutan minimally process, total soluble solid

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนพร้อมบริโภค โดยมี 3 รูปแบบในการตัดแต่ง คือ เงาะปอกเปลือกทั้งผล เงาะปอกเปลือกครึ่งผล และเงาะปอกเปลือกทั้งผลแล้วหั่นเป็นชิ้น (ขนาดกว้างxยาว เท่ากับ 0.5x1.0 เซนติเมตร) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนัก ค่า L* ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม ผลการทดลองพบว่าเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นชิ้นมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าการปอกเปลือกทั้งผล หรือปอกเปลือกครึ่งผลในระหว่างการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงสี (L*) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเงาะปอกเปลือกทั้งผล และปอกเปลือกครึ่งผลไม่แตกต่างกัน ความชอบโดยรวมของเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบปอกเปลือกทั้งผล และปอกเปลือกครึ่งผลมีคะแนนสูงกว่าเงาะตัดแต่งเป็นชิ้น อย่างไรก็ตามผู้บริโภคให้การยอมรับเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคทั้งสามรูปแบบที่เก็บรักษา ไม่เกิน 6 วัน

คำสำคัญ: รูปแบบการตัดแต่ง เงาะพร้อมบริโภค ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

คำนำ

เงาะจัดเป็นผลไม้จำพวก Non-climacteric fruit (Lam และ Kosiyachinda, 1987) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Nephelium lappaceum* L. เป็นผลไม้เขตร้อนชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคใต้และภาคตะวันออก ผลเงาะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะเนื้อของผลเงาะมีสารพอลิฟีนอล (กาลิกแอซิค gallic acid) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Gorinstein และคณะ, 1999; Leong และ Shui, 2002) อย่างไรก็ตามผลเงาะมีการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วอาจเกิดเนื่องจากโครงสร้างของขนเงาะที่เรียกว่า spintern ที่ส่วนปลายของ spintern มีชั้นของ cuticle ที่ค่อนข้างบาง นอกจากนี้ยังมี trichome จำนวนมาก ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการคายน้ำ และขนเงาะยังมีปากใบมากกว่าบนผิวของผลถึง 5 เท่า จึงส่งผลให้ผลเงาะสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว (ประกายดาว, 2008) การแก้ปัญหาการสูญเสียคุณภาพของผลเงาะ ได้แก่การนำผลเงาะมาแปรรูปพร้อมบริโภค ซึ่งเป็นที่นิยมเนื่องจากตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะในสังคมเมืองใหญ่ ซึ่งการใช้ชีวิตค่อนข้างรีบเร่งต้องการความสะดวกสบายโดยเฉพาะการเตรียมอาหาร ผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคเป็นผลิตผลสดที่ผ่านกระบวนการแปรรูป โดยเฉพาะการตัดหรือการหั่น ซึ่งในสภาพดังกล่าวเซลล์หรือเนื้อเยื่อของพืชจะถูกทำลายจากกระบวนการแปรรูป (Watada, 1997) ทำให้ผักและผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่รวดเร็ว

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi , Bangkok 12130

และมีอัตราสูงกว่าที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป เช่น การเกิดสีน้ำตาล (Browning) และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลทำให้ผักและผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคเกิดการเสื่อมคุณภาพได้เร็ว (Artés และคณะ, 1998; Saltveit, 2003) จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิธีการต่างๆ เพื่อป้องกันหรือชะลอการเสื่อมสภาพของผลไม้พร้อมบริโภค มีรายงานในมะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ใช้วิธีการตัดแต่งในรูปแบบต่างๆ โดยตัดเป็นรูปลูกเต๋า (cubes) หรือ ชิ้น (slices) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 หรือ 20 องศาเซลเซียส พบว่าการตัดแต่งเป็นชิ้นมีอายุการเก็บรักษานานกว่าการตัดแต่งในรูปลูกเต๋า เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 หรือ 10 องศาเซลเซียส (Rivera-Lopez และคณะ, 2005) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่ง (สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกระบอก และทรงกลม) ต่อคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายของมะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส พบว่าการตัดแต่งมะละกอในรูปแบบทรงกลมมีการเปลี่ยนแปลงสี และความแน่นเนื้อเล็กน้อย และลดการสูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าการตัดแต่งรูปแบบอื่น (Morais และ Argañosa, 2010) ยังมีรายงานเรื่องรูปแบบการตัดแต่งร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในแรดิช (Aguila และคณะ, 2006) และสับปะรด (Danyen และคณะ, 2011) วิธีการดังกล่าวยังไม่มีรายงานการศึกษาในผลเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวเงาะพันธุ์โรงเรียน จากสวนของเกษตรกร จังหวัดจันทบุรี นำมาคัดเลือกผลที่ปราศจากตำหนิ และการเข้าทำลายของโรค และแมลงต่าง ๆ ขนาดใกล้เคียงกัน นำผลเงาะจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำมาตัดแต่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้ วิธีการที่ 1 ตัดแต่งเงาะโดยหั่นเป็นชิ้นเล็กขนาด 0.5-1.0 เซนติเมตร (piece) วิธีการที่ 2 ตัดแต่งเงาะโดยปอกเปลือกทั้งผล (whole) วิธีการที่ 3 ตัดแต่งเงาะโดยปอกเปลือกครึ่งผล (half) จากนั้นบรรจุในถาดพอลิสไตรีน (ถาดขนาดบรรจุ 130 กรัม กว้าง 14 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร) นำไปวางในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 บันทึกผลทดลองและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทุก 2 วัน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อผลเงาะ ด้วยเครื่องวัดสีรุ่น Minolta Model DP-301 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand refractometer, ATAGO) แสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (AOAC, 2000) และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคใช้ 9-point hedonic scale ตรวจสอบลักษณะความชอบโดยรวม) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เงาะตัดแต่งพร้อมบริโภครูปแบบเป็นชิ้นมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคในรูปแบบปอกเปลือกทั้งผล และปอกเปลือกครึ่งผล โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 52.83 31.65 และ 27.62 ตามลำดับ การตัดเป็นชิ้นจะทำให้เกิดช่องทางในการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ได้ (Brecht, 1995) และเสื่อมสภาพได้มากกว่าการปอกเปลือกทั้งผลหรือครึ่งผล นอกจากนี้เงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคในรูปแบบเป็นชิ้นยังมีสีคล้ำมากขึ้น เช่นเดียวกับมะม่วงที่ตัดแต่งเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเกิดการสูญเสียน้ำและมีสีน้ำตาลที่เนื้อมะม่วง (Rattanapanone และคณะ, 2001) การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเงาะจัดเป็นปัญหาหลักหนึ่งเช่นเดียวกับผลิตผลสดตัดแต่งชนิดอื่น โดยปัจจัยหลักเกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) กับสารประกอบฟีนอลและออกซิเจน (Sapers, 1993; Martinez และ Whitaker, 1995) อีกทั้งยังเป็นผลเสียที่เกิดจาก oxidation ภายในเซลล์ทำให้มีปริมาณ hydrogen peroxide เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นพิษต่อเซลล์พืช และการสูญเสียน้ำก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงสี เงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคในรูปแบบเป็นชิ้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง ในขณะที่เงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ปอกเปลือกทั้งผลและปอกเปลือกครึ่งผลมีการเปลี่ยนแปลงสี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้การปอกเปลือกโดยไม่ทำให้เกิดบาดแผลกับเนื้อเงาะส่งผลในการชะลอการเสื่อมสภาพ และการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเงาะได้ การตัดแต่งเงาะในรูปแบบเป็นชิ้น ปอกเปลือกทั้งผลหรือครึ่งผลไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เช่นเดียวกับในแรดิชที่ตัดแต่งเป็นชิ้น เปรียบเทียบทั้งผลแรดิช พบว่ามีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่แตกต่างกันโดยมีปริมาณกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05-0.06 (Aguila และคณะ, 2006) เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยให้เป็นคะแนนการยอมรับโดยรวม พบว่าเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคในรูปแบบเป็นชิ้น มีคะแนนลดลงเร็วกว่าเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคในรูปแบบปอกเปลือกทั้งผล และปอกเปลือกครึ่งผล ซึ่งสัมพันธ์กับการ

สูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงสี โดยเงาะมีลักษณะแห้ง และมีสีคล้ำจึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด โดยผู้บริโภคยอมรับเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคทั้งสามรูปแบบไม่เกิน 6 วันของการเก็บรักษา

สรุปผล

จากการศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนพร้อมบริโภคพบว่าเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคในรูปแบบปอกเปลือกทั้งผล และปอกเปลือกครึ่งผล ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเงาะ และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าเงาะตัดแต่งพร้อมบริโภคในรูปแบบเป็นชิ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สนับสนุนเงินทุนงบรายได้ประจำปี 2557 ในการทำวิจัย และการนำเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ประกายดาว ยิ่งสง่า, 2008, ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและการเกิดสีน้ำตาลในผลเงาะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

AOAC, 2002, Official methods of analysis of AOAC International, 17^{th} ed, Gaithersburg, MD, Association of Official Analytical Chemists.

Aguila, J. S., Sasaki, F. F., Heiffig, L. S., Ortega, E. M. M., Jacomino, A. P. and Kluge, R. A., 2006, Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures, Postharvest Biology and Technology, 40(10):149-154.

Art´es, F., Casta˜ner, M. and Gil, M.I., 1998, Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. Food Science and Technology International, 4, 377–389.

Brecht, J.K., 1995, Physiology of ligthy processed fruits and vegetables, Hortscience 30, 18–22.

Danyen, M. S.; Boodia, N. and Ruggoo, A., 2011, Effect of cutting shapes and thicknesses on the quality of minimally processed pineapple (*Ananas comosus*), cv.,Queen Victoria‘. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 11 (7): 5525-5538.

Gorinstein, S., Zemser, M., Haruenkit, R., Chuthakorn, R., Grauer, F., Martin-Belloso, O. and Trakhtenberg, S., 1999, Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon, The Journal of Nutritional Biochemistry, 10:367–371.

Lam, P.F. and Kosiyachida, S., 1987, Rambutan: Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN, Malaysia, AESAN Food Handling Bureau, 82 p.

Leong, L.P. and Shui, G., 2002, An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets, Food Chemistry, 76: 69–75.

Martinez, M.V. and Whiaker, J.R., 1995, The biochemistry and control of enzymatic browning, Trends in Food Science & Technology, 6: 195-200.

Morais, A.M.M.B and Argañosa, A.C.S.J., 2010, Quality During Storage of Fresh-Cut Papaya (*Carica papaya* L.) in Various Shapes, The Philippine Agricultural Scientist, 93(1): 88-96.

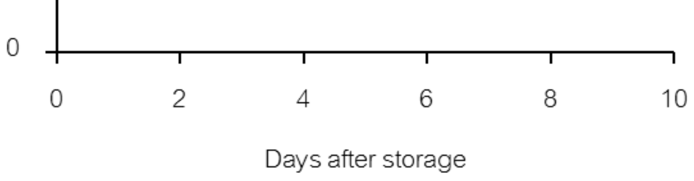
Rattanapanone, N., Lee, Y., Wu, T and Watada, A.E., 2001, Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere, Hortscience, 36:1091–5.

Rivera-Lopez, J., Vazquez-Ortiz, F.A., Ayala-Zavala, J.F., Sotelo-Mundo, R.R. and Gonzalez-Aguilar, G.A., 2005, Cutting shape and storage temperature affect overall quality of fresh-cut papaya cv. 'Maradol', Journal of Food Science, 70:S482–S489.

Saltveit, M.E., 2003, Fresh-cut vegetables. In: Bartz, J.A., Brecht, J.K. (Eds.), Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables, vol. 22. Marcel Dekker, New York, pp. 691-712.

Sapers, G.M., 1993, Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants and other means, Food Technology, 47: 75-84.

Watada, A.E., 1997, Quality maintenance of fresh-cut fruits and vegetables. Food Science and Biotechnology, 6(4): 229–233.



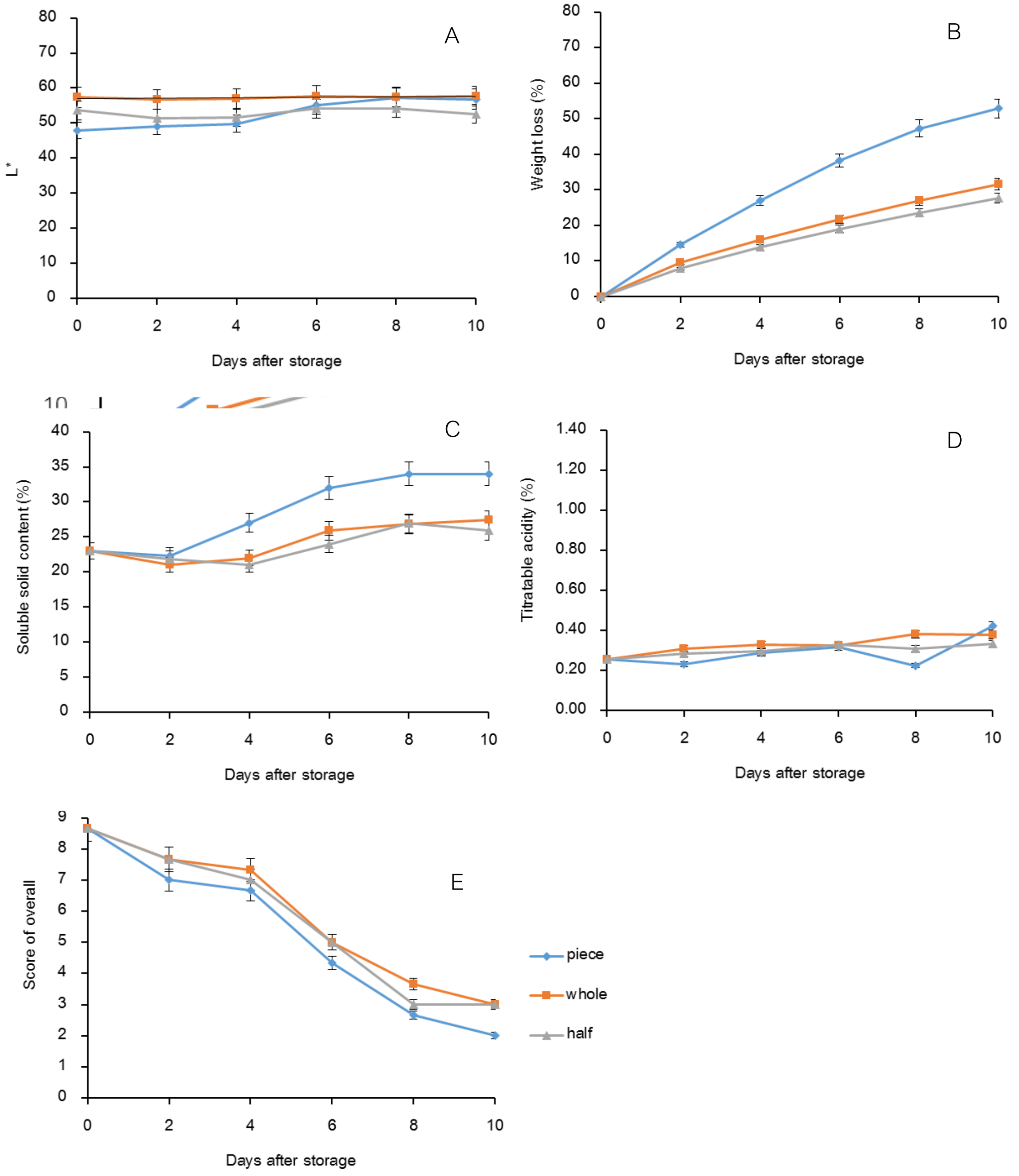


Figure 1 Change in L* value (A), weight loss (B), soluble solid content (C), titratable acidity (D) and score of overall (E) of cut type (piece, whole, half) of minimally processed rambutan during storage at 10°C for 10 days.

ผลของน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตแซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนผิวลำไย

Effects of Molecular Weight and Concentration of Chitosan on Inhibitory of Fungi from Longan Peel

วรากร โสภา[1] พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] นิพร เดชสุข[1] พัชทรา มณีสินธุ์[2] และ มณฑิรา นพรัตน์[3]

Sopa, W[1], Vongsawasdi, P[1], Dejsuk, N[1], Maneesin. P[2] and Nopharatana, M.[3]

Abstract

The objective of this study was to investigate effects of molecular weight (30, 100 and 900 kDa) and concentrations (0 (control), 0.1, 0.5, 1.0 and 2.0% (w/v)) of chitosan on inhibitory of fungi from longan peel for inhibiting fungi of longan peel, harvested from Prachin-Buri province. It was found that only 2 fungi; *Aspergillus niger and Penicillium* sp. could be isolated from longan peel. Fungal inhibitory effect decreased with increase molecular weight, whereas increase chitosan concentration had a high fungal inhibitory effect. Chitosan could have higher antifungal against *Penicillium* sp. than *Aspergillus niger*. The 30 kDa chitosan at 2 and 1% (w/v) was coated on longan peel and kept at 4±2^{o}C. The shelf life of longan coated with 30 kDa chitosan at 2% was 35 days, equaled as shelf life of longan fumigated with sulfur dioxide while shelf life of the control sample was 21 days.

Keywords: chitosan, longan, fungal inhibitory, shelf life

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำหนักโมเลกุล (30 100 และ 900 kDa) และระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.1 0.5 1.0 และ 2.0% (w/v) ของไคโตแซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่พบบนเปลือกลำไยที่ปลูกในเขตจังหวัดปราจีนบุรี ผลการทดลองพบว่าพบเชื้อรา 2 ชนิด คือ *Aspergillus niger และ Penicillium* sp. และพบว่าไคโตแซนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราลดลง แต่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการยับยั้งสูงขึ้น โดยไคโตแซนยับยั้ง *Penicillium* sp. ได้ดีกว่า *A. niger* เมื่อนำไคโตนแซนน้ำหนักโมเลกุล 30 kDa เข้มข้น 2.0% (w/v) มาเคลือบผิวลำไยและนำไปเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4±2^{o}C พบว่าลำไยที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนมีอายุการเก็บรักษา เท่ากับลำไยที่ผ่านการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือ 35 วัน และนานมากกว่าลำไยควบคุมซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเพียง 21 วัน

คำสำคัญ: ไคโตแซน ลำไย การยับยั้งเชื้อรา อายุการเก็บรักษา

คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปผลสด แช่แข็ง อบแห้ง และลำไยกระป๋อง ลำไยสดเป็นผลไม้ที่มีรสหวาน แต่มีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยความเสียหายของลำไยมักเกิดจากเชื้อรา (Apai และคณะ, 2005) การส่งออกของลำไยในรูปผลสดจะใช้เวลาในการขนส่งนาน และในระหว่างการขนส่งอาจเกิดรอยแผลบริเวณเปลือก ซึ่งเปิดโอกาสให้เชื้อราเข้าไปทำลายง่ายขึ้น ในปัจจุบันการควบคุมหรือป้องกันเชื้อรามักใช้การรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ซิง ซิง และอนุวัช, 2529) แต่การใช้สารชนิดนี้จะทำให้เกิดสารพิษตกค้าง เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค การใช้สารเคลือบผิว เช่นไคโตแซนซึ่งเป็นสารที่ปลอดภัย (Kwanhong และ Ratanachinakorn, 2014) ทดแทนการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ น่าจะช่วยลดการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว และช่วยรักษาคุณภาพของลำไยได้ เช่น Kwanmongkhon และ Sardsud (2008) ศึกษาผลของสารเคลือบผิวไคโตแซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ความเข้มข้น 0.05 - 1% พบว่า ไคโตแซนที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้อย่างสมบูรณ์ Li และคณะ (2008) พบว่า ไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (50 kDa) ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) สามารถยับยั้งเชื้อ *A. niger* ได้ดีกว่าไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุลสูง (1000 kDa) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำหนักโมเลกุลและ

---

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10900

[2]ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ 10900

[2]Thai Packaging Centre, Thailand Institute of Scientific and technological Research, Bangkok 10900

[3]ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10900

[3]Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10900

ความเข้มข้นของไคโตแซนต่อการยับยั้งเชื้อราบนผิวเปลือกลำไย และนำผลที่ได้มาทดลองยืดอายุการเก็บรักษาลำไย โดยคาดหวังว่าจะช่วยลดการสูญเสียผลไม้ชนิดนี้ ช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและได้ผลผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ใช้ลำไยผลเดี่ยวพันธุ์ดอ อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 6 เดือนภายหลังดอกบาน จากจังหวัดจันทบุรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2-2.5 ซม. เปลือกสีน้ำตาลปนเหลือง ไม่มีหรือรอยแตกรอยช้ำของผิวเปลือกลำไย

การแยกและจำแนกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าจากผลลำไย

วิธีการแยกและจำแนกเชื้อราดัดแปลงจากวิธีของ Harris และคณะ (1986) โดยนำผลลำไย มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 และ 25±2 °C จนกระทั่งพบการเจริญของเชื้อราบนผิวเปลือกลำไย จึงนำมาแยกเชื้อราโดยเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ บ่มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 5-10 วัน การจำแนกเชื้อราทำโดยนำเส้นใยของเชื้อรามาย้อมด้วย Lactophenal cotton blue และนำไปศึกษาเส้นใยผ่านกล้องจุลทรรศน์

การศึกษาผลของน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตแซนต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในลำไย

นำสารละลายไคโตแซน 3 % (w/v) มาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยเจือจางให้ได้สารละลายไคโตแซนความเข้มข้นสุดท้ายในอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0 % (w/v) นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที จากนั้นนำมาเพาะเชื้อรา โดยใช้ cork borer เจาะเชื้อรามาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 5-10 วัน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของไคโตแซนที่มีต่อเชื้อ ได้จากสมการที่ 1 (Ragab และคณะ, 2001)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \left[\frac{R_1 - R_2}{R_1}\right] \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ R_1 และ R_2 คือ รัศมีการเจริญของเชื้อราในชุดควบคุม (control)และ รัศมีการเจริญของเชื้อราในชุดทดลองตามลำดับ

การศึกษาผลของไคโตแซนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาลำไย

ใช้สภาวะที่ดีที่สุดจากการศึกษาก่อนหน้ามาเตรียมสารละลายไคโตแซนเพื่อใช้เคลือบผิวลำไย จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบผิวมาเก็บรักษา โดยนำมาวางบนถาดพอลิเอทิลีนเทอร์ฟะทาเลต (Polyethylene terephalate, PET) ขนาด 4.33×7×1.18 นิ้ว ถาดละ 450 กรัม นำมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ(Low density polyethylene, LDPE) ขนาด 8×7.2 นิ้ว ปิดผนึกด้วยความร้อน นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 °C ในระหว่างการเก็บรักษาจะสุ่มตัวอย่างลำไยมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส สำหรับการทดลองชุดควบคุมจะใช้ ลำไยรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ลำไยจุ่มกรดอะซิติก 0.5% และลำไยสด

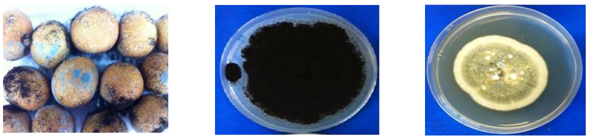
การวิเคราะห์คุณภาพของลำไยในระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ อัตราการหายใจในเทอมของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้เครื่อง Gas Analyzer (Servomex, Model1400, England) ค่าการสูญเสียน้ำหนักตามวิธีของ Xiao และคณะ(2011) ค่า Lightness (L) โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunterlab, Model Ultrascan XE/IX7, USA) วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีได้แก่ วัด polyphenoloxidase (PPO) activity ตามวิธีของ Tian และคณะ (2002) วิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาได้แก่ เปอร์เซ็นต์การขึ้นราบนผลลำไยและบริเวณขั้วผลตามวิธีของสุเมธี เขื่อนมณี (2548) และการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาภาคจุลชีววิทยาที่กึ่งฝึกฝน จำนวน 10 คน มีอายุในช่วง 22-23 ปีทดสอบความชอบโดยรวม (9= ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) สำหรับการวิเคราะห์สถิติจะทำโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการแยกเชื้อราในลำไย

จากการคัดแยกเชื้อจากผิวเปลือกของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 °C พบว่า สามารถคัดแยกเชื้อราได้ 2 ชนิด คือ *Aspergillus niger* และ *Penicillium* sp ดังแสดงใน Figure 1



Moldy longan *Aspergillus niger* *Penicillium* sp.

Figure 1 *Aspergillus niger* and *Penicillium* sp. isolated from longan peel.

ผลของน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตแซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่แยกได้จากเปลือกลำไย

ผลการศึกษาผลของน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตแซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. niger* และ *Penicillium* sp. พบว่าไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุล 30 kDa ยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนเปลือกลำไยได้ดีกว่าไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุล 100 และ 900 kDa นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไคโตแซนจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งดีอีกด้วยขึ้น (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจาก ไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีขนาดเล็กจึงสามารถแพร่เข้าสู่ผนังเซลล์ของเชื้อรา และเข้าไปรบกวนระบบเมตาบอลิซึมของเซลล์ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ ในขณะที่ไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุลสูงจะไม่สามารถแพร่ผ่านผนังเซลล์ได้ โดยจะเคลือบอยู่ที่บริเวณผิวของเซลล์เมมเบรนทำให้สารอาหารไม่สามารถแพร่ผ่านเข้าเซลล์ได้ (Martínez-Camachoและคณะ 2010) เมื่อเปรียบเทียบความทนทานของเชื้อราต่อไคโตแซนพบว่า *A. niger* มีความทนทานสูงกว่า *Penicillium* sp. โดยจะต้องใช้ไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุล 30 kDa ความเข้มข้น 2 %(w/v) ในการยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus niger* อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่ การยับยั้งการเจริญของ *Penicillium* sp. ใช้ความเข้มข้นเพียง 1 %(w/v) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang และคณะ (2011) ที่พบว่าไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถยับยั้งเชื้อรา *Penicillium digitatum, Penicillium italicum, Botrydiplodia lecanidion* และ *Botrytis cinerea* ในผลส้มได้ดีกว่าไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุลสูง จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าไคโตแซนที่น้ำหนักโมเลกุล 30 kDa ความเข้มข้น 2 %(w/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดที่แยกจากผิวเปลือกลำไยได้

Table 1 Effect of molecular weights and concentrations of chitosan on inhibitory of fungi isolated from longan peel

Fungi	Conc. (%w/v)	Mycelial growth inhibition (%)*		
		Chitosan 30 kDa	Chitosan 100 kDa	Chitosan 900 kDa
A. niger	0.1	35.71± 1.41	23.8± 2.82	11.9± 0.5
	0.5	83.33± 1.41	71.42± 0.5	61.90± 1.41
	1.0	95.23± 0.5	85.71± 1.41	71.42± 1.41
	2.0	100± 0	97.61± 1.41	97.61± 0.5
Penicillium sp.	0.1	70.21± 2.82	68.08± 1.41	63.82± 1.41
	0.5	95.74± 1.41	91.48± 0.5	87.23± 0.5
	1.0	100± 0	97.87± 0.5	95.74± 1.41
	2.0	100± 0	100± 0	100± 0

*The assay was run in triplicates and expressed as average±standard deviation.

การศึกษาผลของไคโตแซนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาลำไย

จากผลการทดลองพบว่าอัตราการหายใจของลำไยที่เคลือบไคโตแซนที่น้ำหนักโมเลกุล 30 kDa ความเข้มข้น 2 %(w/v) มีอัตราการหายใจลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เช่นเดียวกับตัวอย่างควบคุม ลำไยรมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และลำไยจุ่มกรดอะซิติก) (ไม่ได้แสดงผล) ทั้งนี้เป็นผลจากการเก็บรักษาที่สภาวะ 4°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นจึงทำให้ ปฏิกิริยาการหายใจเกิดช้าลง จาก Figure 2a พบว่าลำไยที่เคลือบไคโตแซนสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดในระหว่างการเก็บรักษาแสดงว่าไคโตแซนสามารถชะลอการระเหยของน้ำจากผิวเปลือกได้ เมื่อพิจารณาค่าสีในเทอมค่า L พบว่าลำไยที่รมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่า L สูงที่สุด รองลงมาคือลำไยที่เคลือบไคโตแซน ในขณะที่ลำไยสดมีค่า L ต่ำที่สุด (Figure 2b) ผลที่ได้สอดคล้องกับค่า polyphenoloxidase (PPO) activity (Figure 2c) ซึ่งเป็นการวัดการเกิดสีน้ำตาลแบบที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง ทั้งเนื่องจากการเคลือบผิวด้วยไคโตแซนจะทำให้ออกซิเจน (เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล) แพร่เข้าเซลล์อย่างจำกัด ในขณะที่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีคุณสมบัติในการฟอกสีและสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้โดยตรงดังนั้นจึงมีค่า L สูงที่สุด สำหรับ Figure 2d ซึ่งแสดงร้อยละการเสื่อมเสียเนื่องจากการเจริญของเชื้อราพบว่าลำไยสดเสื่อมเสียเร็วที่สุด โดยพบการเจริญของราบนผิวเปลือกทั้งผลในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ลำไยที่จุ่มกรดอะซิติกพบการเจริญของราบนผิวเปลือกในวันที่ 35 ส่วนลำไยที่เคลือบไคโตแซนและลำไยที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบการเจริญของราบนผิวเปลือกในวันที่ 42 ทั้งนี้เนื่องจากทั้งไคโตแซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ในขณะที่กรดอะซิติกก็มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราเช่นกัน สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าลำไยทุกตัวอย่างมีรสชาติหวาน มีกลิ่นรสของลำไยตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตามลำไยที่เคลือบไคโตแซนและลำไยที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้รับคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าตัวอย่าง อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากลำไยที่เคลือบไคโตแซนและลำไยที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีลักษณะปรากฏที่ดีกว่า คือมีสีเปลือกน้ำตาลอ่อน ไม่คล้ำ สำหรับการประเมินอายุการเก็บจะใช้เกณฑ์ทางจุลชีววิทยา โดยอายุการเก็บของลำไยจะสิ้นสุดเมื่อสังเกตพบเชื้อราบนผิวเปลือก ซึ่งสรุปได้ว่าลำไยที่เคลือบไคโตแซนและลำไยที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีอายุการเก็บ 35 วันที่สภาวะการเก็บรักษา 4±2°C ในขณะที่ลำไยที่จุ่มกรดอะซิติกและลำไยสดมีอายุการเก็บ 28 วันและ 21 วัน ตามลำดับ โดยลำไยที่เคลือบไคโตแซนมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดและมีสีของเปลือกใกล้เคียงกับลำไยที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์

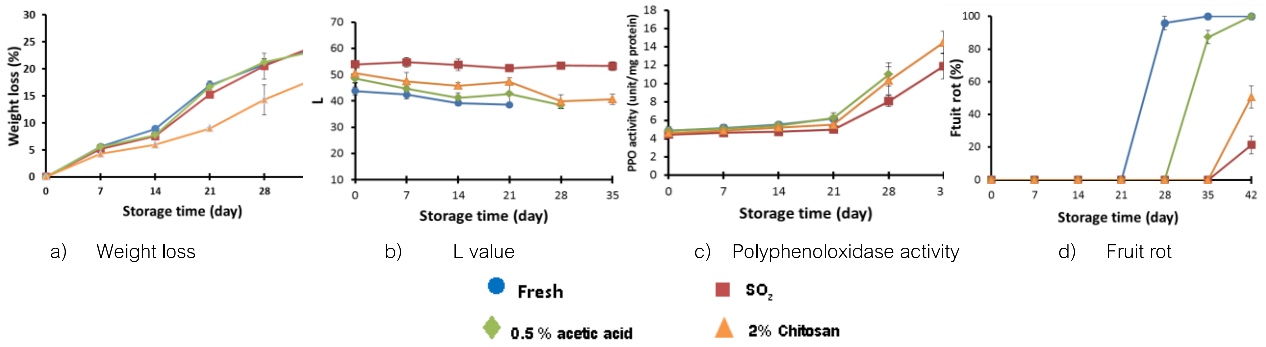


Figure 2 Pre-treatments as affecting physical (a and b), chemical (c) and microbiological (d) qualities of longan during storage at 4$\pm$2°C

สรุปผล

น้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตแซนมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยไคโตแซนน้ำหนักโมเลกุล 30 kDa ที่ความเข้มข้น 2 % (w/v) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้ง *A. niger* และ *Penicillium* sp. ที่แยกได้จากผิวเปลือกลำไย ลำไยที่ผ่านการเคลือบไคโตแซนที่สภาวะข้างต้นและเก็บที่อุณหภูมิ 4$\pm$2°C มีอายุการเก็บรักษา 35 วัน

คำขอบคุณ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และโครงการการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก ระหว่างสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กับสถาบันการศึกษา และขอบคุณศูนย์จุลินทรีย์ ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยบางส่วน

เอกสารอ้างอิง

ซิง ซิง ทองดี และ อนุวัช สุวรรณกูล, 2529, การรมควันลำไยด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อควบคุมโรคเน่า, รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 24, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 14 หน้า.

สุเมธี เขื่อนมณี, 2548, การยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยโดยใช้สารเคมีกันเสียร่วมกับอุณหภูมิต่ำ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 149 หน้า.

Apai, W., V. Sardsud and U. Sardsud, 2005, Effect of Hydro Cooling on the Quality of Fresh Longan cv. Daw, Journal of Biology Education, 3: 54-57.

Harris, N.D., Karahadian, C. and Lindsay, R.C., 1986, Musty Aroma Compounds Produced by Selected Molds and Actinomycetes on Agar and Whole Wheat Bread, Journal of Food Protection, 49: 964-970.

Kwanhong, P. and Ratanachinakorn, B., 2014, Effect of Low Concentration of Chitosan on Storage Quality of Rose Apple cv. Thong Sam Sri, Khon Kaen Agriculture Journal, 42(3)(Suppl.): 180-185.

Kwanmongkhon, P. and Sardsud, U., 2008, Effect of Chitosan on the Antifungal Substance Production of *Lasiodiplodia* sp. in Pre and Postharvest Longan Fruit Cv. Daw, Journal Of Agricultural Science, 39(3)(Suppl.): 249-252.

Li, X.F., Feng, X.Q, Yang, S., Wang, T.P and Su, Z.X, 2008, Effects of Molecular Weight and Concentration of Chitosan on Antifungal Activity against *Aspergillus niger*, Iranian Polymer Journal, 17(11): 843-852.

Martínez-Camachoa, A.P., Cortez-Rochaa, M.O., Ezquerra-Brauera, J.M., Graciano-Verdugob, A.Z., Rodriguez-Félixa, F., Castillo-Ortegac, M.M., Yépiz-Gómeza, M.S. and Plascencia-Jatomea, M., 2010, Chitosan Composite Films: Thermal, Structural, Mechanical and Antifungal Properties, Carbohydrate Polymers, 305-315.

Ragab, M. El Nagar, M. and Farrag, M.A., 2001, Effect of Chitosan and Its Derivatives as an Antifungal and Preservative Agent on Storage of Tomato Fruits, Egyptian Journal of Phytopathology, 29(2): 107-116.

Tian, S., Xu, Y., Jiang, A. and Gong, Q., 2002, Physiological and Quality Responses of Longan Fruit to High O_2 and CO_2 Atmosphere In Storage, Postharvest Biology and Technology, 62: 319-326.

Xiao, Z., Luo, Y., Luo, Y. and Wang, Q., 2011, Combined Effect of Sodium Chlorite Dip Treatment and Chitosan Coating on the Quality of Fresh-cut d' Anjou pears, Postharvest Biology and Technology, 62: 319-326.

Zhang, H., Li, R. and Liu, W., 2011, Effects of Chitin and Its Derivative Chitosan on Postharvest Decay of Fruits: A Review, Journal of Molecular Sciences, 12(2): 917–934.

การใช้ Forchlorfenuron และ Gibberellic Acid เพื่อเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่

Spraying of Forchlorfenuron and Gibberellic Acid Increase 'Khai' Banana Fruit Size

ภาสันต์ ศารทูลทัต[1] ธนัญญา หมาดหมัน[1] ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต[2] ศุภธิดา อับดุลลากาซิม[1] และ ธีร์ หะวานนท์[1]

Saradhuldhat, P.[1], Madhman, T.[1], Kaewsuralikhit, S.[2], Abdullakasim, S.[1] and Havananda, T.[1]

Abstract

Fruit size is a key attribute for grading banana fruit. Fruit size can be enlarged with cytokinins or gibberellic acids in several crops. To determine the effect of forchlorfenuron (CPPU) and gibberellic acid (GA_3) on fruit size 'Khai' banana, the solutions of CPPU at 25 100 mg/L, GA_3 at 50 200 mg/L or water (control) were sprayed on the inflorescences at 14 days after emerged. Fruit treated with CPPU at 25, 100 mg/L and GA_3 50 mg/L were larger in size; 14.0-14.3 cm long (22-25% increased from the control), 3.6-3.8 cm wide (13-17% increased) and 87.4-96.4 g fruit weight (43-58% increased). The hand and bunch weights were 1.64-1.87 and 6.67-7.59 kg, respectively, and significantly higher than the control fruit. TSS of CPPU treated-fruit was 18.6-15.0° Brix that was lower than the control fruit (27.3 °Brix). The data indicated that spraying of CPPU (25, 100 mg/L) or GA_3 (50 mg/L) can enlarge fruit size in 'Khai' banana.

Keywords: CPPU, GA_3, fruit enlargement

บทคัดย่อ

ขนาดผลเป็นเกณฑ์สำคัญในการแบ่งเกรดกล้วยไข่ ซึ่งในผลไม้หลายชนิดมีขนาดผลเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารไซโตไคนินหรือจิบเบอเรลลิน เพื่อให้ทราบผลของ Forchlorfenuron (CPPU) และ Gibberellic acid (GA_3) ต่อการเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่จึงได้ทำการวิจัยโดยพ่น CPPU เข้มข้น 25, 100 mg/L และ GA_3เข้มข้น 50, 200 mg/L ให้กับผลกล้วยไข่ที่ระยะ 14 วันหลังแทงปลี (ปลีเปิดสุดเครือ) โดยเทียบกับน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) พบว่ากล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU 25, 100 mg/L และ GA_3 50 mg/L มีขนาดผลเพิ่มขึ้นโดยมีความยาวผล 14.0-14.3 เซนติเมตร (เพิ่มขึ้น 22-25% จากชุดควบคุม) เส้นผ่าศูนย์กลางผล 3.6-3.8 เซนติเมตร (เพิ่มขึ้น13-17%) น้ำหนักผล 87.4-96.4 กรัม (เพิ่มขึ้น 43-58% จากชุดควบคุม) และมีน้ำหนักหวี (1.64-1.87 กิโลกรัม) และน้ำหนักเครือ (6.67-7.59 กิโลกรัม) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้กล้วยไข่ฉีดพ่นด้วย CPPU มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) 18.6-15.0 °Brix ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุม (27.3 °Brix) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า CPPU ความเข้มข้น 25, 100 mg/L และ GA_3 50 mg/L สามารถเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่ได้อย่างดี

คำสำคัญ: CPPU GA_3 การพัฒนาผล การเพิ่มขนาด

คำนำ

กล้วยไข่ (Musa 'Kluai Khai') (AA group) จัดเป็นไม้ผลที่มีศักยภาพทางการตลาดสูงทั้งในและต่างประเทศ โดยมีตลาดรับซื้อที่สำคัญ คือ จีน ญี่ปุ่น มีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัด จันทบุรี เพชรบุรี กำแพงเพชร ตาก และนครสวรรค์ (มนตรี, 2557) การกำหนดราคาซื้อขายกล้วยไข่ขึ้นกับ ขนาดผล (เบญจมาส, 2549) โดยกล้วยไข่ที่มีผลหรือหวีขนาดใหญ่ตามมาตรฐานมีราคาขายสูงกว่าผลขนาดเล็ก (รักบ้านเกิด, 2559) แต่ในปัจจุบันพบว่ามีผลผลิตมากถึง 40% เป็นผลขนาดเล็กกว่ามาตรฐานจึงเป็นผลผลิตตกเกรด (แนวหน้า, 2558) หากสามารถทำให้ผลกล้วยมีขนาดเพิ่มขึ้นได้ก็จะเป็นการช่วยเพิ่มสัดส่วนผลผลิตที่ได้มาตรฐานและลดจำนวนผลผลิตตกเกรดลง การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่อาจสามารถเพิ่มขนาดผลได้ (มนตรี, 2557) โดยมีรายงานว่าสารควบคุมพืชหลายชนิดช่วยเพิ่มขนาดและคุณภาพผลได้ โดยช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ (พีรเดช, 2529)

---

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Tropical Fruit Research and Development Center, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, Nakon Pathom 73140

[2] กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ 10900

[2] Soil Science Research Group, Department of Agriculture, Bangkhen, Bangkok 10900

ปัจจุบันมีรายงานวิจัยการใช้ Forchlorfenuron (CPPU) และ Gibberellic acid (GA_3) เพื่อเพิ่มขนาดผลในผลไม้หลายชนิด เช่น กีวี่ฟรุ๊ตที่ได้รับ CPPU เข้มข้น 5-10 ppm ระยะ 10 วันหลังดอกร่วง มีผลขนาดใหญ่ขึ้น (Kim และคณะ, 2006), บลูเบอร์รี่ที่ได้รับ CPPU เข้มข้น 10 mg/L ที่ระยะดอกบาน สามารถเพิ่มเส้นผ่าศูนย์กลางของผลได้ (Merino และคณะ, 2002) และการพ่น GA_3 เข้มข้น 10-40 ppm ระยะ 3 วันหลังดอกบาน ทำให้ผลชมพู่กว้างและยาวมากขึ้น มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ (พรชัย, 2541) สำหรับการผลิตพลับ 'Coststs' การพ่น GA_3 10 ppm ร่วมกับ CPPU 5 ppm ในช่วงที่พลับติดผลช่วยทำให้มีผลผลิตสูง (Fathi, 2011) จะเห็นว่าผลไม้หลายชนิดมีการตอบสนองต่อ CPPU และ GA_3 ได้ดี โดยสามารถเพิ่มขนาดของผลได้อย่างชัดเจนเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม

สำหรับกล้วยไข่มีขนาดหวีและผลในเครือแตกต่างกัน ผลในหวีที่อยู่ปลายมักมีขนาดเล็กกว่าหวีด้านโคนเครือ และมักเป็นหวีที่ตกเกรด การใช้สารไซโตไคนินและจิบเบอเรลลินจึงอาจช่วยเพิ่มขนาดและทำให้ผลกล้วยไข่ทั้งเครือให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ช่วยลดหวีขนาดเล็กลงได้ จึงได้ทำการวิจัยเพื่อให้ทราบผลของ CPPU และ GA_3 ต่อการเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่ และหาความเข้มข้นอย่างคร่าว ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตกล้วยไข่ให้มีคุณภาพสูงต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่สวนกล้วยไข่การค้า อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี (13.1241 N, 99.6955 E) โดยคัดเลือกต้นปลูกกล้วยไข่ที่กำลังแทงปลีสม่ำเสมอ พ่นเครือกล้วยเมื่อกาบปลีเปิดสุดเครือด้วย CPPU เข้มข้น 25, 100 mg/L และ GA_3 50, 200 mg/L ร่วมกับสารจับใบ ครั้งเดียว โดยมีชุดควบคุมเป็นน้ำเปล่าร่วมกับสารจับใบ ตัดปลีออกหลังกาบปลีหวีสุดท้ายเปิดโดยให้มี 5 หวีต่อเครือ ดูแลรดน้ำตามวิธีการที่เกษตรกรปฏิบัติ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลองจำนวน 7 ซ้ำ (ต้น) เมื่อถึงระยะ 50-55 วันหลังแทงปลี และลักษณะเหลี่ยมผลลดลง เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งเครือมายังห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช เก็บข้อมูลขนาดและคุณภาพ ได้แก่ น้ำหนักเครือ (ตัดเหลือก้านเครือ 20 เซนติเมตร) น้ำหนักหวี จำนวนผล วัดขนาดผลจากหวีที่ 2 โดยสุ่มผลกล้วยไข่บริเวณกลางหวีทั้งบนและล่างจำนวน 4 ผล เก็บข้อมูลน้ำหนักผล ความยาวก้านผล ความยาวผล (วัดส่วนโค้งนอกวัดจากฐานขั้วผลถึงปลายผล) เส้นผ่าศูนย์กลางผล (วัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของผล) ความหนาเปลือก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ตามวิธีการของ ปทุมมาลย์ (2558)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU 25, 100 และ GA_3 50 mg/L มีขนาดผลเพิ่มขึ้นโดยมีความยาวผล 14.0-14.3 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางผล 3.6-3.8 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าผลในชุดควบคุม (Table 2, Figure 1) ขนาดผลที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลกล้วยไข่มีน้ำหนัก 87.4-96.4 กรัม (เพิ่มขึ้น 43-58% จากชุดควบคุม) และมีน้ำหนักหวี 1.64-1.87 กิโลกรัม รวมไปถึงมีน้ำหนักเครือ 6.67-7.59 กิโลกรัม มากกว่าผลในชุดควบคุมอย่างเด่นชัด (Table 1) และมีความหนาเปลือกเพิ่มขึ้น แต่ผลกล้วยไข่ที่ได้รับ GA_3 200 mg/L มีขนาดผล เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทำให้น้ำหนักผล, หวีและเครือไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และมีความหนาเปลือกน้อยที่สุด (Table 1, 2) ส่วนความยาวก้านผลและจำนวนผลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าสาร CPPU และ GA_3 สามารถเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่และทำให้มีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นได้ แต่ไม่มีผลจำนวนผลและความยาวก้านผล คุณภาพของผลกล้วยไข่ที่ได้รับสาร CPPU พบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) 15.0-18.6 ^{o}Brix ซึ่งน้อยกว่าผลที่ได้รับ GA_3 และชุดควบคุม แต่มีความแน่นเนื้อมากกว่าผลที่ได้รับ GA_3 และชุดควบคุมอย่างชัดเจน (Table 2)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า CPPU ทำให้ผลกล้วยไข่มีขนาดเพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจน แต่มีผลทำให้ได้ TSS ต่ำลงเล็กน้อย ในขณะที่ GA_3 สามารถช่วยเพิ่มขนาดผลได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพภายในผล ทั้งนี้เนื่องมาจากสารในกลุ่มไซโตไคนิน (CPPU) และ จิบเบอเรลลิน (GA_3) มีคุณสมบัติกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การยืด และขยายขนาดเซลล์ (Khot และคณะ, 2015; Moore, 1989) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขนาดของผล (จินดา, 2524) เมื่อมีการให้สารในระยะที่เหมาะสมจึงช่วยเพิ่มขนาดผลได้มากกว่าปกติ (พีรเดช, 2529) โดยความเข้มข้นที่มีกล้วยไข่ตอบสนองได้ดีอยู่ในช่วง 25- 100 mg/L สำหรับ CPPU และ GA_3 50 mg/L สอดคล้องกับที่มีรายงานในผลไม้อื่นๆ เช่น CPPU เข้มข้น 100-200 ppm ช่วยให้แตงโมมีขนาดผลใหญ่และผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Maroto และคณะ, 2005) การพ่น CPPU ระยะดอกกีวีบานช่วยเพิ่มผลิตได้ดี (Cruz-Castilloa และคณะ, 2002) ส่วนองุ่นที่ได้รับ GA_3 เข้มข้น 25 และ 50 ppm มีผลขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม (รัฐพล และคณะ, 2553)

อย่างไรก็ตาม CPPU ยังมีคุณสมบัติช่วยชะลอการสุกแก่ในผลไม้ จึงอาจไปลดกระบวนการสุกทำให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลได้ช้าลง ส่งผลทำให้มี TSS ในผลต่ำกว่าผลในชุดควบคุมหรือที่ได้รับ GA_3 ที่เกิดการสุก

ปรกติ ผลกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU จึงอาจเกิดกระบวนการพัฒนาและสุกช้ากว่าปรกติ เช่นเดียวกับในองุ่นที่ได้รับ CPPU 10, 20 ppm พบปริมาณ TSS ลดลง (Cecilia-peppi และ Fidelibus, 2008.) และในลิ้นจี่ที่ได้รับ CPPU พบว่า มีอายุการเก็บเกี่ยวช้ากว่าชุดควบคุม 2-3 สัปดาห์ (Raphael stem และคณะ, 2006) จากการวิจัยนี้จึงเห็นได้ว่าการพ่น CPPU และ GA_3 ให้กับผลกล้วยไข่สามารถช่วยเพิ่มขนาดและน้ำหนักผลผลิตได้จึงอาจช่วยเพิ่มสัดส่วนผลผลิตที่ได้มาตรฐานมากยิ่งขึ้นได้

สรุปผล

การฉีดพ่น CPPU ความเข้มข้น 25, 100 mg/L และ GA_3 50 mg/L ที่เครือกล้วยไข่ระยะกาบปลีเปิดสุดเครือ สามารถเพิ่มขนาดและผลผลิตกล้วยไข่ได้อย่างดี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ นายลออ สดใส ที่สนับสนุนทุนวิจัยและเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จินดา ศรศรีวิชัย, 2524, สรีรวิทยาพืช ภาควิชาการเจริญเติบโตและการควบคุม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

แนวหน้า, 2558, เทคนิคการผลิตกล้วยไข่คุณภาพเพื่อการส่งออก [สืบค้น], http://www.naewna.com/local/151656 [20/ June/ 16]

เบญจมาส รัตนชินกร, 2549, การคัดคุณภาพผลไม้เมืองร้อนเพื่อการส่งออก [สืบค้น], http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2011/2011-004-0142/index.html#/1/zoomed [11/ August/ 16].

ปทุมมาลย์ นาคสมพันธ์, 2558, ผลของการพ่น GA_3 และ NAA ต่อขนาดผลกล้วยเล็บมือนาง, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

พรชัย ประเวศทองโสภณ, 2541, ผลของ GA_3, GA_{4+7} และ GA_{4+7}+BA ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของชมพู่พันธุ์ทูลเกล้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ, 2529, ฮอร์โมนและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1, หจก. ไดนามิค การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

มนตรี แสนสุข, 2557. กล้วยไข่ส่งออก, พิมพ์ครั้งที่ 1, นานาสำนักพิมพ์, กรุงเทพฯ.

รักบ้านเกิด, 2559, ราคาสินค้าเกษตร [สืบค้น], http://www.rakbankerd.com/price.php?ic= [20/ June/ 16].

รัฐพล ฉัตรบรรยงค์ สุรศักดิ์ นิลนนท์ และ วาสินี ศิริโภค, 2553, การตอบสนองของผลองุ่นพันธุ์ Marroo Seedless ต่อการฉีดพ่น GA_3, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1): 421-424.

Cecilia-peppi, M. and Fidelibus, A., 2008, Effect of Forchlorfenuron and Abscisic Acid on the Quality of ‘Flame Seedless' Grapes, HortScience, 43: 173-176.

Cruz-Castillo, J.G., Woolley, D.J. and Lawes, G.S., 2002, Kiwifruit Size and CPPU Response are Influenced by the Time of Anthesis, Scientia Horticulturae, 95: 23–30.

Fathi, M.A., Azza I. Mohamed and. Abd El-Bary, A., 2011, Effect of Sitofex (CPPU) and GA_3 Spray on Fruit Set, Fruit Quality, Yield and Monetary Value of ‘Costata' Persimmon, Nature and Science, 9(8): 40-49.

Khot, A.P., Ramteke, S.D. and Deshmukh, M.B., 2015, Significance of Foliar Spraying with Gibberellic Acid (40% WSG) and CPPU (1% SP) on Yield, Quality, Leaf Photosynthesis and Biochemical Changes in Grapes. National Academy of Agricultural Science (NAAS). 33(2): 221-227.

Kim J.G., Takmi, T. Mizuqmi, K. Beppu and T. Fukuda and I. Katoka. 2006. CPPU application on size and quality of hardy kiwifruit. Scientia Horticulturae, 110: 219 - 222.

Maroto J.V., Miguel, A., Lopez-Galarza, S., San Bautista, A., Pascual, B., Alagarda, J. and Guardiolaa, J.L., 2005, Parthenocarpic Fruit Set in Triploid Watermelon Induced by CPPU and 2, 4-D Applications, Plant Growth Regulation, 45: 209-213.

Merino, R., Serri, H. and Holzapfel, J., 2002, Effect of GA_3 and CPPU on Fruit of 'Tifblue' Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* R.), Acta Horticulturae, 574: 239-243.

Moore, T.C., 1989, Biochemistry and Physiology of Plant Hormones, Springer-Verlage, New York, 330 pp.

Raphael Stern, A., Nerya, O. and Ben-Arie, R., 2006, The Cytokinin CPPU Delays Maturity in Litchi cv. 'Mauritius' and Extends Storage-life, Horticultural Science and Biotechnology, 81(1): 158-162.

Table 1 Bunch weight, hand weight, fruit number and fruit weight of 'Khai' Banana.

Treatment	Bunch weight (kg)	Hand weight (kg)	Fruit number	Fruit weight (g)
CPPU, GA_3 0 mg/L	5.15 b	1.27 b	81	60.8 b
CPPU 25 mg/L	7.51 a	1.87 a	79	95.1 a
CPPU 100 mg/L	7.59 a	1.77 a	80	96.4 a
GA_3 50 mg/L	6.67 a	1.64 a	83	87.4 a
GA_3 200 mg/L	5.64 b	1.37 b	81	72.3 b
F-Test	*	*	ns	*
CV (%)	17.05	16.97	17.13	17.17

* Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)
ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

Table 2 Fruit stem length, fruit size, pulp firmness, peel thickness and total soluble solids (TSS) of 'Khai' Banana.

Treatment	Fruit stem length (cm)	Fruit size		Peel thickness (mm)	Pulp firmness (N)	Tss (°Brix)
		Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)			
CPPU, GA_3 0 mg/L	1.5	11.4 c	3.2 c	2.03 cb	7.71 ab	27.3 a
CPPU 25 mg/L	1.4	14.3 a	3.7 a	2.58 a	8.89 a	18.6 c
CPPU 100 mg/L	1.3	14.1 a	3.7 a	2.58 a	6.89 b	15.0 d
GA_3 50 mg/L	1.4	14.0 a	3.6 a	2.40 ab	6.49 b	24.4 b
GA_3 200 mg/L	1.4	12.8 b	3.4 b	1.97 c	6.91 b	26.3 ab
F-Test	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	17.17	17.15	17.15	17.42	16.89	17.18

* Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)
ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

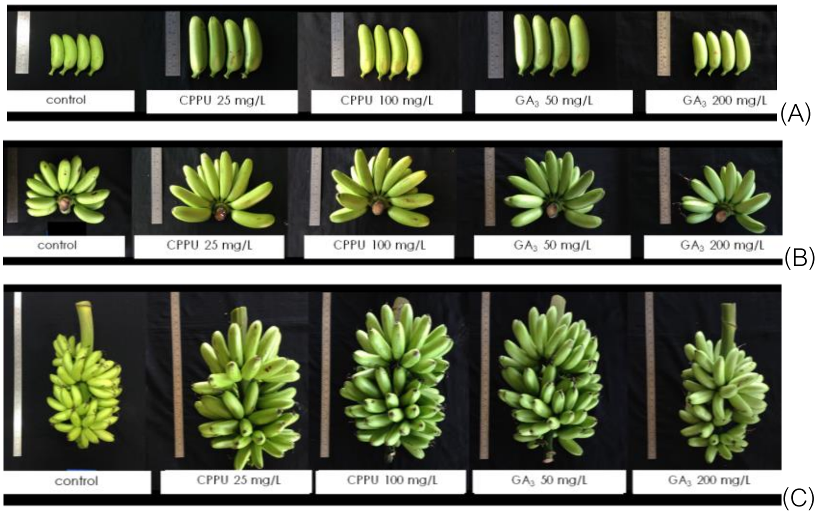


Figure 1 Fruit (A), hand (B) and bunch (C) at harvest of 'Khai' banana sprayed with CPPU and GA_3

ผลของปริมาณถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลืองต่อคุณสมบัติทางด้านสี เนื้อสัมผัสและประสาทสัมผัส ในผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดถั่วเหลืองผสมถั่วเขียว

Effect of Mungbean Substituted Soybean on Color, Textural and Sensory Properties of Mungbean Mixed with Soybean Packaged Tofu

นิสานารถ กระแสร์ชล[1] ชุติภา พิเศษธนกิจกุล[1] และ สุภวรรณ์ ไชยเสน[1]
Krasaechol, N.[1], Pisetthanakitkul, C.[1] and Chaisen, S.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of mungbean substituted soybean on color, textural and sensory properties of mungbean mixed with soybean packaged tofu. The amount of mungbean substituted soybean was varied at 0, 25, 50, 75 and 100%, with 1.0% (dried bean) gluconodeltalactone. The packed tofu product showed that increase mungbean contents decreased color as lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*) ($p \leq 0.05$). In addition, the textural properties; hardness, springiness, cohesiveness and gel strength decreased ($p \leq 0.05$), when amount of mungbean increased. The 50% mungbean substituted soybean showed the highest overall liking with a slightly like level (6.27).

Keywords: mungbean substituted soybean, packaged tofu

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลืองต่อคุณภาพทางด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดถั่วเหลือง โดยแปรปริมาณการใช้ถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลืองเป็น 0 25 50 75 และ 100% และใช้ปริมาณกลูโคโนเดลตาแลคโตน (GDL) 1.0% ของน้ำหนักถั่วแห้ง เมื่อผลิตเป็นเต้าหู้หลอดแล้วนำไปวิเคราะห์ค่าสี พบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) ตามปริมาณการใช้ถั่วเขียวเพิ่มขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าเมื่อใช้ปริมาณถั่วเขียวเพิ่มขึ้น ค่าความแข็ง ความยึดเกาะ ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลมีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่าปริมาณถั่วเขียวที่ใช้ทดแทนถั่วเหลือง 50% มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุดโดยคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย (6.27)

คำสำคัญ: ถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลือง เต้าหู้หลอด

คำนำ

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองซึ่งได้จากการตกตะกอนโปรตีนจากน้ำนมถั่วเหลือง มีสีขาว อ่อนนุ่ม อุ้มน้ำ ย่อยง่าย และมีโปรตีนสูง นอกจากโปรตีนแล้วในเต้าหู้ยังมีไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายอีกด้วย ที่สำคัญคือมีวิตามินและเกลือแร่ต่างๆ แต่ไม่มีคอเลสเตอรอล ราคาไม่แพง สามารถนำมาใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด (อบเชย, 2536) ถั่วเขียวเป็นพืชวงศ์ถั่วที่ปลูกมากในประเทศไทย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้ทำเป็นอาหารที่ให้โปรตีนได้เป็นอย่างดี จึงเป็นแหล่งโปรตีนอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ มีการนำถั่วเขียวมาศึกษาและพัฒนาเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำทิพย์ (2547) ได้นำโปรตีนถั่วเขียวมาใช้ในผลิตภัณฑ์มายองเนส โดยใส่โปรตีนถั่วเขียวลงในส่วนผสมที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ของน้ำหนักสูตร พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเขียว และยังสามารถทำให้ความคงตัวของการเป็นอิมัลชันของผลิตภัณฑ์มายองเนสดีขึ้นด้วย พงศ์สันต์ (2548) ได้พัฒนาโปรตีนถั่วเขียวสำหรับใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด โดยผลิตเป็นโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้นที่มีปริมาณโปรตีน 87.02% เมื่อนำมาใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยใช้โปรตีนถั่วเขียวเข้มข้น 2% ในสูตรน้ำสลัดแทนไข่แดง พบว่าผู้บริโภคชอบน้ำสลัดสูตรโปรตีนถั่วเขียวในระดับเล็กน้อยถึงปานกลางและการให้ข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์จะทำให้ผู้บริโภคยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

---

[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

มากขึ้น นอกจากนี้ Cai, McCurdy and Baik (2002) ได้ศึกษาปริมาณผลผลิต ความชื้นและลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ที่ทำจากถั่ว 6 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วชิกพี ถั่วเลนทิล ถั่วลันเตา ถั่วเขียว และฟาวาบีน เมื่อพิจารณาในด้านเนื้อสัมผัส พบว่า การใช้ถั่วเหลือง ถั่วชิกพี ฟาวาบีน จะได้เต้าหู้ที่มี ความแข็ง ความยืดหยุ่น และความยึดเกาะมากกว่าการใช้ ถั่วเลนทิล ถั่วเขียว และถั่วลันเตา และเมื่อนำน้ำนมถั่วทั้ง 6 ชนิด ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง differential scanning calorimeter (DSC) พบว่า โปรตีนถั่วเหลือง ถั่วชิกพี ถั่วเลนทิล ถั่วลันเตา และฟาวาบีน มีกระบวนการดูดความร้อนเกิดขึ้นสองครั้ง ซึ่งครั้งแรกและครั้งที่สองแสดงถึงปริมาณโปรตีนชนิด 7S และ 11S ส่วนถั่วเขียวมีเพียงโปรตีนชนิด 7S เท่านั้น ดังนั้นการใช้เมล็ดพืชที่มีองค์ประกอบของโปรตีนชนิด 11S จะได้เต้าหู้ที่มีความแข็ง ความยืดหยุ่น และความยึดเกาะสูงกว่าการใช้เมล็ดพืชที่มีองค์ประกอบของโปรตีนชนิด 7S จะเห็นได้ว่าถั่วเขียวจึงเป็นแหล่งโปรตีนอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าจะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดจากถั่วเหลืองผสมถั่วเขียวจึงเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าของถั่วเขียวโดยใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ สามารถลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากถั่วเขียวได้อีกด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของปริมาณของถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลืองที่มีผลต่อคุณภาพด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดถั่วเหลืองผสมถั่วเขียว

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาโดยการแปรปริมาณถั่วเขียวและถั่วเหลือง 5 ระดับ คือ 0 25 50 75 และ 100% โดยมีขั้นตอนการทำเป็นเต้าหู้หลอดถั่วเหลืองผสมถั่วเขียวดังนี้ นำถั่วเหลืองและถั่วเขียวมาล้างให้สะอาดและแช่น้ำอัตราส่วนน้ำ : ถั่ว คือ 3 : 1 เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5% ของปริมาณน้ำที่แช่ ทิ้งไว้นาน 3 ชั่วโมง แล้วล้างเอาเปลือกออก ปั่นถั่วกับน้ำด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้อัตราส่วนน้ำ : ถั่ว คือ 5 : 1 เป็นเวลา 3 นาที กรองผ่านผ้าขาวบาง และแยกกากออก นำน้ำถั่วเหลือง/ถั่วเขียวที่ได้ไปต้มที่อุณหภูมิ 80$\pm$5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นละลาย gluconodeltalactone (GDL) ในน้ำ 20 มิลลิลิตร แล้วเติมลงไปในน้ำถั่วเหลือง/ถั่วเขียวที่ผ่านการต้มดังกล่าว ผสมให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงในถุงหลอดพลาสติกชนิด polyethylene PE) น้ำหนักสุทธิ 100$\pm$2 กรัม ปิดผนึก จากนั้นแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab Miniscan การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA-XT2 (ความแข็ง; hardness, ความยึดเกาะ; cohesiveness; ความยืดหยุ่น; springiness ใช้หัววัด Aluminium cylinder (P/35),adapter (AD/60) และความแข็งแรงของเจล; gel strength ใช้หัววัด Hemisphreical probe (P/0.5 HS) 100 nm probe adapfer (AD/100) การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale สำหรับค่าคุณภาพด้านต่างๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณถั่วเขียวมากขึ้นมีผลให้ค่า L* มีค่าอยู่ระหว่าง 77.96 – 87.42 ค่า a*มีค่าอยู่ระหว่าง -2.33 – 1.62 และ ค่า b* มีค่าอยู่ระหว่าง 11.55 – 14.71 ซึ่งค่าสี L* a* และb* ของเต้าหู้ มีแนวโน้มลดลง (Table 1) เนื่องจากลักษณะของเจลโปรตีนถั่วเขียวจะมีสีครีมขุ่นและทึบแสงเรียกว่า coagulum gel การที่เจลมีลักษณะขุ่นและทึบแสงเนื่องมาจากโครงสร้างของเจลที่มีการเกาะกันแบบกลุ่มก้อน (random aggregation) ดังนั้นเมื่อมีปริมาณถั่วเขียวในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณเจลโปรตีนถั่วเขียวมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า L* ของเต้าหู้มีค่าลดลง ส่วนการที่ค่า a* มีค่าลดลงนั้นเนื่องจากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นซึ่งมีสีเหลืองออกส้มทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความเป็นสีแดงมาก ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วเขียวจึงส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดงลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วเขียวถึง 75 และ 100% จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกเขียวเล็กน้อยเนื่องจากถั่วเขียวที่ใช้ในการทดลองยังคงมีส่วนของเปลือกที่มีสีเขียวติดมาด้วย สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่าลดลงอาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณถั่วเขียวทำให้ได้เจลที่มีความขุ่นและทึบแสง ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่ได้จึงมีสีเขียวเข้มขึ้นเล็กน้อยส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองลดลง อีกทั้งในพืชจำพวกถั่วมีรงควัตถุสีเหลืองคือแอนโธแซนทีนหรือฟลาโวนอยด์ที่อยู่ในกลุ่มไอโซฟลาโวน เช่น เจนิสทีน (วิภพ, 2556) ซึ่งจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนความร้อนจาก

กระบวนการแปรรูปอาหาร ความร้อนจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็น chalcone หรือแตกไปเป็นโมเลกุลที่เล็กลงทำให้สีสีซีดลง (รัชนี , 2547) จึงส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองลดลง

Table 1 Effect of amount of mungbean substituted soybean on color value (L*, a*, b*) in soybean packaged tofu

Amount of mungbean (%)	L*	a*	b*
0 (control)	87.42±0.28[a]	1.62±0.10[a]	14.71±1.13[a]
25	86.70±0.59[a]	1.50±0.44[a]	13.89±1.01[ab]
50	85.17±1.55[b]	1.37±0.59[a]	13.59±1.21[b]
75	83.92±0.12[c]	-0.23±0.04[b]	12.02±0.33[c]
100	77.96±0.34[d]	-2.33±0.14[c]	11.55±0.16[c]

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

นอกจากนี้พบว่าเมื่อปริมาณถั่วเขียวที่ใช้ทดแทนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เต้าหู้เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความแข็ง ความยืดเกาะ ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลมีแนวโน้มลดลง (Table 2) โดยพืชตระกูลถั่วจะเก็บโปรตีนไว้ในรูปของโปรตีนกลอบูลิน ซึ่งประกอบด้วย 2 ชนิด คือ 7S และ 11S ซึ่งโปรตีนทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติในการเกิดเจลด้วยความร้อนแต่เคิร์ดที่ได้จะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน โดยโปรตีน 11S เป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดความแข็ง ความเปราะและความหยุ่นตัวของเคิร์ด การให้ความร้อนแก่น้ำนมถั่วเหลืองทำให้เกิดการรวมตัวและต่อกันเป็นสายของโปรตีนถั่วเหลืองโดยเฉพาะโปรตีนชนิด 11S จะเกี่ยวข้องกับพันธะไดซัลไฟด์เป็นสำคัญ ซึ่งเมื่อโปรตีนได้รับความร้อนปริมาณหมู่ซัลฟ์ไฮดริล จะเพิ่มขึ้นทันทีจนถึงจุดสูงสุดและลดต่ำลง โดยโปรตีน 11S จะมีปริมาณหมู่ซัลฟ์ไฮดริลเพิ่มขึ้นระหว่างการให้ความร้อนและทำให้ความแข็ง ความยึดเกาะ ความยืดหยุ่นของเต้าหู้เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Liu, 1997) ดังนั้นเต้าหู้หลอดที่มีปริมาณถั่วเหลืองมากจึงสามารถเกิดเจลได้ดีกว่าทำให้ได้เจลที่มีความแข็ง ความยึดเกาะ ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลสูง แต่เมื่อใช้ถั่วเขียวเข้ามาทดแทนถั่วเหลืองทำให้ปริมาณโปรตีนชนิด 11S ลดลง เป็นผลทำให้ค่าต่างๆ เหล่านี้ลดลง

Table 2 Texture profile analysis of mungbean substituted soybean in soybean packaged tofu

Amount of mungbean (%)	hardness (N)	Cohesiveness	springiness	Gel strength (N)
0	1.12±0.01[a]	0.84±0.02[a]	88.34±0.50[a]	0.26±0.02[a]
25	1.06±0.01[b]	0.81±0.01[b]	87.66±1.81[a]	0.25±0.00[a]
50	1.02±0.05[c]	0.79±0.01[b]	85.63±1.58[b]	0.22±0.01[b]
75	0.80±0.02[d]	0.76±0.04[c]	83.55±1.20[c]	0.21±0.01[bc]
100	0.76±0.04[e]	0.71±0.02[d]	82.24±2.15[c]	0.20±0.01[c]

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

ปริมาณถั่วเขียวเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นถั่วโดยรวม รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยการใช้ปริมาณถั่วเขียว 100% มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏและสีมากที่สุด เนื่องจากเต้าหู้หลอดถั่วเหลืองที่ทดแทนด้วยถั่วเขียวนี้ให้ลักษณะปรากฏเรียบเนียน มีสีเหลืองนวลคล้ายกับเต้าหู้ไข่ไก่ ซึ่งผู้ทดสอบโดยมากมีความคุ้นเคยกับเต้าหู้ไข่ไก่มากกว่าเต้าหู้ถั่วเหลืองจึงมีผลทำให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และสี มีคะแนนสูงที่สุดและสิ่งทดลองที่มีการทดแทนถั่วเหลืองด้วยถั่วเขียวที่ปริมาณ 0 25 และ 50%ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย เนื่องจากปริมาณถั่วเหลืองที่ใช้ในการผลิตเต้าหู้มีมาก จึงมีปริมาณโปรตีนมาก ส่งผลให้เจลที่ได้มีความยืดหยุ่นและยึดเกาะกันได้ดี อีกทั้งการนำถั่วเขียวมาผลิตเป็นเต้าหู้จะทำให้เกิดกลิ่นถั่วไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้ทดสอบ จึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบโดยรวมของสิ่งทดลองที่มีการทดแทนถั่วเหลืองด้วยถั่วเขียวที่ปริมาณ 0 25 และ 50% มากกว่าสิ่งทดลองที่มีการใช้ปริมาณถั่วเขียวทดแทนในปริมาณมาก เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของสิ่งทดลองที่มีการ

ทดแทนถั่วเหลืองด้วยถั่วเขียวที่ปริมาณ 0 25 และ 50% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาประกอบค่าที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer พบว่าสิ่งทดลองที่มีการทดแทนถั่วเหลืองด้วยถั่วเขียวที่ปริมาณ 25 และ 50%มีค่าความแข็ง ความยืดเกาะ ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลใกล้เคียงกับตัวควบคุมมาก ดังนั้นสิ่งทดลองที่มีการทดแทนถั่วเหลืองด้วยถั่วเขียว 50% ซึ่งมีปริมาณถั่วเขียวอยู่ในสูตรมากกว่าสิ่งทดลองที่มีการทดแทนถั่วเหลืองด้วยถั่วเขียว 25% มีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอดถั่วเหลืองผสมถั่วเขียวซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากถั่วเขียวได้มากยิ่งขึ้น

Table 3 Effect of amount of mungbean substituted on sensory properties in soybean packaged tofu

Amount of mungbean (%)	Texture	Color	Beany odor	Taste	Overall liking
0	6.77±1.07^{a}	6.40±1.45^{b}	5.67±1.42^{a}	5.53±1.94^{a}	6.30±1.57^{a}
25	6.70±1.47^{a}	6.17±1.64^{b}	5.77±1.45^{a}	5.80±1.75^{a}	6.28±1.55^{a}
50	5.80±1.30^{b}	5.93±1.34^{b}	5.57±1.14^{a}	5.17±1.58^{a}	6.27±1.28^{a}
75	5.37±1.43^{c}	5.97±1.27^{b}	4.87±1.80^{b}	3.07±1.44^{b}	4.17±1.51^{b}
100	6.87±1.17^{a}	6.93±1.36^{a}	4.20±1.88^{c}	2.50±1.50^{b}	3.70±1.58^{b}

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

* 1 = Extremely dislike, 5 = Neither like nor dislike and 9 = Extremely like

สรุปผล

จากการศึกษาผลของการใช้ถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอด โดยแปรปริมาณถั่วเขียว 5 ระดับ คือ 0 25 50 75 และ 100% ของน้ำหนักถั่วแห้ง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วเขียวทำให้ค่าสี L* a* b* ค่าความแข็ง ความยืดเกาะ ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลมีค่าลดลง ผลการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมคือ การใช้ถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลือง 50% ของน้ำหนักถั่วแห้ง ทำให้เต้าหู้หลอดมีความแข็ง ความยืดเกาะ ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลมีค่าปานกลางและได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 6.27 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย

เอกสารอ้างอิง

น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป, 2547, การปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตและสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์โปรตีนจากถั่วเขียว, วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 207 น.

พงศ์สันต์ อรุณสินทวีพร, 2548, การพัฒนาโปรตีนถั่วเขียวสำหรับใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในผลิตภัณฑ์อาหาร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 101 น.

รัชนี ตัณฑพานิชย์, 2547, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

วิภพ สุทธนะ, 2556, ฤทธิ์ต้านมะเร็งของฟลาโวนอยด์: กลไกการออกฤทธิ์, ศรีนครินทร์เวชสาร, 28(4): 567-582.

อบเชย อิ่มสบาย, 2536, อาหารชุดสุขภาพ, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด.

Cai, R., McCurdy, A. and Baik, B.K., 2002, Textural Property of 6 Legume Curds in Relation to Their Protein Constituents, Journal of Food Science, 67: 1725-1730.

Liu, K., 1997, Soybeans Chemistry Technology and Utilization, 2 ed., New York: Chapman & Hall, 532p.

ผลของรอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่อสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำเม่า

Effect of Freeze-thaw Cycles on Antioxidant and Antioxicant Capacity of Mao Juice

ทาริกาล เลาไธสง[1] นฤมล พุทธเกษม[1] และ สุพัตรา โพธิเศษ[1]

Laothisong, T.[1], Puttakasam, N.[1] and Phothiset, S.[1]

Abstract

This research was aimed to study the effect of freeze-thaw cycle on antioxidant and antioxidant capacity in Mao juice. Mao was frozen at -18°C for 48 h and thawing at 4°C for 24 h. The physical, chemical properties and sensory evaluation was evaluated in fresh juice and 1, 3 and 5 freeze-thaw cycles. Results showed that pH, total soluble solids, total acidity, greenness and yellowness, antioxidant and antioxidant capacity by DPPH and FRAP assay were decreased but TSS/TA, redness and blueness were increased. Moreover, most consumers preferred Mao juice produced with increasing freeze-thaw cycles even though its antioxidant content and antioxidant capacity were decreased.

Keywords: freeze-thaw cycles, antioxidant, antioxidant capacity, Mao juice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งต่อสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในน้ำเม่า นำเม่าไปแช่เยือกแข็งที่ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และละลายน้ำแข็งที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำเม่าสด และ1, 3 และ 5 รอบการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็ง พบว่าพีเอช ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าของสีเขียว ค่าของสีเหลือง สารต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP มีค่าลดลง ส่วน TSS/TA ค่าของสีแดง และสีน้ำเงิน เพิ่มขึ้น และพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบน้ำเม่าที่รอบการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นน้ำเม่าที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง

คำสำคัญ: รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็ง สารต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ น้ำเม่า

คำนำ

ปัจจุบันการเก็บถนอมรักษาวัตถุดิบอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารด้วยการลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส หรือ “การแช่เยือกแข็ง (Freezing)” เป็นวิธีการเก็บรักษาอาหารที่ได้รับความนิยมมากเนื่องจากสามารถคงคุณภาพอาหารไว้ได้ดี แต่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอาหารแช่เยือกแข็งระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และการรอจำหน่าย ทำให้เกิดการละลายน้ำแข็งและการแช่แข็งใหม่ (Freeze-thaw cycle) ซึ่งส่งผลให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ทิ่มแทงเซลล์อาหาร ทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อของเซลล์อาหาร เมื่อนำอาหารละลายน้ำแข็งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำและเซลล์ของอาหารสูญเสียรูปร่างไป ถ้าเกิดการละลายน้ำแข็งและการแช่เยือกแข็งใหม่ซ้ำหลายๆ รอบ จะส่งผลทำให้เซลล์สูญเสียน้ำออกมานอกเซลล์มากขึ้น (Van Buggenhout และคณะ, 2006; Phothiset และ Charoenrein, 2014)

เม่า (*Antidesma thwaitesianum* Muell. Arg) เป็นผลไม้ที่ได้รับการยอมรับว่ามีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ได้แก่ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแอนโธไซยานิน ซึ่งนิยมบริโภคผลสุกในรูปของผลสดอีกทั้งนิยมนำมาบีบสกัดน้ำเพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำเม่าพร้อมดื่ม น้ำเม่าเข้มข้น หรือไวน์ เป็นต้น ช่วงที่ผลเม่ามีจำนวนมากบีบสกัดน้ำเม่าคราวเดียวไม่ได้ บางครั้งมีการนำผลเม่าเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง ซึ่งอาจพบปัญหาของระบบไฟฟ้าขัดข้อง ทำให้อุณหภูมิในตู้แช่เยือกแข็งไม่คงที่ อาจจะส่งผลให้เกิดความ

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 59/4 ม.1 ต.เชียงเครือ อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiate Sakhonnakorn Province Campus 59/4 M.1 Chiangkhrua, Muang District, Sakonnakhon 47000

เสียหายต่อเนื้อเยื่อของผลเม่า ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่อสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำเม่า

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ คือ เม่าพันธุ์ฟ้าประทาน (*Antidesma thwaitesianum* Muell. Arg) ที่ระดับความสุก 90% (% ผลสีดำต่อช่อ) เก็บเกี่ยวช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 นำมาล้างทำความสะอาด สะเด็ดน้ำ

(1) เม่าสด (2) เม่าสด 250 กรัม บรรจุถุงไนลอนชนิด Nylon/Linear Low Density Polyethylene (NY/LLDPE) เก็บที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (3) เม่าหลังละลายน้ำแข็งนำไปแช่เยือกแข็งซ้ำเช่นเดียวกับรอบที่ 1 จนครบ 3 รอบ และ (4) เม่าหลังละลายน้ำแข็งนำไปแช่เยือกแข็งซ้ำจนครบ 5 รอบ นำตัวอย่าง (1), (2), (3) และ (4) บีบอัดด้วยเครื่องบีบอัด (Hydraulic press) นำน้ำเม่าที่ได้วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต (% Yield) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids; TSS) สัดส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) วัดสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) แอนโธไซยานิน (Anthocyanin) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) ด้วยวิธี DPPH และ FRAP และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 60 คน

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำตัวอย่างเม่าสดและเม่าที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งซ้ำหลายรอบ (1, 3 และ 5 รอบ) สกัดน้ำด้วยการบีบด้วยเครื่องบีบอัด พบว่าน้ำเม่าที่สกัดจากแต่ละตัวอย่างมี % yield ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)(Table 1) น้ำเม่าที่สกัดได้เมื่อผ่านการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งซ้ำหลายรอบมี pH, TSS และ TSS/TA เพิ่มขึ้น ขณะที่ TA ลดลง เนื่องจากระหว่างการละลายน้ำแข็งเอนไซม์ในเม่าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุก เช่น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) synthase และ ACC oxidase (Supapvanich และ Promyou, 2017) เกิดการกระตุ้นอีก (Reactivation) (Phothiset และ Charoenrein, 2014) ผลเม่าจึงเกิดกระบวนการสุกทำให้ความเป็นกรดลดลงและความหวานเพิ่มขึ้น

น้ำเม่าที่ได้จากตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งมีความสว่างและสีแดงลดลง ส่วนความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น (Table 2) เนื่องจากผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นจากรอบการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งซ้ำหลายรอบทิ่มแทงเซลล์ เกิดความเสียหายกับเนื้อเยื่อของผลเม่า ทำให้เซลล์สูญเสียของเหลวและรงควัตถุต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ออกมากับน้ำเม่าภายหลังการบีบอัด ทำให้น้ำเม่าที่ได้มีความสว่างลดลง ส่วนการลดลงของสีแดงและการเพิ่มขึ้นของสีน้ำเงินเกิดเนื่องจากการเสื่อมสลายของแอนโธไซยานิน (Table 3) ซึ่งแอนโธไซยานินจะมีการสลายตัวเมื่อความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของแอนโธไซยานินในสภาวะที่เป็นกรดมีความคงตัวมากกว่าในสภาวะที่เป็นกลางหรือด่าง (Bae และ Suh, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้นของน้ำเม่าที่สกัดจากตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งซ้ำหลายรอบ (Table 1) และนอกจากนี้อาจจะเกิดเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการละลายน้ำแข็งย่อยโมเลกุลของแอนโธไซยานิน (Boyle และคณะ, 1977; Kader และคณะ, 1997, 1998) ทำให้ความเป็นสีแดงลดลง

เมื่อนำน้ำเม่าที่สกัดได้จากเม่าสดและที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งซ้ำหลายรอบ วิเคราะห์ปริมาณฟี-นอลิกทั้งหมด และแอนโธไซยานิน รวมทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าน้ำเม่าที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งมีปริมาณสารดังกล่าวข้างต้นลดลง และพบว่าเมื่อรอบการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งเพิ่มขึ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แอนโธไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3) ปริมาณฟีนอลิกและแอนโธไซ-ยานินลดลงสอดคล้องกับการลดลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากระหว่างการละลายน้ำแข็งอาจทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดการรวมตัวกันของสารประกอบฟีนอลิกโดยปฏิกิริยา Oxidative condensation หรือเหนี่ยวนำให้เกิดการสลายตัว (Decomposition) ของสารประกอบฟีนอลิก (Reque และคณะ, 2014) นอกจากนี้อาจเกิดเนื่องจาก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสาร Metabolic intermediate ซึ่งสะสมอยู่ในแวคคิวโอลของพืชเกิดการแตกจากผลึกน้ำแข็ง ทำให้สารประกอบฟีนอลิกและเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ออกซิเดทีฟ เอนไซม์ไฮโดรไลติก และเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้สารประกอบฟีนอลิกถูกย่อยสลาย (Asami และคณะ, 2003; Reque และคณะ, 2014) ทำให้มีปริมาณลดลงภายหลังการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งซ้ำหลายรอบ

เมื่อนำน้ำเม่าทั้ง 4 ตัวอย่างทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมน้ำเม่าที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งซ้ำ 5 รอบ และพบว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มยอมรับน้ำเม่าเมื่อรอบการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งเพิ่มขึ้น (Table 4)

สรุปผล

จากการศึกษาผลของรอบการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งต่อสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำเม่า พบว่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สัดส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ความเป็นสว่าง ความเป็นสีแดง สารต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP มีค่าลดลง ส่วน TSS/TA และความเป็นสีน้ำเงินมีค่าเพิ่มขึ้น และผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำเม่าที่รอบการแช่เยือกแข็งและการละลายน้ำแข็งซ้ำ 5 รอบมากที่สุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M. and Mitchell, A.E., 2003, Comparison of the Total Phenolic and Ascorbic Acid Content of Freeze-dried and Air-Dried Marionberry, Strawberry and Corn Grown Using Conventional, Organic and Sustainable Agricultural Practices, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 1237-1241.

Bae, S.-H. and Suh, H.-J., 2007, Antioxidant Activities of Five Different Mulberry Cultivars in Korea, LWT-Food Science and Technology, 40: 955-962.

Boyle, F.P., Feinberg, B., Ponting, J.D. and Wolford, E.R., 1977, Freezing Fruits, *In:* Fundamentals of Food Freezing, ed Desrosier, N.W. and Tressler, D.K. AVI Publishing Company Inc., Westport.

Kader, F., Haluk, J.-P., Nicolas, J.-P. and Metche, M., 1998, Degradation of Cyanidin-3-glucoside by Blueberry Polyphenoloxidase: Kinetic Studies and Mechanisms, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 3060-3065.

Kader, F., Rovel, B., Girardin, M. and Metche, M., 1997, Mechanism of Browning in Fresh Highbush Blueberry Fruit (*Vaccinium corymbosum* L.): Role of Blueberry Polyphenoloxidase, Chlorogenic Acid and Anthocyanins, Journal of the Science of Food and Agriculture, 74: 31-35.

Phothiset, S. and Charoenrein, S., 2014, Effects of Freezing and Thawing on Texture, Microstructure and Cell Wall Composition Changes in Papaya Tissues, Journal of the Science of Food and Agriculture, 94: 189-196.

Reque, P.M., Steffens, R.S., Jablonski, A., Flores, S.H., Rios, A.O. and Jong, E.V., 2014, Cold Storage of Blueberry (*Vaccinium* spp.) Fruits and Juice: Anthocyanin Stability and Antioxidant Activity, Journal of Food Composition and Analysis, 33: 111-116.

Supapvanich, S. and Promyou, S., 2017, Hot Water Incorporated with Salicylic Acid Dips Maintaining Physicochemical Quality of ‘Holland’ Papaya Fruit Stored at Room Temperature, Emirates Journal of Food and Agriculture, 29(1): 18-24.

Van Buggenhout, S., Messagie, I., Maes, V., Duvetter, T., Loey A.V. and Hendrickx, M., 2006, Minimizing Texture Loss of Frozen Strawberries: Effect of Infusion with Pectinmethylesterase and Calcium Combined with Different Freezing Condition and Effect of Subsequent Storage/Thawing Conditions, European Food Research and Technology, 223: 395-404.

Table 1 Effect of freeze-thaw cycles on % yield, pH, titrable acidity (TA), total soluble solids (TSS) and TSS/TA of Mao juice

Samples	% Yield^{ns}	pH	TA (%)	TSS (°Brix)	TSS/TA
Fresh	64.40 ± 0.57	3.93^{b} ± 0.02	1.64^{a} ± 0.07	14.00^{a} ± 0.00	8.55^{c}± 0.37
Freeze-thaw cycle 1	65.05 ± 1.37	3.42^{c} ± 0.01	1.14^{b} ± 0.03	12.25^{c} ± 0.35	10.75^{b}± 0.58
Freeze-thaw cycle 3	64.08 ± 0.14	3.38^{c} ± 0.02	1.11^{b} ± 0.00	12.25^{c} ± 0.35	11.04^{b}± 0.00
Freeze-thaw cycle 5	66.15 ± 2.51	4.70^{a} ± 0.04	0.94^{c} ± 0.02	13.00^{b} ± 0.00	13.91^{a}± 0.00

$^{a, b, c}$: Values with different letter in same row significantly different ($p \leq 0.05$), ns: non significantly different ($p > 0.05$)

Table 2 Effect of freeze-thaw cycles on color of Mao juice

Samples	L^*	a^*	b^*
Fresh	14.10^{ab} ± 0.83	5.10^{a} ± 1.19	-1.59^{b} ± 0.31
Freeze-thaw cycle 1	14.90^{a} ± 0.38	-0.99^{c} ± 0.62	-0.01^{a} ± 0.24
Freeze-thaw cycle 3	12.38^{ab} ± 1.07	1.11^{b} ± 0.34	-1.99^{b} ± 0.15
Freeze-thaw cycle 5	10.24^{b} ± 2.38	1.73^{b} ± 0.28	-2.75^{c} ± 0.24

$^{a, b}$: Values with different letter in same row significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Effect of freeze-thaw cycles on total phenolic, anthocyanin and antioxidant capacity of Mao juice

Samples	Total phenolic (μg/mL)	Anthocyanin (μg/mL)	Antioxidant capacity	
			DPPH (%)	FRAP (mg/mL)
Fresh	6.97^{a} ± 0.58	94.66^{a} ± 7.28	228.47^{a} ± 8.57	10.02^{a} ± 0.34
Freeze-thaw cycle 1	6.08^{b} ± 0.60	86.88^{a} ± 4.80	222.97^{a} ± 8.05	9.35^{a} ± 0.05
Freeze-thaw cycle 3	3.20^{c} ± 0.16	74.89^{b} ± 1.87	189.49^{ab} ± 8.35	8.34^{b} ± 1.04
Freeze-thaw cycle 5	2.42^{c} ± 0.06	59.27^{c} ± 7.74	171.67^{b} ± 2.02	7.28^{b} ± 0.05

$^{a, b}$: Values with different letter in same row significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 4 Effect of freeze-thaw cycles on sensory evaluation of Mao juice

Samples	Color^{ns}	Flavor	Taste	Overall acceptance
Fresh	6.65 ± 1.70	5.83^{b} ± 1.44	5.33^{c} ± 2.15	5.73^{c} ± 1.90
Freeze-thaw cycle 1	6.83 ± 1.34	6.32^{a} ± 1.30	6.83^{b} ± 1.56	6.88^{b} ± 1.40
Freeze-thaw cycle 3	6.70 ± 1.43	6.28^{a} ± 1.62	7.38^{a} ± 1.25	7.33^{a} ± 1.24
Freeze-thaw cycle 5	6.48 ± 1.54	6.30^{a} ± 1.88	7.52^{a} ± 1.28	7.33^{a} ± 1.11

$^{a, b, c}$: Values with different letter in same row significantly different ($p \leq 0.05$), ns: non significantly different ($p > 0.05$)

การเปรียบเทียบอัตราส่วนเห็ดหอมและเห็ดนางรมหลวงในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ด

Comparison of Ratio Shiitake Mushroom and King Oyster Mushroom of Thai Northern Style Sausages

วิภารัศมิ์ ทรายหมอ[1] เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] ณัฐสุดา สุมณศิริ[1] ปนิดา บรรจงสินศิริ[2] และเนาวพันธ์ หนูจุ้ย[2]

Saimo, V.[1], Thumthanaruk, B.[1], Sumonsiri, N.[1], Banjongsinsiri, P.[2] and Noojuy, N.[2]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of mixed shiitake mushroom (*Lentinus edodes*), king oyster (*Pleurotus eryngii*) mushroom and hydrocolloid (konjac flour and konjac gel) on texture, color and sensory evaluation of Thai northern style sausages. The ratio of shiitake mushroom and king oyster mushroom used was 0:100, 70:30, 50:50, 30:70 and 100:0 (w/w) by replacing the use of pork meat and lard. In these recipes, the concentration of konjac flour and konjac gel used was 1.70 and 1.70% (w/w) respectively. The results showed that the texture profiles (hardness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness) of all five ratios of shiitake mushroom and king oyster mushroom used varied. However, the color values of L*, a* b* were 47.40-51.37, 2.57-5.23 and 9.49-14.05 respectively. Based on the sensorial scores, the product having shiitake mushroom and king oyster mushroom in the ratio of 50:50 (w/w) had the highest score of 6.13 on 7 pointed scale indicating of “like moderately”.

Keywords: Thai northern style sausages, shiitake mushroom and king oyster mushroom

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของเห็ดหอม (*Lentinus edodes*) เห็ดนางรมหลวง (*Pleurotus eryngii*) ที่มีผลต่อลักษณะทางเนื้อสัมผัส ค่าสี และ การทดสอบทางประสาทสัมผัส และสารพวกไฮโดรคอลลอยด์ (แป้งบุก และ เจลแป้งบุก) ในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ด โดยมีอัตราส่วนของเห็ดหอม ต่อเห็ดนางรมหลวง ร้อยละ 0:100, 70:30, 50:50, 30:70 และ 100:0 โดยน้ำหนักเพื่อใช้ในการทดแทนเนื้อหมูและมันหมูแข็ง ในสูตรเหล่านี้ใช้แป้งบุก และเจลแป้งบุก ในปริมาณร้อยละ 1.70 และ 1.70 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะทางเนื้อสัมผัสของไส้อั่วเห็ดที่มีอัตราส่วนของเห็ดที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของเนื้อสัมผัส (ด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น แรงที่ยึดเกาะกันทำให้วัตถุคงรูป ความเหนียว และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว) ค่าสี L* a* และ b* อยู่ในช่วง 47.40-51.37, 2.57-5.23 และ 9.49-14.05 ตามลำดับ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าไส้อั่วที่มีอัตราส่วนของเห็ดหอมต่อเห็ดนางรมหลวง ร้อยละ 50:50 ได้รับคะแนนความชอบเท่ากับ 6.13 จาก 7 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับชอบมาก

คำสำคัญ: ไส้อั่ว เห็ดหอม และเห็ดนางรมหลวง

คำนำ

ไส้อั่วจัดเป็นอาหารพื้นบ้านทางภาคเหนือ โดยรับประทานกับข้าวเหนียว หรือคู่กับน้ำพริก ผักชนิดต่างๆ ไส้อั่วมีส่วนประกอบหลักได้แก่ เนื้อหมูและมันหมูแข็ง และสมุนไพรต่างๆ เช่น พริก กระเทียม ขมิ้น ใบมะกรูด เป็นต้น (ศูนย์บริการธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตร, 2556) เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ อยากไรก็ตามไส้อั่วเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง โดยกระทรวงสาธารณสุขรายงานว่า ไส้อั่ว 100 กรัมให้พลังงานถึง 240 กิโลแคลอรี่ ดังนั้นหากรับประทานมากไปอาจเสี่ยงเป็นโรคหัวใจ ความดัน

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1]Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

[2]ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[2]Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Tambon Khlong Ha, Ampere Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

โลหิตสูง เป็นต้น จึงมีการศึกษาสารอื่นมาทดแทน เช่น เจลจากแป้งบุก ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วลดไขมัน สามารถลดปริมาณไขมันได้มากกว่าร้อยละ 30 (โสมศิริ, 2555) การทดแทนด้วยโปรตีนเกษตร เช่น ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วมังสวิรัติ (นัชนา, 2551) เป็นต้น สามารถนำมาใช้ทดแทนและลดปริมาณเนื้อ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยในงานวิจัยนี้เลือกทดแทนโปรตีนจากเนื้อหมูด้วยเห็ด ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ นิยมนำมาประกอบอาหาร รสชาติดี มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยมีปริมาณไขมันต่ำ แคลอรี่ต่ำ อุดมไปด้วยแร่ธาตุ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร (กระทรวงสาธารณสุข, 2544) จากคุณสมบัติและประโยชน์ของเห็ด ทำให้มีการนำเห็ดมาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริม อาหารรักสุขภาพ การใช้เห็ดแทนเนื้อสัตว์ และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การผลิตน้ำเห็ดสมุนไพรสกัดพร้อมดื่ม (สุวิทย์ และ ศิริวรรณ, 2553) เป็นต้น อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วที่มีส่วนประกอบของเห็ด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเห็ดหอมต่อเห็ดนางรมหลวงที่มีผลต่อคุณภาพทาง เคมี กายภาพ ในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตไส้อั่วเห็ดดัดแปลงจากสูตรต้นแบบของรัตนา (2542) ประกอบด้วยเห็ดหอม เห็ดนางรมหลวง แป้งบุก เจลบุก ไส้คลอลาเจน พริกแกง (พริกแห้ง ตะไคร้ ข่า ขมิ้น หอมแดง กระเทียม รากผักชี ใบมะกรูด กะปิ และเกลือ) เครื่องปรุง (ซอสหอยนางรม ซีอิ้วขาว และน้ำตาล) ใบมะกรูดซอย และผักชีต้นหอมซอย การเตรียมพริกแกง โดยบดพริกแห้ง ตะไคร้ ข่า ขมิ้น หอมแดง กระเทียม รากผักชี กะปิ เกลือ ใบมะกรูด ให้ละเอียดและเข้ากัน ร้อยละ 4.23, 24.76, 4.24, 9.71, 27.43, 14.86, 4.95, 2.26, 1.03 และ 4.00 โดยน้ำหนักตามลำดับ สำหรับซอสหอยนางรม ซีอิ้วขาว น้ำตาล แป้งบุก และเจลบุก ร้อยละ3.50, 3.66, 1.39 1.74 และ 1.74 โดยน้ำหนักตามลำดับ และแปรอัตราส่วนเห็ดหอม และเห็ดนางรมหลวง ร้อยละ 100:0, 30:70, 50:50, 70:30, 0:100 (โดยน้ำหนัก)

วิธีการผลิตไส้อั่วเห็ด โดยผสมพริกแกงและเห็ดทั้งสองชนิด จากนั้นทำให้สุกด้วยความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส ต่อด้วยน้ำตาล ซอสหอยนางรม ซีอิ้วขาว แป้งบุก และเจลแป้งบุก ผสมให้เข้ากัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำมาบรรจุใส่ในไส้คลอลาเจนที่มีขนาดเส้นผ่ายศูนย์กลาง 28 นิ้ว มัดเป็นท่อนยาวประมาณ 11 นิ้ว บรรจุในถุงโพลีเอธีลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และทำให้สุกโดยการย่างที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

การวิเคราะห์ลักษณะของไส้อั่วเห็ด ด้านคุณภาพทางกายภาพได้แก่ การทดสอบด้านเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ใช้ Probe ชนิด Warner-Bratzler Fixture ด้วยเครื่อง Texture analyzer ค่าสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่อง Hunter lab Color Quest (USA) คุณภาพทางเคมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity: a_w) และความชื้น (AOAC, 2000) และการทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ในการประเมินผลด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รส ความเผ็ด รสเค็ม รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม ระดับของการให้คะแนนเป็นแบบ 7-Point hedonic scale (1 ชอบน้อยที่สุด – 7 ชอบมากที่สุด) และการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS Statistics 17.0 โดยใช้วิธี One-way ANOVA

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วเห็ด พบว่าอัตราส่วนของเห็ดหอมต่อเห็ดนางรมหลวงมีผลต่อค่าของ ค่าความแข็ง (hardness), แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness), แรงที่ยึดเกาะกันทำให้วัตถุคงรูป (cohesiveness) และความเหนียว (gumminess) ลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้อั่วจากเนื้อสัตว์ เนื่องจากโปรตีนจากเนื้อสัตว์จับตัวเป็นก้อนและสามารถยึดเกาะกันดี แต่เห็ดหอมและเห็ดนางรมหลวง (8 และ 4.3 กรัมต่อ100 กรัม ตามลำดับ) มีปริมาณเส้นใยสูง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่ยึดเกาะกัน เนื้อสัมผัสมีลักษณะร่วน ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจึงมีการนำแป้งบุก เจลบุก มาช่วยเป็นสารยึดเกาะ โดยแป้งบุก และเจลบุก หรือบุกกลูโคแมนแนน (glucomannan) เป็นพอลิแซคคาไรด์จากพืช *Amorphophallus konjac* ทำหน้าที่เป็นสารให้ความหนืด สารให้ความคงตัว ทำให้เกิดเจล การเพิ่มความหนืด และการอุ้มน้ำ (Tye,1991; รุ่งนภา, 2555) ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ดมีความคงตัว

ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ดที่มีอัตราส่วนของเห็ดหอมมากขึ้นส่งผลทำให้ค่าของ hardness, chewiness, cohesiveness และ gumminess มีแนวโน้มที่สูงขึ้น (Table 1) เนื่องจากเห็ดหอมมีปริมาณของเส้นใยแบบเนื้อแน่น และปริมาณมากกว่าเห็ดนางรมหลวง และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดหอมบริเวณก้านดอกมีความเหนียวกว่าก้านเห็ดนางรมหลวงและดอกเห็ดฟาง (ไพรินทร์, 2558) แต่อัตราส่วนของเห็ดหอมและเห็ดนางรมหลวงที่ 50:50 มีค่าของ hardness, chewiness และ gumminess

ลดลง เนื่องมาจากเห็ดนางรมหลวงมีเนื้อสัมผัสที่กรอบ แน่น เมื่อผสมกับเห็ดหอมในปริมาณที่เหมาะสม ส่งผลให้เห็ดหอมและเห็ดนางรมหลวงจับตัวกันได้ดีและทำให้มีความแข็งที่ลดลง

Table 1 Texture profile analysis of Thai northern style sausages by shiitake mushroom and king oyster mushroom

Ration of shiitake mushroom and king oyster mushroom	Hardness (g)	Springiness^{ns}	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
100:0	2,805.75±12.43^{a}	0.76±0.05	0.66±0.05^{ab}	1,769.66±282.75^{a}	1,346.89±265.97^{a}
0:100	1,974.75±376.48^{b}	0.75±0.19	0.65±0.15^{b}	1,270.01±153.64^{bc}	955.66±192.89^{ab}
50:50	1,574.02±367.81^{b}	0.68±0.13	0.76±0.01^{a}	1,196.89±266.51^{c}	831.36±327.30^{b}
25:75	2,614.31±64.27^{a}	0.72±0.03	0.63±0.07^{b}	1,647.76±195.11^{ab}	1,182.25±183.88^{ab}
75:25	2.711.38±587.83^{a}	0.78±0.04	0.61±0.01^{b}	1,668.11±578.62^{ab}	1,306.99±471.81^{a}

*a, b, c,…Mean values in the same column with different letters in the same column indicate significant differences ($p<0.05$)

ns are the same letters in the same column indicate not significant differences ($p\geq0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นก่อนย่าง หลังย่าง ค่า a_w ค่า pH และค่าสี ที่อัตราส่วนของเห็ดหอมและเห็ดนางรมหลวงแตกต่างกัน พบว่า ค่า a_w ค่า pH เป็น 0.97-0.98 และ 5.54-5.67 ส่วนค่าความชื้นก่อนย่าง และหลังย่าง อยู่ในช่วง 70.30-72.31 และ 64.08-66.54 ตามลำดับ (Table 2) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นสูง เนื่องจากค่าความชื้นของเห็ดหอม และเห็ดนางรมหลวงเริ่มต้นเป็น 79.38 และ 82.33 ตามลำดับ ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง โดยอัตราส่วนของเห็ดหอมที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นสูงขึ้น เนื่องจากเห็ดหอมแห้งสามารถดูดน้ำได้ดีซึ่งส่งผลต่อค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์ (กิตติ และคณะ, 2544) แต่อัตราส่วนของเห็ดทั้งสองที่ร้อยละ 50:50 มีความชื้นน้อยที่สุด และหลังจากการย่างมีปริมาณความชื้นลดลงจากก่อนย่างร้อยละ 3-6 ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น และเกิดจากกระบวนการผลิตภัณฑ์ที่ใช้ความร้อนน้ำเกิดการระเหย ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง และแข็งขึ้น ส่วนค่าสีพบว่าค่า a* และ b* (Table 2) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของเห็ดทั้ง 2 ชนิดมีผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ด ซึ่งปริมาณของเห็ดหอมที่มากขึ้นมีผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a*) เนื่องจากลักษณะของสีเห็ดหอมและสีที่เกิดขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา, 2545) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น

Table 2 Effect of ratios shiitake mushroom and king oyster mushroom with Thai northern style sausages

Samples	Ration of shiitake mushroom and king oyster mushroom	% moisture before grilling	%moisture after grilling	L*^{ns}	a*	b*
1	100:0	72.31±0.06^{a}	66.54±0.67^{a}	47.40±1.00	5.23±0.39^{a}	13.17±2.83^{a}
2	0:100	70.30±0.24^{a}	64.73±0.30^{bc}	49.34±0.62	2.57±0.92^{c}	9.49±0.72^{b}
3	50:50	67.55±0.11^{b}	64.08±0.47^{c}	48.59±2.35	4.29±0.58^{ab}	12.58±1.82^{a}
4	25:75	69.90±0.20^{b}	65.63±0.19^{ab}	49.43±0.79	3.74±0.58^{b}	12.82±1.02^{a}
5	75:25	70.30±0.20^{a}	65.85±0.79^{a}	51.37±5.91	4.48±0.45^{ab}	14.05±1.04^{a}

*a, b, c,… Mean values in the same column with different letters in the same column indicate significant differences ($p<0.05$)

ns are the same letters in the same column indicate not significant differences ($p\geq0.05$)

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ดทั้ง 5 สูตร พบว่าลักษณะต่างๆ สี กลิ่นรส มีความคล้ายกัน ส่วนเนื้อสัมผัสทั้ง 5 สูตรมีการยึดเกาะกันดี ไม่ร่วน ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยประเมินจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี รสเค็ม และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 5.80-6.07, 5.80-6.27, 5.80-6.07และ 5.67-6.13 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) ส่วนทางด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความเผ็ด และรสชาติโดยรวม มีค่าอยู่ระหว่าง 5.53-5.93, 5.13-6.20, 5.33-6.13 และ 5.47-6.07 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Figure 1)โดยไส้อั่วเห็ดที่มีอัตราส่วนของเห็ดหอมต่อเห็ดนางรมหลวงร้อยละ 50:50 มีคะแนนในด้านต่างๆ

สูงที่สุด ส่วนไส้อั่วที่มีอัตราส่วนของเห็ดหอมได้รับคะแนนในด้านกลิ่นมากกว่าสูตรที่ไม่มีเห็ดหอม เนื่องจากเห็ดหอมมีสารให้กลิ่น Lenthionine (Morita และ Kobayashi, 1966) ซึ่งจะเกิดมากในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ทำให้เห็ดหอมแห้งมีกลิ่นหอม เนื้อเหนียวนุ่ม และรสชาติดี (กิตติ และคณะ, 2544)

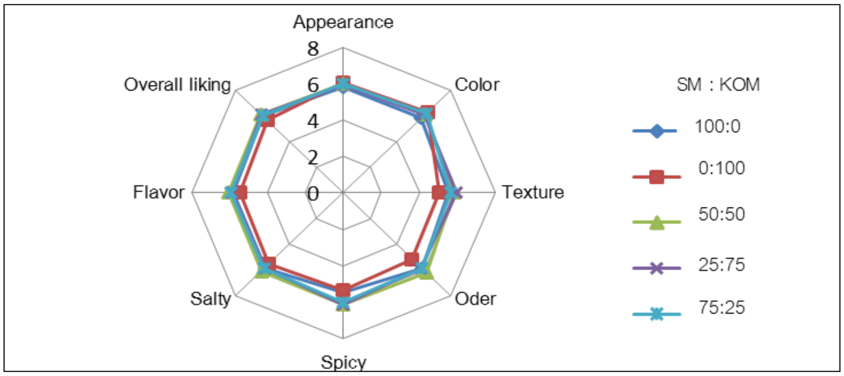


Figure 1 Sensory parameters of different ratio of shiitake mushroom (SM) and king oyster mushroom (KOM) Thai northern style sausages.

อัตราส่วนของเห็ดหอมต่อเห็ดนางรมหลวงในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเห็ด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าอัตราส่วนของเห็ดหอมต่อเห็ดนางรมหลวงร้อยละ 50:50 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ลักษณะของไส้อั่วเห็ดของสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และสามารถยึดเกาะกันได้ดีไม่ร่วน ทั้ง 5 สูตร และมีลักษณะความใกล้เคียงกับไส้อั่วหมู ส่วนการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสพบว่าไส้อั่วเห็ดที่มีอัตราส่วนของเห็ดหอมในปริมาณมากทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งมาก

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข, 2544, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย, กลุ่มงานวิเคราะห์อาหาร และโภชนาการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

กิตติ แซ่โง้ว ยุทธนา เกติพันธ์ วรววณ สุทธิธนาเลิศ ทิพาพร อยู่วิทยา และนภาพร รัตนสมบูรณ์, 2544, ผลของสภาวะการอบแห้งต่อปริมาณสารให้กลิ่นในเห็ดหอม, วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ฉบับที่ 3 หน้า 285-297.

นัชนา รัตนากรโกวิท, 2551, ผลของส่วนผสมต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วมังสวิรัติ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ไพรินทร์ กปิลานนท์, 2558, เทคโนโลยีเห็ด, ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

รัตนา พรหมพิชัย, 2542, ไส้อั่ว, สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคเหนือ. มูลนิธิสารานุกรมวัฒนธรรมไทย ธนาคารไทยพาณิชย์, กรุงเทพฯ, เล่ม 14 หน้า 7257.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2555, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 4, หน้า 274-280.

ศูนย์บริการธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตร, 2556, การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ “การผลิตไส้อั่วลดไขมัน”, ศูนย์บริการธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุวิทย์ สุวรรณโณ และศิริวรรณ มากสุวรรณ์, 2553, การผลิตน้ำเห็ดสมุนไพรสกัดพร้อมดื่ม, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 20, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

โสมศิริ สมถวิล, 2555, การพัฒนาไส้อั่วไขมันและยืดอายุการเก็บรักษา, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

AOAC, 2000, Official methods of analysis (17th ed.), Association of Analytical Chemists, Arlington.

Moria, K. and Kobayashi, S., 1966, Isolation and Synthesis of Lenthionine and Odorous Substance of Shiitake and Edible Mushroom, Tetrahetron Letters, 7: 573-577.

Tye, R.J., 1991, Konjac Flour: Properties and Applications. Food Technology, 60: 86-92.

ศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของแก่นตะวัน ภายใต้สภาพการเพาะปลูกในภาคตะวันออกของประเทศไทย

Yield Potential and Agronomic Performance of Jerusalem Artichoke (Kaentawan) Cultivars Growing in Eastern Part of Thailand

รัตติกาล เสนน้อย[1] **ณรงค์ศักดิ์ สละชีพ**[1] **และ นิภาพร ทรัพย์พนาวรรณ**[1]
Sennoi, R.[1], Salacheep, N.[1] and Subpanawan, N.[1]

Abstract

This study aimed to evaluate agronomic traits and yield of four Jerusalem artichoke cultivars under growing conditions in Chonburi province. The study was arranged in Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications. Two growing seasons of evaluation, including early rainy season (May to September 2015) and late rainy season (December 2015 to March 2016) were observed at Bangphra, Sriracha district, Chonburi. The two seasons and Jerusalem artichoke cultivars were significantly different for agronomic traits and yield. Shoot fresh weight, plant height, tuber length, tuber per plant and fresh tuber yield were higher in the early rainy season. In the late rainy season, days to maturity and flowering date were shorter than in the early rainy season. In addition, the late rainy season resulted in bigger tuber size and higher brix value. The cultivars JA 89 had high potential for agronomic traits and yield across the two growing seasons.
Keywords: yield, agronomic trait, Jerusalem artichoke

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางการเกษตร และผลผลิตของแก่นตะวัน จำนวน 4 สายพันธุ์ ภายใต้สภาพการเพาะปลูกของจังหวัดชลบุรีโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดลอง 2 ฤดูปลูก คือ ต้นฝน (พฤษภาคม – กันยายน 2558) และปลายฝน (ธันวาคม 2558 – มีนาคม 2559) ณ ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ผลการทดลองพบว่า ฤดูกาล และสายพันธุ์แก่นตะวันที่แตกต่างกันทำให้ลักษณะทางการเกษตร และผลผลิตของแก่นตะวันแตกต่างกันออกไป โดยการปลูกต้นฝนส่งผลให้แก่นตะวันมีน้ำหนักต้นสด ความสูง ความยาวหัว จำนวนหัวต่อต้น และผลผลิตหัวสดสูงกว่าการปลูกปลายฝน ส่วนอายุเก็บเกี่ยว และวันออกดอกของแก่นตะวันจะสั้นลงในฤดูปลายฝน และพบว่าการปลูกปลายฝนจะส่งผลให้ขนาดหัวของแก่นตะวันใหญ่กว่า และมีค่าความหวานสูงกว่าการปลูกต้นฝน โดยพันธุ์แก่นตะวันที่มีลักษณะทางการเกษตรอยู่ในเกณฑ์ดี และให้ผลผลิตสูงทั้ง 2 ฤดูปลูก คือ พันธุ์ JA 89
คำสำคัญ: ผลผลิต ลักษณะทางการเกษตร แก่นตะวัน

คำนำ

แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke; *Helianthus tuberosus* L.) เป็นพืชที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านอาหารเพื่อสุขภาพอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในหัวแก่นตะวันมีสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เรียกว่า อินนูลิน โดยจะช่วยลดไขมันในเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานและโรคหัวใจ (Orafti, 2005) มีการนำแก่นตะวันไปผสมกับอาหารสัตว์เพื่อลดการใช้สารปฏิชีวนะในกระบวนการเลี้ยงสัตว์ นับได้ว่าแก่นตะวันเป็นพืชเพื่อสุขภาพทั้งในมนุษย์และสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งของพลังงานเชื้อเพลิงประเภทแอลกอฮอล์ได้อีกด้วย (Cosgrove และคณะ,1991) แก่นตะวันเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดแถบทวีปอเมริกาเหนือ แต่สามารถปรับตัว และเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย (นิมิต และ สนั่น, 2549) มีรายงานการเปรียบเทียบลักษณะทางการเกษตรและผลผลิตของแก่นตะวันในจังหวัดอุดรธานี ขอนแก่น ชัยภูมิ (Pimsaen และคณะ, 2010) และกาญจนบุรี (ประภาส และคณะ, 2556)

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ชลบุรี 20110
[1] Department of Plant Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Sriracha, Chon buri, 20110

อย่างไรก็ตามศักยภาพการให้ผลผลิตของแก่นตะวันในภาคตะวันออกยังไม่มีรายงานมาก่อน ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของแก่นตะวันภายใต้สภาพการเพาะปลูกของจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีความสำคัญในการเริ่มต้นการพัฒนาแก่นตะวันให้เป็นพืชทางเลือกของภาคตะวันออก เพื่อการผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบผลผลิต และศึกษาลักษณะทางการเกษตรของแก่นตะวัน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ JA 89, HEL 65, CN 52867 และ JA 102 × JA 89 (8) จากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบการสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design; RCBD) มี 4 ซ้ำ ณ แปลงวิจัยพืชศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี กำหนดให้แต่ละแปลงมี 2 แถว แถวละ 10 ต้น รวมเป็น 20 ต้นต่อแปลง (ระยะปลูก 50 × 50 เซนติเมตร) ทดลอง 2 ฤดูปลูก คือ ต้นฝน (พฤษภาคม – กันยายน 2558) และปลายฝน (ธันวาคม 2558 – มีนาคม 2559) ปลูกแก่นตะวันโดยใช้ต้นกล้าที่มีอายุ 2 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อแก่นตะวันอายุ 1 เดือน จากนั้นดูแลกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสมจนกว่าจะเก็บเกี่ยว มีการให้น้ำวันเว้นวันในระยะแรกของการเจริญเติบโตจนกระทั่งออกดอก จากนั้นทิ้งช่วงการให้น้ำตามความเหมาะสม และบันทึกข้อมูล วันออกดอกร้อยละ 50 (50% bloom) ความสูง อายุเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดต้น ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวต่อต้น ความกว้างหัว ความยาวหัว ค่าความหวาน (^{o}Brix) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลอง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) และศึกษา Combined Analysis เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลใน 2 ฤดูปลูก

ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าฤดูปลูกที่แตกต่างกันมีผลทำให้ลักษณะทางการเกษตรทุกลักษณะที่ทำการศึกษารวมทั้งผลผลิตของแก่นตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติ และสายพันธุ์แก่นตะวันที่แตกต่างกันทำให้ลักษณะทางการเกษตร และผลผลิตของแก่นตะวันแตกต่างกันออกไป การปลูกในต้นฤดูฝนทำให้การออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของแก่นตะวัน 4 สายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 75 วัน ในขณะที่ปลายฤดูฝนอยู่ที่ 57.8 วัน อายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 116 วันเมื่อปลูกในต้นฤดูฝน และ 89.5 วัน เมื่อปลูกปลายฤดูฝน โดยพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นทั้ง 2 ฤดูปลูกคือ CN52867 ความสูงของแก่นตะวันเฉลี่ย 121.7 เซนติเมตรเมื่อปลูกในฤดูต้นฝน และ 75.5 เซนติเมตรในฤดูปลายฝน (Table 1) น้ำหนักสดต้น ผลผลิตหัวสดต่อไร่ และจำนวนหัวต่อต้นในฤดูต้นฝนสูงกว่าในฤดูปลายฝน โดยสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดในการปลูกต้นฝน คือ พันธุ์ JA 89 (5.3 ตันต่อไร่) และพันธุ์ JA 102 × JA 89 (8) ให้ผลผลิตสูงสุดในการปลูกปลายฝน 2.4 ตันต่อไร่ (Table 2) อย่างไรก็ตามพันธุ์ JA 89 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับ JA 102 × JA 89 (8) ในฤดูปลายฝน

ฤดูปลูกที่ต่างกันมีผลทำให้ความกว้างและความยาวของหัวแก่นตะวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ขนาดของหัวแก่นตะวันเมื่อดูจากความกว้าง พบว่า ความกว้างของหัวแก่นตะวันเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนจะกว้างกว่าการปลูกต้นฤดูฝน โดยในฤดูปลายฝน หัวแก่นตะวันมีความกว้างเท่ากับ 2.51 เซนติเมตร และฤดูต้นฝนมีความกว้าง เท่ากับ 2.17 เซนติเมตร แต่สำหรับความยาวของหัวแก่นตะวันนั้น พบว่า ฤดูต้นฝน แก่นตะวันมีความยาวหัวมากกว่าปลายฤดูฝน (Table 3) นอกจากนั้นยังพบว่าหัวแก่นตะวันหลังเก็บเกี่ยวของการปลูกปลายฝนมีค่าความหวานสูงกว่าการปลูกต้นฝน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.98 และ 21.04 ในการปลูกต้นฝนและปลายฝนตามลำดับ

วิจารณ์ผล

ฤดูปลูกที่แตกต่างกันส่งผลต่อลักษณะทางการเกษตรและการให้ผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน โดยการปลูกในฤดูต้นฝนส่งผลให้วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และอายุเก็บเกี่ยวยืดยาวออกไปเมื่อเทียบกับการปลูกปลายฝน การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของแก่นตะวันค่อนข้างสูงเมื่อปลูกในต้นฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Kays และ Nottingham (2008) ที่ว่าการเพาะปลูกในสภาพที่มีความชื้นสูงจะทำให้ลำต้นมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น และพบว่าการปลูกปลายฝนจะส่งผลให้ขนาดหัวของแก่นตะวันใหญ่กว่าการปลูกฤดูต้นฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าค่าความหวานจะสูงเมื่อปลูกปลายฝน ซึ่งค่าความหวานของหัวแก่นตะวันในการปลูกปลายฝนของการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองของสนั่น และคณะ (2549) ที่รายงานค่าความหวานเฉลี่ยไว้เท่ากับ 19.5 เมื่อปลูกปลายฤดูฝนใน จ.ขอนแก่น

จากรายงานการทดสอบผลผลิตในต้นฤดูฝนที่ จ.กาญจนบุรี (ประภาส และคณะ, 2556) พบว่าผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 4.3 ตันต่อไร่ ขณะที่ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยของคณะผู้วิจัยในการปลูกต้นฝนอยู่ที่ 3.9 ตันต่อไร่ และจากการทดสอบผลผลิตแก่นตะวัน 14 สายพันธุ์ ในปลายฤดูฝน จ.ขอนแก่น ปี พ.ศ. 2549 พบว่าแก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.3 ตันต่อไร่ โดยมีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 2.5 ตันต่อไร่ (สนั่น และคณะ, 2549) นอกจากนั้นยังมีรายงานการเปรียบเทียบผลผลิตแก่นตะวันใน จ.อุดรธานี ขอนแก่น และชัยภูมิ พบว่า ในฤดูปลายฝน ผลผลิตหัวสดแก่นตะวันเฉลี่ยอยู่ที่ 2.5 ตันต่อไร่ (Pimsaen และคณะ, 2010) ขณะที่ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยในการทดลองนี้พบว่าในฤดูปลายฝนมีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 1.8 ตันต่อไร่ แตกต่างจากผลการทดลองที่ผ่านมาในหลายพื้นที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหลายอย่างที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิ สภาพดินปลูก แสง ปริมาณน้ำฝน และความสูงจากระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน อย่างไรก็ตามควรมีการเพิ่มจำนวนสายพันธุ์ และพื้นที่ในการทดสอบผลผลิตแก่นตะวันเพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาความเป็นไปได้ และศักยภาพของการปลูกแก่นตะวันในภาคตะวันออกของประเทศไทย

สรุปผล

ฤดูปลูก และสายพันธุ์แก่นตะวันที่แตกต่างกันทำให้ลักษณะทางการเกษตร และการให้ผลผลิตของแก่นตะวันแตกต่างกันออกไป โดยการปลูกแก่นตะวันในฤดูต้นฝนส่งผลให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดีกว่าปลายฤดูฝน รวมทั้งให้ผลผลิตหัวสดรวมมากกว่า แต่การปลูกปลายฤดูฝนทำให้คุณภาพหัวแก่นตะวันเพื่อการบริโภคดีกว่าเนื่องจากมีขนาดหัวที่ใหญ่กว่า และยังให้ค่าความหวานที่สูงกว่า ส่วนอายุเก็บเกี่ยว และวันออกดอกของแก่นตะวันจะยืดยาวออกไปเมื่อปลูกฤดูต้นฝน พันธุ์แก่นตะวันที่มีศักยภาพสำหรับสภาพการเพาะปลูกของภาคตะวันออก ในชุดดินชลบุรีซึ่งเป็นดินทรายปนร่วน ได้แก่ พันธุ์ JA 89 และพันธุ์ JA 102 × JA 89 (8) เนื่องจากมีลักษณะทางการเกษตรอยู่ในเกณฑ์ดี และให้ผลผลิตสูงทั้ง 2 ฤดูปลูก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และสถานที่ทำการวิจัย สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ นักศึกษาช่วยงานประกอบไปด้วย นายจิรวัฒน์ เจริญทวีชัย นางสาวศิริลักษณ์ คำจันดา และนายพลพรต เชื้อนาคา และขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.สนั่น จอกลอย ที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์แก่นตะวัน และคำแนะนำต่างๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นิมิต วรสูต และสนั่น จอกลอย, 2549, อินนูลิน: สาระสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน, ว. แก่นเกษตร, ปีที่ 34, ฉ.2:85-91.

ประภาส ช่างเหล็ก บุญร่วม จันทร์ชื่น สกล ฉายศรี นวะรัตน์ พิลาบ สุภัทรา เมทะนีกรชัย และวีระยุทธ แสนยากุล, 2556, การปลูกทดสอบต้นแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus*) ณ แปลงทดลองสถานีวิจัยกาญจนบุรี, ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาพืช. กรุงเทพฯ, หน้า 154-159.

สนั่น จอกลอย นิมิต วรสูต จิรยุทธ ดาเระสา รัชนก มีแก้ว ถวัลย์ เกษมาลา และวิลาวรรณ ตุลา, 2549, ศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของแก่นตะวันพันธุ์ต่างๆ ในสภาพการเพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, ว. แก่นเกษตร, 2: 139-150.

Cosgrove, D.R., Oelke, E.A., Doll, J.D., Davis, D.W., Undersander, D.J. and Oplinger E.S., 1991, Jerusalem Artichoke, [Online] Available: https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/jerusart.html [March 22, 2016].

Kays, S.J. and Nottingham, S.F., 2008, Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) CRC press, Florida.

Orafti, 2005, Active Food Scientific Monitor, An Orafti Newsletter, Nr. 12-spring 2005.

Pimsaen, W., Jogloy, S., Suriharn, B., Kesmala, T., Pensuk, V. and Patanothai, A, 2010, Genotype by Environment (G × E) Interaction for Yield Component of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.), Asian Journal of Plant Science, 9(1):11-19.

Table 1 Fifty percent of flowering time, days to maturity and plant height of 4 Jerusalem artichoke varieties in early and late rainy season

Variety	50 % Flowering time		Days to maturity		Plant height (cm)	
	Early	late	Early	late	Early	late
JA 89	73bc	59	116b	91a	133.0a	81.0
HEL 65	81a	58	116b	88b	122.8b	73.8
CN52867	70c	55	112c	88b	103.0c	71.5
JA 102 × JA 89 (8)	76b	59	120a	91a	127.9ab	75.6
Mean	75	57.8	116	89.5	121.7	75.5
F-test	**	ns	**	**	**	ns
CV (%)	2.96	5.54	1.74	1.06	3.99	12.26

ns,*, ** = non-significant, significant at P<0.05 and P<0.01 level, respectively.

Means within columns with different letters are significantly different (P<0.05).

Table 2 Shoot fresh weight, fresh tuber yield and tuber number/plant of 4 Jerusalem artichoke varieties in early and late rainy season

Variety	Shoot fresh weight (g/plot)		Fresh tuber yield (t/rai)		Tuber number/plant	
	Early	late	Early	late	Early	late
JA 89	394.75a	121.5a	5.3a	2.0ab	55	16
HEL 65	118.80b	56.63b	3.1b	1.7bc	54	15
CN52867	72.83b	74.13b	4.1b	1.1c	24	21
JA 102 × JA 89 (8)	322.67a	115.17a	3.3b	2.4a	35	18
Mean	227.26	91.86	3.9	1.8	42	17.5
F-test	**	*	**	**	ns	ns
CV (%)	38.25	26.87	18.59	22.15	67.2	25.11

ns,*, ** = non-significant, significant at P<0.05 and P<0.01 level, respectively.

Means within columns with different letters are significantly different (P<0.05).

Table 3 Tuber width, tuber length and brix value of 4 Jerusalem artichoke varieties in early and late rainy season.

Variety	Tuber width (cm)		Tuber length (cm)		%Brix	
	Early	late	Early	late	Early	late
JA 89	1.88bc	2.88a	5.5ab	6.1a	17.39a	20.00
HEL 65	2.86a	2.86a	6.4a	6.2a	13.63b	21.22
CN52867	1.85c	1.94b	5.9ab	4.2b	13.66b	21.50
JA 102 × JA 89 (8)	2.07b	2.36c	5.1b	3.6b	15.24b	21.44
Mean	2.17	2.51	5.7	5.02	14.98	21.04
F-test	**	**	*	**	**	ns
CV (%)	5.68	5.37	10.5	11.85	7.49	11.19

ns,*, ** = non-significant, significant at P<0.05 and P<0.01 level, respectively.

Means within columns with different letters are significantly different (P<0.05).

ระบบการเกษตร และการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้ของชุมชนในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

Survey on Agricultural Systems and Forest Resources Reliance of Communities Located in The Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province

สุธีระ เหิมฮึก[1] วิชญ์ภาส สังพาลี[1] เนตรนภา อินสลุด[1] และจุฑามาศ อาจนาเสียว[1]

Hermhuk, S.[2], Sangplalee, W.[1], Insalud, N.[1] and Atnaseo, C.[1]

Abstract

This study aimed to find out an agricultural system practiced by highland communities, particularly within the tightly guarded forest reserve area of the National Park. In addition, various patterns of forest reliance related to basic life-sustaining requirements, and forms of sustainable agricultural practices aimed to preserve forest resources were investigated. To collect data, an open interview with key players within each of the four communities under investigation was conducted twice during 2015. A community with the most agricultural activities was the Doi Pui-Hmong community for up to 60% of household conducted agricultural practices mostly in form of shifting cultivation followed by lychee, persimmon and peach plantations. In terms of community's reliance on forest resources, the Khun Chang Kian-Hmong community was found to exploit the most from forest resources for up to 31 families 84 genera and 101 species had been used. Integrated agriculture and agroforestry was the major forms of sustainable agricultural practices found among the four communities.

Keywords: highland agriculture, forest resources, agroforestry, Doi Suthep-Pui national park

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการเกษตรบนพื้นที่สูง และการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้ใน โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ในด้านปัจจัยสี่ ของกลุ่มชนเผ่าพื้นเมืองในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2558 โดยการเปิดเวทีชุมชนสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับการเกษตร และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ทุกชุมชนจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น ผู้นำ ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้นำด้านศาสนา และตัวแทนกลุ่มเยาวชน เป็นต้น ประกอบกับการสำรวจพื้นที่ป่าใช้สอยโดยรอบแต่ละชุมชน ผลการศึกษาพบว่า มีชุมชนหลักในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย 4 ชุมชน โดยชุมชนบ้านม้งดอยปุย มีการทำเกษตรกรรมมากที่สุดร้อยละ 60 โดยเฉพาะการทำไร่เลื่อนลอย และการปลูกไม้ผลเมืองหนาว เช่น ลิ้นจี่ พลับ และท้อ ในส่วนของการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้พบว่าชุมชนบ้านม้งขุนช่างเคี่ยน มีการใช้ประโยชน์พืชป่าไม้มากที่สุดถึง 101 ชนิด 84 สกุล 31 วงศ์ และอีก 2 ชุมชนคือ ชุมชนหน้าพระตำหนักภูพิงค์ฯ และชุมชนหน้าพระธาตุดอยสุเทพ หลงเหลือการทำการเกษตรและการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้อยู่เล็กน้อย อย่างไรก็ตามผลการศึกษานำไปสู่การแนะแนวทางปฏิบัติเพื่อการจัดการพื้นที่เกษตรบนที่สูงให้มีความยั่งยืน และเหมาะสมควบคู่กับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เช่น การแนะนำสู่การทำเกษตรผสมผสาน และวนเกษตร

คำสำคัญ: เกษตรที่สูง ทรัพยากรป่าไม้ วนเกษตร อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย

คำนำ

รูปแบบการเกษตรกรรมของชุมชนต่าง ๆ ในประเทศไทย มักขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศเป็นหลัก โดยเฉพาะภาคเหนือร้อยละ 70 มีการทำการเกษตรบนพื้นที่สูง บนภูเขาลาดชันเป็นหลัก โดยเฉพาะระบบการทำไร่เลื่อนลอย (Boonkird และคณะ, 1984) โดยการทำไร่เลื่อนลอยนั้นถือว่าวัฒนธรรมทางการเกษตรของชนเผ่า มักจะมีการเก็บหาของป่าในพื้นที่รอบ ๆ หรือหลงเหลือพืชป่าที่มีการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ แซมตามขอบไร่ (Fukushima และคณะ, 2007)

[1] คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290, Thailand

โดยอดีตการทำไร่เลื่อนลอยนั้นเป็นการเกษตรเพื่อยังชีพแต่ก็เป็นการทำลายความหลากหลายของทรัพยากรป่าไม้ โดยเฉพาะการทำให้เกิดหย่อมป่า (Laurance และคณะ, 1998) ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาด้านความหลากหลายของพืชในพื้นที่หลังการทำไร่เลื่อนลอย และการทดแทนของป่าไม้ในพื้นที่ไร่เลื่อนลอยเดิม เช่น ไร่ฝิ่น ข้าวไร่ (Fukushima และคณะ, 2007) แต่เนื่องจากสภาพปัญหาในปัจจุบันมีการทำลายทรัพยากรป่าไม้อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดการประกาศจัดตั้งพื้นที่อนุรักษ์ทับพื้นที่ป่าที่เคยเป็นไร่เลื่อนลอย ทำให้ระบบการเกษตรนี้เปลี่ยนแปลงไปเพื่อมุ่งเน้นการผลิตเพื่อขายมากขึ้น ทำให้การพึ่งพาอาศัยทรัพยากรป่าไม้นั้นลดลง และอาจขาดแคลนพืชพรรณที่เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตชุมชนท้องถิ่น (Hermhuk และคณะ, 2015) ชุมชนบนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย มีทั้งคนพื้นเมือง และชนเผ่า เป็นตัวอย่างชุมชนที่ตั้งอยู่ท่ามกลางพื้นที่อนุรักษ์ แต่กระนั้นก็มีการขยายพื้นที่ไร่เลื่อนลอยอยู่เรื่อย ๆ และการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่มีความจำกัดไม่เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ ทำให้เกิดข้อพิพาทกับเจ้าหน้าที่ของรัฐอยู่ประจำ จึงนำไปสู่การศึกษาและหาแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเกษตรบนพื้นที่สูงเพื่อชดเชยการขยายพื้นที่ไร่เลื่อนลอย ร่วมกับการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้เพื่อความอย่างยั่งยืนในอนาคตต่อไปของชุมชนในพื้นที่ดังกล่าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สำรวจฐานข้อมูลประชากรจากข้อมูลทุติยภูมิจากองค์การบริหารส่วนตำบลสุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ เพื่อทราบจำนวนครัวเรือน และพื้นที่ทำการเกษตรที่ชัดเจน นำข้อมูลพื้นฐาน จัดทำแบบสำรวจระบบการเกษตร และการใช้ทรัพยากรป่าไม้เข้าสำรวจชุมชน โดยการเปิดเวทีประชุมกลุ่มย่อยจำนวน 5 คนขึ้นไปต่อกลุ่มซึ่งประกอบไปด้วย ผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน กรรมการป่าไม้ ตัวแทนเยาวชน ทำการสำรวจกลุ่มย่อยชุมชนละ 2 ครั้ง ใน 4 ชุมชนบนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย กล่าวคือ ชุมชนหน้าวัดพระธาตุดอยสุเทพ ชุมชนหน้าพระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์ ชุมชนบ้านม้งดอยปุย และชุมชนบ้านม้งขุนช่างเคี่ยน โดยทำการสำรวจอาชีพจากแบบสำรวจ โดยเน้นที่อาชีพเกษตรกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ผนวกกับการสำรวจเชิงลึกโดยการลงพื้นที่เกษตรกรรม ทำการบรรยายรูปแบบร้อยละทางสถิติ และสำรวจพึ่งพาป่าไม้ในป่าใช้สอยรอบชุมชนโดยการสุ่มวางแปลงสำรวจขนาด 10x10 เมตร ชุมชนละ 3 แปลงตัวอย่าง โดยการระบุชนิดพันธุ์พืชและนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความคล้ายคลึงของจำนวนชนิดพันธุ์ของทั้ง 4 ชุมชน จากสูตรของ Sorensen (1971) อ้างตาม ดอกรัก และอุทิศ (2552)

ค่าดัชนีความคล้ายคลึง (SI) จากสูตร $SI = \frac{2W}{A+B} \times 100$

A คือจำนวนชนิดในพื้นที่ที่ 1 B คือจำนวนชนิดในพื้นที่ที่ 2 และ W คือจำนวนชนิดที่เหมือนกันในพื้นที่ที่ 1 และ 2

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรของชุมชนในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย

ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ที่มีการประกาศจัดตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2524 ประกอบไปด้วย 4 ชุมชนหลักที่มีการตั้งถิ่นฐานอยู่เดิมก่อนมีการจัดตั้งพื้นที่อุทยานกล่าวคือ 1) ชุมชนหน้าวัดพระธาตุดอยสุเทพ มีการตั้งถิ่นฐานราวปี พ.ศ. 2477 พร้อมกับการสร้างทางขึ้นพระธาตุดอยสุเทพ ปัจจุบันพบการทำไร่เลื่อนลอยอยู่น้อยมากซึ่งประชากรส่วนใหญ่หันไปประกอบอาชีพอื่น หลงเหลือพืชเกษตรที่สำคัญในบางครอบครัวร้อยละ 16.67 จาก 150 ครัวเรือน เป็นการทำสวนลิ้นจี่ ลำไย เป็นต้น 2) ชุมชนหน้าพระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์ เริ่มตั้งถิ่นฐานพร้อมกับการสร้างพระตำหนักฯ ราวปี พ.ศ. 2502 ซึ่งเป็นคนพื้นเมืองกลุ่มเดียวกับชุมชนหน้าพระธาตุดอยสุเทพ ปัจจุบันหลงเหลือครอบครัวที่ทำการเกษตรอยู่น้อยมากร้อยละ 7.70 จาก 60 ครัวเรือน การทำเกษตรส่วนใหญ่เป็นการปลูกผลไม้เมืองหนาว และกาแฟ เป็นต้น 3) ชุมชนบ้านม้งดอยปุย เป็นชุมชนขนาดใหญ่ที่สุดในอุทยานแห่งชาติฯ และเป็นชาติพันธุ์เผ่าม้ง ซึ่งอพยพมาตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ปัจจุบันราว พ.ศ. 2492 โดยทำการเกษตรแบบการหักล้างถางป่าทำไร่เลื่อนลอย (Shifting cultivation) พืชเกษตรที่นิยมปลูกในอดีตมี 3 ชนิด คือ ข้าวไร่ (upland rice) เพื่อบริโภค ข้าวโพด (corn) เพื่อเลี้ยงสัตว์ และฝิ่น (opium poppy) เพื่อขาย ปัจจุบันได้มีการเข้ามาของโครงการพระราชดำริ โดยการเสด็จพระราชดำเนินของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวอยู่หลายครั้ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไร่ฝิ่นเป็นพื้นที่ปลูกผลไม้เมืองหนาว เช่น ลิ้นจี่ ท้อ และพลับ ส่วนข้าวไร่ และข้าวโพด เป็นการทำไร่เลื่อนลอยภายใต้ระเบียบของอุทยาน แต่ยังพบการหักล้างถางป่าเพิ่ม เกิดการทำลายพื้นที่อนุรักษ์ไปเรื่อย ๆ โดยประชาชนในชุมชนนี้มีการทำเกษตรกรรมร้อยละ 60 จาก 250 ครัวเรือน ทางภาครัฐและสถานที่ศึกษาต่าง ๆ ได้นำระบบเกษตรผสมผสาน

(integrated farming) และวนเกษตร (Agroforestry) เข้ามาสนับสนุนในบางครอบครัวต้นแบบเพื่อเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินที่มีความยั่งยืนทางผลผลิตและชดเชยการเก็บหาของป่า โดยนำพืชป่าไม้มาปลูกร่วมหรือตามขอบของไร่ แต่ยังไม่ได้รับผลตอบรับเท่าที่ควร และ 4) ชุมชนบ้านม้งขุนช่างเคี่ยน เป็นชุมชนที่อยู่สูงที่สุดของยอดดอยสุเทพ-ปุย ประกอบด้วยกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง และกะเหรี่ยง (Karen) ซึ่งมีการทำเกษตรกรรมประมาณร้อยละ 55 จาก 80 ครัวเรือน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพสวนลิ้นจี่ ปลุกข้าวไร่ในระบบไร่เลื่อนลอยบ้างแต่มีน้อยมากในปัจจุบัน ซึ่งกลุ่มหมู่บ้านแห่งนี้มีอาชีพที่สำคัญนอกเหนือจากการทำเกษตรคือ การเก็บหาของป่าขาย

การศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาถึง 2 ชุมชนด้านที่เป็นชนพื้นเมืองพบว่ามีการทำลายทรัพยากรที่ดินและป่าไม้ไม่มากและส่วนใหญ่หลงเหลือครอบครัวเกษตรกรน้อย ประกอบกับครอบครัวที่เป็นเกษตรมีการทำสวนผลไม้ที่ไม่ค่อยมีผลกระทบต่อการทำลายทรัพยากรป่าไม้ แต่ชุมชนด้านบนคือชุมชนบ้านม้งดอยปุย และบ้านม้งขุนช่างเคี่ยนยังมีระบบการเกษตรแบบไร่เลื่อนลอยอยู่มาก ผนวกกับการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้ในด้านของป่าเพื่อใช้ประโยชน์และขาย และมีการขยายพื้นที่เกษตรเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ ปาริฉัตร และคณะ (2556) ที่ศึกษากลุ่มชาวม้งบนป่าอนุรักษ์ใน อ.นาน้อย จังหวัดน่าน พบการบุกรุกป่าไม้เพิ่มเติมเรื่อยๆ เพื่อทำการเกษตรแบบไร่เลื่อนลอยทำให้เกิดข้อพิพาทกับเจ้าหน้าที่รัฐอยู่บ่อยครั้งทั้งนี้ หลายพื้นที่ที่มีปัญหาเหล่านี้ได้เริ่มสนับสนุนการทำเกษตรผสานชดเชย หรือทดแทนพื้นที่ไร่เลื่อนลอยที่ประสบความสำเร็จ เช่นในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ (ขวัญฤทัย และคณะ 2553)

การพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้ของชุมชนในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย

ชุมชนที่อยู่ท่ามกลางพื้นที่ป่าไม้ที่สมบูรณ์อย่างอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ทั้ง 4 ชุมชนข้างต้นมีการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้หลายด้านซึ่งเรียกรวม ๆ ว่าพฤกษศาสตร์พื้นบ้าน เช่น ไม้ฟืน ไม้เชื้อเพลิง สมุนไพร พืชอาหาร และพืชสีย้อมเส้นใย เป็นต้น ซึ่งเป็นวัฒนธรรมปฏิบัติควบคู่กับระบบเกษตรแบบทำไร่เลื่อนลอย โดยประเภทป่าที่พบการใช้ประโยชน์ในอุทยานแห่งชาติฯ พบใน 3 สังคมพืชหลัก กล่าวคือ ป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest) ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) ป่าดิบเขา (montane evergreen forest) และป่าสนเขา (pine forest) โดยพบพืชที่มีการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 119 ชนิด 96 สกุล 36 วงศ์ ชุมชนบ้านม้งขุนช่างเคี่ยนมีการใช้ประโยชน์พืชจากป่ามากที่สุด 101 ชนิด รองลงมาได้แก่ ชุมชนบ้านม้งดอยปุย (95 ชนิด) ชุมชนหน้าวัดพระธาตุดอยสุเทพ (93 ชนิด) และชุมชนหน้าพระตำหนักภูพิงค์ฯ (67 ชนิด) ตามลำดับ สังคมพืชที่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ ป่าดิบเขา โดยเฉพาะกลุ่มของพืชอาหาร เช่น ผลก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) และก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides*) ที่นำมาบริโภคในครัวเรือนและขายเป็นรายได้

เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงของพืชที่ใช้ประโยชน์ในแต่ละชุมชนจากค่าดัชนีความคล้ายคลึงพบว่า ชุมชนบ้านม้งขุนช่างเคี่ยนมีความคล้ายคลึงกับชุมชนหน้าวัดพระธาตุดอยสุเทพมากที่สุดถึงร้อยละ 88.75 กล่าวคือ ชุมชนหน้าวัดพระธาตุดอยสุเทพมีตลาดสำหรับการพักสินค้าเกษตร และของป่าที่รวบรวมจากหลายชุมชน ทำให้มีการใช้ประโยชน์พืชพรรณจากป่าได้ใกล้เคียงกับชุมชนบ้านม้งขุนช่างเคี่ยนมากที่สุดแม้ว่าพืชบางชนิดจะไม่มีในสังคมพืชใกล้เคียงชุมชนนี้ และจากข้อมูลช่วงชั้นอายุที่ใช้ประโยชน์พืชพรรณจากป่า และสามารถเข้าเก็บของป่า แสดงให้เห็นว่าทั้ง 4 ชุมชนดังกล่าวมีกลุ่มอายุ 40 ปี ขึ้นไปที่ใช้ประโยชน์ของป่ามากที่สุด สอดคล้องกลับรายงานของ Hermhuk และคณะ (2015) กล่าวว่าปัจจุบันมีการเข้าใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในช่วงวัยกลางคน และบางชุมชนอาจส่งผลถึงการสืบทอดองค์ความรู้วัฒนธรรมของการใช้ประโยชน์พืชในอนาคต

จากการศึกษาครั้งนี้ได้จัดทำบัญชีพืชป่าที่มีการใช้ประโยชน์ในสังคมพืชต่าง ๆ .ให้กับชุมชน และสนับสนุนการนำพืชป่าเข้ามาปลูกร่วมกับระบบเกษตรแบบไร่เลื่อนลอย หรือสวนผลไม้ของเกษตรกรเดิมเพื่อลดการเข้าใช้ประโยชน์จากป่าและส่งเสริมความยั่งยืนในการชดเชยรายได้ของเกษตรกรที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยวในอนาคต

สรุปผล

ชุมชนในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบทั้งหมด 4 ชุมชนหลัก โดยชุมชนบ้านม้งดอยปุย และชุมชนบ้านม้งขุนช่างเคี่ยน ซึ่งเป็นชนเผ่าม้งดั้งเดิมของพื้นที่ มีการทำการเกษตร มากที่สุดตามลำดับ โดยเฉพาะยังมีการทำทำไร่เลื่อนลอย ประกอบกับมีการเข้าเก็บของป่ามาเพื่อการใช้สอย แลกเปลี่ยนหรือขาย โดยขาดแนวทางการอนุรักษ์ และอยู่ในแนวเขตของอุทยานแห่งชาติซึ่งมีกฎหมายที่เข้มข้นในการบุกรุกพื้นที่และการเก็บหาของป่านอกอาณาเขตกำหนด ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ได้จัดทำแนวร่วมเพื่อพัฒนาระบบรูปแบบการเกษตร โดยเฉพาะครอบครัวที่มีการทำไร่เลื่อนลอยให้

เล็งเห็นประโยชน์ของระบบเกษตรผสมผสาน โดยเฉพาะระบบวนเกษตร โดยนำพืชป่าไม้ที่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่ามาปลูกร่วมกับพืชไร่ที่มีการปลูกอยู่เดิม ให้เกิดแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรในพื้นที่ และความเป็นอยู่ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้นำชุมชน และเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย และห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

ขวัญฤทัย คำฝาเชื้อ ปริทรรศ์ ไตรสนธิ และชูศรี ไตรสนธิ, 2553, พฤกษศาสตร์พื้นบ้านชาวกะเหรี่ยง ที่ตำบลบ้านจันทร์และแจ่มหลวง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่, วารสารพฤกษศาสตร์ไทย, 2(พิเศษ): 257-297.

ดอกรัก มารอด และอุทิศ กุฏอินทร์, 2552, นิเวศวิทยาป่าไม้, อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ปาริฉัตร น้อยธนะ สวาท สายปาระ และกมลวรรณ คุ้มพุฒ, 2556, พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวเขาเผ่าม้ง อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน, วารสารนเรศวรพะเยา, 6(3): 213-219.

Boonkird, S.A., Fernandes, E.C.M. and Nair, P.K.R., 1984, Forest Villages: an Agroforestry Approach to Rehabilitating Forest Land Degraded by Shifting Cultivation in Thailand, Agroforestry Systems, 2: 87-102.

Fukushima, M., Kanzaki, M., Hara, M., Ohkubo, T., Preechapanya, P. and Choocharoen, C., 2008, Secondary Forest Succession after the Cessation of Swidden Cultivation in the Montane Forest Area in Northern Thailand, For Ecol Manage, 255(2): 1994-2006.

Hermhuk, S., Sungpalee, W., Panmongkol, A., Marod, D. and Yarnvudhi, A., 2015, Plant Diversity and Utilization on Ethnobotany of Local People in Ban Mhong Doi Pui at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province. pp. 1-9. *In* Conference and Submission Thai Forest Ecological Research Network (T-FERN) 5th: Natural Capital Resources; Development and Conservation. Kasetsart University, Bangkok.

Laurance, W.F., Ferreira, L.V., Merona, J.M.R., Laurance, S.G., Hutchings, R.W. and Lovejoy, T.E., 1998, Effects of Forest Fragmentation on Recruitment Patterns in Amazonian Tree Communities, Conservation Biology, 12(2): 460-464.

ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของไวน์เม่า

The Ability to Inhibit Bacteria of Mao Wine

ชุลีพร ชำนาญค้า[1] พูนสินธุ์ นามวุฒิ[1] และ ศศิกานต์ ซองทุมมินทร์[1]

Chumnanka, C.[1], Namwud, P.[1] and Songtummin, S.[1]

Abstract

Mao, a fruit belonging to *Antidesma* family, consists of several amino acids and high contents of anthocyanins. Mao could be used to produce the fruit juice and fruit wine. The phenolic compounds found in Mao wine could reduce free radicals and inhibit growth of microorganism. In this research, antimicrobial properties as the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of three commercial Mao wines (Inpang-mao wine, De-phu-phan-mao wine, and Sang-kho-mao wine) was determined. Results showed that all three Mao wines could inhibit growth of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhimurium*. De-phu-phan mao wine could inhibit bacterial growth than the two other wines. The 80% De-phu-phan mao wine was able to kill *E. coli* and *S. aureus* within 3 hour and kill *S. typhimurium* within 1 hour.

Keywords: mao wine, phenolic compound, antimicrobial

บทคัดย่อ

เม่าเป็นไม้ผลในสกุล *Antidesma* ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด และมีสารแอนโธไซยานินในปริมาณสูง สามารถนำมาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้และไวน์ผลไม้ได้ ในไวน์เม่าพบว่ามีสารประกอบฟีนอลิกซึ่งสามารถลดอนุมูลอิสระและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของไวน์เม่า 3 ยี่ห้อ (ไวน์เม่าอินแปง ไวน์เม่าเดอภูพาน และไวน์เม่าสร้างค้อ) โดยประเมินค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญ (Minimum Inhibitory Concentration; MIC) และการประเมินค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าจุลินทรีย์ (Minimum Bactericidal Concentration; MBC) พบว่าไวน์เม่าทั้ง 3 ยี่ห้อมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella typhimurium* ไวน์เม่าเดอภูพานมีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าไวน์เม่าอินแปงและไวน์เม่าสร้างค้อ โดยไวน์เม่าเดอภูพานที่ระดับความเข้มข้น 80% สามารถทำลายเซลล์ *E. coli* และ *S. aureus* ได้หมดภายในเวลา 3 ชั่วโมง และทำลาย *S. typhimurium* ได้หมดภายในเวลา 1 ชั่วโมง

คำสำคัญ: ไวน์เม่า สารประกอบฟีนอลิก สารยับยั้งจุลินทรีย์

คำนำ

เม่า หมากเม่า หรือมะเม่า เป็นไม้ผลในสกุล *Antidesma* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Antidesma thwaitesianum* Muell.Arg พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แถบจังหวัดสกลนคร กาฬสินธุ์ มุกดาหาร และนครพนม โดยเฉพาะในพื้นที่ติดเทือกเขาภูพาน ผลเม่าสุกมีสีแดงและม่วงดำ นิยมนำมาแปรรูปเป็นแยม น้ำเม่าพร้อมดื่ม และไวน์เม่า เป็นต้น (อร่ามและวินัย, 2540; สุภาภรณ์ และ อุบลวรรณา, 2559) มีงานวิจัยพบว่าผลเม่ามีวิตามิน กรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด รวมทั้งสารประกอบ ฟีนอลิก แทนนิน ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดอนุมูลอิสระ (สุดารัตน์, 2556; สุภาภรณ์ และ อุบลวรรณ, 2559; Lim, 2012) สมาน (2549) พบว่าสารพอลีฟีนอลที่สกัดได้จากมะเม่าและไวน์แดงจากองุ่นดำสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเต้านมทั้งในระดับห้องทดลองและหนูทดลองได้ นอกจากนี้ Vaquero และคณะ (2007) และ Gañan และคณะ (2009) รายงานว่านอกจากแอลกอฮอล์ที่เป็นองค์ประกอบในไวน์แล้ว สารประกอบฟีนอลิกที่พบในไวน์แดง ได้แก่ gallic acid, vanillic acid, caffeic acid และ *p*-hydroxybenzoic acid สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้หลายสายพันธุ์ ได้แก่ *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, และ *Campylobacter jejuni* เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของไวน์เม่าในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร

[1]คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร, สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon 47000

อุปกรณ์และวิธีการ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไวน์เม่า 3 ยี่ห้อ ได้แก่ ไวน์เม่าอินแปง ไวน์เม่าเดอภูพาน และไวน์เม่าสร้าง โดยทำการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วย Ebulliometer วิเคราะห์ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกด้วยการไตเตรท (AOAC, 1990) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธีของ Singleton และ Rossi, (1965) คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดด้วยวิธี Ferric reducing/antioxidant power (FRAP) assay (Benzie และ Szeto, 1999)

แบคทีเรียทดสอบ ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella typhimurium* เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง จนกระทั่งมีจำนวนเชื้อเริ่มต้นที่ 10^6 CFU/mL จากนั้นทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของไวน์ทั้ง 3 ยี่ห้อ โดยการประเมินค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration; MIC) นำไวน์เม่าแต่ละยี่ห้อที่ความเข้มข้น 10%, 25%, 50%, 75% และ 100% ความเข้มข้นละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองซึ่งมีแบคทีเรียทดสอบแต่ละชนิดเจริญอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB 2X จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำหลอดทดลองที่สังเกตไม่เห็นการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ (อาหารเลี้ยงเชื้อไม่ขุ่น) ประเมินค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ฆ่าแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration; MBC) ตามวิธีของ DVG (2000)

ศึกษาระยะเวลาในการยับยั้งแบคทีเรียของไวน์เม่า โดยเลือกศึกษาไวน์เม่าที่ให้ค่า MIC และ MBC ต่ำที่สุด ถ่ายเชื้อ *E. coli*, *S. aureus* และ *S. typhimurium* 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีไวน์เม่าความเข้มข้น 60%, 80% และ 100% ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนับจำนวนแบคทีเรียที่รอดชีวิตหลังจากสัมผัสกับไวน์เม่าเป็นเวลา 0, 15 วินาที, 1 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง โดยการ spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Tepsorn และคณะ, 2007)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของไวน์เม่าทั้ง 3 ยี่ห้อแสดงในตารางที่ 1 พบว่าไวน์เม่าเดอภูพานมีปริมาณกรดมากที่สุดเท่ากับ 0.74% citric acid ขณะที่ไวน์เม่าสร้างค้อมีปริมาณแอลกอฮอล์ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 13.15% และ 2.2 mg GAE/mL ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 39.86 mg/mL เมื่อนำมาทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration; MIC) พบว่าไม่สามารถสังเกตเห็นการเจริญของแบคทีเรียทดสอบในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อเนื่องจากไวน์เม่ามีสีแดงอมม่วงเข้มมากจนไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นจึงทำการประเมินค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration; MBC) ของไวน์ทั้ง 3 ยี่ห้อ พบว่าไวน์เม่าเดอภูพานมีค่า MBC ที่สามารถฆ่าแบคทีเรีย *E. coli*, *S. aureus* และ *S. typhimurium* เท่ากับ 81%, 82% และ 77% ตามลำดับ ซึ่งเป็นความเข้มข้นต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์อีก 2 ยี่ห้อ (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าไวน์เม่าเดอภูพานมีประสิทธิภาพในการทำลายการเจริญของแบคทีเรียทดสอบได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ไวน์เม่าสร้างค้อ และไวน์เม่าอินแปง ตามลำดับ ไวน์เม่าทั้งสามยี่ห้อสามารถทำลายแบคทีเรีย *E. coli*, *S. aureus* และ *S. typhimurium* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแอลกอฮอล์ที่มีในไวน์เม่าอาจออกฤทธิ์ทำลาย cytoplasmic membrane ของจุลินทรีย์ ทำให้โครงสร้างเซลล์ถูกทำลาย (Waite และ Daeschel, 2007) และสารประกอบฟีนอลิกที่พบในไวน์อาจออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้โดยการยับยั้งเอนไซม์ที่สำคัญต่อจุลินทรีย์ กำจัดสารตั้งต้นที่มีความจำเป็นต่อการเจริญหรืออาจจะยับยั้งปฏิกิริยา oxidative phosphorylation ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ (Scalbert, 1991) อย่างไรก็ตามไวน์เม่าทั้งสามยี่ห้อนี้ไม่สามารถทำลายเชื้อ *B. cereus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ (Data not shown) เมื่อศึกษาระยะเวลาในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบของไวน์เม่าเดอภูพาน พบว่าไม่มีจำนวนแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* เหลือรอดหลังจากที่สัมผัสกับไวน์เม่าความเข้มข้น 80% เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และไม่พบแบคทีเรีย *S. typhimurium* รอดชีวิตหลังจากสัมผัสกับไวน์เม่าที่ความเข้มข้น 80% เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อความเข้มข้นของไวน์เม่าเพิ่มขึ้นเป็น 100% พบว่าแบคทีเรียทั้งสามสายพันธุ์ถูกทำลายหมดภายในเวลา 1 ชั่วโมง (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของไวน์เม่าที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความสามารถในการทำลายแบคทีเรีย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vaquero และคณะ (2007) รายงานว่าความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของไวน์องุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไวน์เพิ่มสูงขึ้น

สรุปผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าไวน์เม่ามีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียทั้งแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *S. aureus* และแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *E. coli* และ *S. typhimurium* ดังนั้นการนำไวน์เม่าไปประยุกต์ใช้กับอาหารน่าจะมีประโยชน์ในการช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในอาหารได้

เอกสารอ้างอิง

สุดารัตน์ สกุลคู, 2556, หมากเม่า สกลนคร [สืบค้น], http://ridcnrct.blogspot.com/2013/04/blog-post_30.html [13/June/16].

สุภาภรณ์ เลขวัต และอุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์, 2559, หมากเม่า ผลไม้พื้นเมือง ขจัดสารพิษ ต้านมะเร็ง [สืบค้น], http://www.diokorat.in.th/disacn2014/index.php/2014-08-07-06-29-34/346-2014-08-20-08-24-00 [30/June/16].

สมาน เดชสุภา, 2549, งานวิจัยเรื่อง ศักยภาพของการใช้สารสกัดโพลีฟีนอลจากไม้มะเม่าและไวน์แดงสยามมัวส์ในการป้องกันและรักษาโรคมะเร็ง [สืบค้น], http://www.thaicam.go.th/index.php?option=com_content&view=Article&id= 222:000-&catid=59:2009-09-09-09-48-14&Itemid=87 [13/June/16].

อร่าม คุ้มกลาง และวินัย แสง แก้ว, 2540, มะเม่าไม้ผลที่ต้องพัฒนา, ว. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ฉบับพิเศษ คล้ายวันสถาปนาสถาบัน ครบรอบ 22 ปี, โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ, 107 หน้า.

AOAC, 1990, Official methods of analysis, 15^{th} Edn, Association of official analytical chemists, U.S.A.

Benzie, I.F.F. and Szeto, Y.T., 1999, Total Antioxidant Capacity of Teas by the Ferric Reducing / Antioxidant Power Assay, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(2): 633-636.

DVG, 2000, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. v., Guidelines for the Evaluation of the Efficacy of Chemical Disinfectants. Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. v., Frankfurter Str., 89, D-35392, Gießen, Germany.

Gañan, M., Martínez-Rodríguez, A.J. and Carrascosa, A.V., 2009, Antimicrobial Activity of Phenolic Compounds of Wine against *Campylobacter jejuni*, Food Control, 20: 739-742.

Lim, T.K., 2012, Edible Medicinal and Non-medicinal Plants: Volume 4, Fruits, Springer Science & Business Media, 1021 p.

Scalbert, A., 1991, Antimicrobial Properties of Tannins, Phytochemistry, 30: 3875-3883.

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.

Tepsorn, R., Hunsinger, B. and Böhm, R., 2007, Antimicrobial Effects of Roselle (*Hibiscus sabdarifa* L.) and Betel Leaves (*Piper betle* L.) on the Growth Food-related Bacteria including Foodborne Pathogens, The International Agricultural Engineering Conference, December, 3-6, 2007, Bangkok, Thailand.

Vaquero, M.J.R., Alberto, M.R. and Manca de Nadra, M.C., 2007, Antimicrobial Effect of Phenolic Compounds from Different Wines, Food Control, 18: 93-101.

Waite, J.C. and Daeschel, M.A., 2007, Contribution of Wine Components to Inactivation of Food-borne Pathogens, Journal of Food Science, 72(7): M286-M291.

Table 1 Chemical composition of three commercial Mao wines. The data are shown as mean±sd for n=3.

Mao wines	pH	Alcohol content (%)	Acidity (% citric acid)	Total phenolic compounds (mg GAE/mL)	Antioxidant power (mg/mL)
Inpang Mao wine	3.42±0.01	8.75±0.01	0.45±0.05	1.43±0.03	32.50±0.15
De phu phan Mao wine	3.16±0.01	12.25±0.01	0.74±0.01	1.26±0.11	17.48±0.39
Sang kho Mao wine	3.49±0.01	13.15±0.01	0.42±0.04	2.20±0.24	39.86±0.24

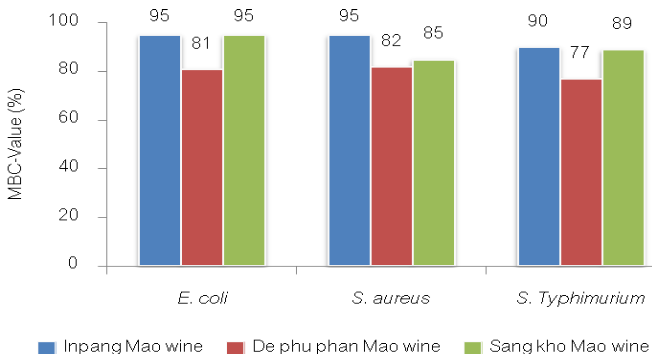


Figure 1 Showing minimum bactericidal concentration, MBC (%) of three Mao wines that was able to kill *E. coli*, *S. aureus* and *S. typhimurium*.

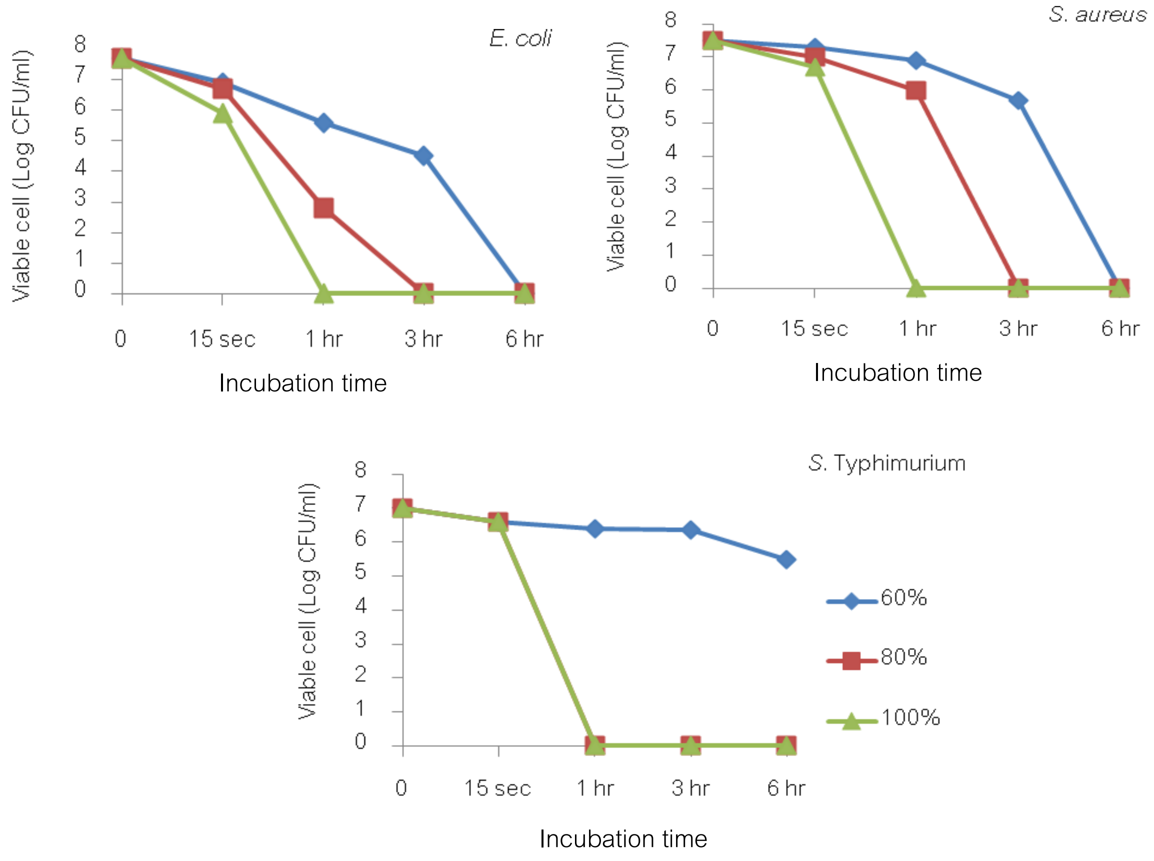


Figure 2 Viable cells of *E. coli*, *S. aureus* and *S. typhimurium* after challenging with various concentrations (60%, 80% and 100%) of De phu phan Mao wine for 0, 15 second, 1 hour, 3 hour and 6 hour.

บทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่อการส่งเสริมการเกษตร
Role of Sub District Administration Organization (SAO) Member on Agricultural Extension

ธานินทร์ คงศิลา[1]
Kongsila, T[1]

Abstract

The objective of this study was to determine role of Sub District Administration Organization (SAO) member on agricultural extension. Accidental sampling technique was employed, a total of 200 members from Sub districts, Khok Samrong District, Lopburi province served as sample of this study. Data were gathered using questionnaire. Data were analyzed and presented through frequency, percentage, means, and standard deviation.

Results revealed: 1) most of members of Sub District Administration Organization (SAO) were male with vocational and higher vocational certificates, they got agricultural knowledge from training and meeting; and 2) role of Sub District Administration Organization (SAO) member on agricultural extension was generally moderate level. The study also revealed the high level in planning and agricultural development, moderate level in implementation, monitoring and evaluation.
Keywords: role, agricultural extension

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาบทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร กลุ่มตัวอย่าง คือ สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล ในอำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ จำนวน 200 คน จาก 13 ตำบล เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีระดับการศึกษามัธยมศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และเคยได้รับการฝึกอบรมหรือฟังการประชุมเกี่ยวกับการเกษตร 2) บทบาทของสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร ภาพรวมทุกด้าน อยู่ในระดับ ปานกลาง โดยในด้านการวางแผนและพัฒนาการเกษตร มีบทบาทมากที่สุด อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ บทบาทในการนำแผนไปใช้ในการดำเนินงาน และการติดตามประเมินผลการพัฒนาการเกษตร ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง
คำสำคัญ: บทบาท งานส่งเสริมการเกษตร

คำนำ

การส่งเสริมการเกษตรเป็นการกระตุ้นให้เกษตรกรมีความต้องการความเปลี่ยนแปลงของตนเองอย่างแท้จริง งานส่งเสริมการเกษตรจะเข้าไปมีบทบาทร่วมสนับสนุนทางด้านความรู้ต่างๆ เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงนั้นๆ สามารถดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เกษตรกรมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและเกิดประโยชน์อย่างแท้จริงต่อตนเอง ครอบครัว และชุมชน ดังนั้นงานส่งเสริมการเกษตรจึงต้องการบุคคลมาทำหน้าที่ดังกล่าวนี้ เพื่อให้งานส่งเสริมการเกษตรบรรลุผลตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ นักส่งเสริมการเกษตร (วรทัศน์, 2546)

ในการทำงานส่งเสริมการเกษตร นักส่งเสริมจะทำงานร่วมกับเกษตรกรเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและสามารถปฏิบัติในสิ่งที่ได้รับจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมได้ด้วยตนเอง การตัดสินใจต่างๆ ในการทำการเกษตรควรเป็นการตัดสินใจของเกษตรกรเอง เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรไม่ใช่ผู้ที่มีบทบาทในการเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลง หรือไม่เอาความคิดเห็นของตนเองให้แก่เกษตรกร เกษตรกรต้องเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลง บทบาทของเจ้าหน้าที่ส่งเสริม ก็คือ การให้ข้อมูลข่าวสารแก่เกษตรกร ให้คำแนะนำแก่เกษตรกรในการทำกิจกรรมต่างๆ ในทิศทางที่ถูกต้อง โดยเกษตรกรจะเป็นผู้กำหนดวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้สามารถบรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (ดิเรก, 2527) และการที่จะทำให้งานดังกล่าวบรรลุเป้าหมายได้ จำเป็นต้องดำเนินการโดยอาศัยกระบวนส่งเสริมและถ่ายทอดสู่กลุ่มเกษตรกร หรือองค์กรและสถาบันเกษตรกรประเภทต่างๆ ในท้องถิ่น ซึ่งเป็นเครื่องมือ

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1] Department of Agricultural Extension and Communication Faculty of Agriculture, Kasetsart University

ช่วยให้การส่งเสริมการเกษตร มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการกระจายประโยชน์ของงานส่งเสริมไปสู่เกษตรกรได้อย่างกว้างขวาง และตอบสนองต่อปัญหาและความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง การรวมตัวกันของเกษตรกรเพื่อจัดตั้งเป็นองค์กรต่างๆ ขึ้นนั้น สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การรวมตัวกันแบบกลุ่มที่ไม่เป็นทางการ เช่นกลุ่มธรรมชาติ ที่รวมตัวกันเพื่อทำกิจกรรมเฉพาะกิจ หรือรวมตัวกันแบบกลุ่มที่เป็นทางการซึ่งมีระเบียบกฎเกณฑ์ที่ชัดเจน อาจจะจดทะเบียนเป็นนิติบุคคลหรือไม่ได้จดทะเบียนเป็นนิติบุคคลก็ได้ กลุ่มต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกร นับเป็นองค์กรเกษตรกรที่มีประโยชน์ ต่ออาชีพเกษตรกรรม ชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกรและการพัฒนาการเกษตรของประเทศเป็นอย่างมาก (บุญธรรม, 2540)

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ปัจจุบันมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาชุมชน ท้องถิ่นของตนเอง เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่มีความใกล้ชิดกับชุมชนมากที่สุด ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในระดับท้องถิ่นจึงมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เข้ามามีบทบาททั้งทางตรงหรือทางอ้อม ประกอบกับทุกหมู่บ้าน ตำบล จะมีองค์การบริหารส่วนตำบลในทั่วทุกพื้นที่เป็นหน่วยพัฒนา ซึ่งการพัฒนาที่สำคัญคือการพัฒนาด้านอาชีพ และอาชีพหลักของคนไทยคือภาคการเกษตร ดังนั้นจากการมีองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ซึ่งจะมีสมาชิกมาจากทุกหมู่บ้าน จึงเป็นตัวแทนของคนในชุมชนได้ อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี เป็นพื้นที่การเกษตรหลักพื้นที่หนึ่งของจังหวัดลพบุรี เป็นศูนย์กลางการค้าขายภาคการเกษตรที่สำคัญ ดังนั้น การเกษตรจะเป็นอาชีพหลักของประชาชน ดังนั้น บทบาทหนึ่งที่สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลพึงตระหนักและกระทำเช่นกันคือการพัฒนาการเกษตร ในเกือบทุก อบต. จะมีการจัดตั้งส่วนส่งเสริมการเกษตร ขึ้นมาทำหน้าที่ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาทางการเกษตร การกำหนดนโยบาย วางแผนงาน และดำเนินงานและประเมินผลการดำเนินงานการเกษตร การอบรมด้านวิชาการเกษตร ให้คำปรึกษาวิชาการเกษตร ดังนั้น สมาชิก อบต. จึงมีบทบาทสำคัญเช่นกัน เนื่องจากมีความใกล้ชิดกับเกษตรกรในพื้นที่มากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาถึงบทบาทของสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผู้นำทางการส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ประชากรที่ใช้ในการวิจัย สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล 13 แห่ง ของอำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 162 คน ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมาจำนวน 200 คน และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด เครื่องมือที่ใช้ในวิจัยแบบสัมภาษณ์ เรื่องบทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร ในพื้นที่อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย 1) ข้อมูลส่วนบุคคล 2) การได้รับข่าวสารที่เป็นความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาการเกษตร และ 3) บทบาทององค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร โดยทำการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และนำไปทดลองใช้ จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.82 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดลอง

การวิจัยเรื่อง บทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่อการส่งเสริมการเกษตร ผู้วิจัยทำการศึกษาเฉพาะสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลในอำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางานส่งเสริมการเกษตรสำหรับสมาชิก อบต. ซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทอย่างมากในชุมชน ได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนและสรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. ปัจจัยส่วนบุคคล

สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษา เคยได้รับการฝึกอบรมหรือฟังการประชุมเกี่ยวกับการเกษตร อาชีพหลักของเกษตรกรในพื้นที่ ประกอบอาชีพการเกษตร และเคยติดต่อและได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการเกษตร จากเจ้าหน้าที่ นักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ด้วยเช่นกัน

สำหรับจากการสัมภาษณ์ พบว่า อาชีพหลักของเกษตรกรในพื้นที่ ประกอบอาชีพการเกษตร และเคยติดต่อและได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการเกษตร จากเจ้าหน้าที่ นักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ด้วยเช่นกัน

2. การได้รับข่าวสารที่เป็นความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาการเกษตร

ในการรับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรของสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล พบว่า ส่วนใหญ่ รับข้อมูลข่าวสาร จาก สื่อมวลชน ได้แก่ วิทยุ โทรทัศน์ และหนังสือพิมพ์ รองลงมาคือสื่อสิ่งพิมพ์ ได้แก่ วารสารต่างๆ แผ่นพับ แผ่นปลิว และการร่วมโครงการหรือกิจกรรมด้านการพัฒนาการเกษตร

3. บทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร

3.1 บทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร ด้านการวางแผนการพัฒนาการเกษตร ภาพรวม พบว่า มีบทบาทอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 2.51, S.D. = 0.61) โดยสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลมีบทบาทมากที่สุด คือ ในการร่วมจัดให้มีการแสดงประชามติเพื่อหาข้อตกลงร่วมกันในการกำหนดแผนงานโครงการพัฒนาการเกษตรของชุมชน ($\bar{X}$ = 2.63, S.D. = 0.57) รองลงมาคือ การมีส่วนในการกำหนดแผนงาน/โครงการ/กิจกรรมและงบประมาณ ($\bar{X}$ = 2.60, S.D. = 0.56) และการร่วมจัดทำแผนพัฒนาการเกษตร ($\bar{X}$ = 2.57, S.D. = 0.52) ส่วนการมีบทบาทที่น้อยที่สุดแต่อยู่ในระดับปานกลาง คือ การมีส่วนในการเตรียมข้อมูลพื้นฐานของตำบลที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ($\bar{X}$ = 2.28, S.D. = 0.74)

3.2 บทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร ด้านการนำแผนไปใช้ในการดำเนินงาน ภาพรวม พบว่า มีบทบาทอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.10, S.D. = 0.76) โดยสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลมีบทบาทมากที่สุด คือ มีการนำแผนพัฒนาการเกษตรไปใช้แก้ปัญหาด้านการเกษตร ($\bar{X}$ = 2.62, S.D. = 0.55) รองลงมาคือ มีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานตามโครงการพัฒนาด้านการเกษตร ($\bar{X}$ = 2.11, S.D. = 0.78) และมีส่วนในการควบคุมการปฏิบัติงานของผู้บริหารให้เป็นไปตามนโยบายและแผนที่วางไว้ ($\bar{X}$ = 2.05, S.D. = 0.73) ส่วนการมีบทบาทที่น้อยที่สุด แต่อยู่ในระดับปานกลาง คือ ส่งเสริมประชาชนให้มีส่วนในการคิดตัดสินใจวางแผนพัฒนาทางด้านการเกษตร ($\bar{X}$ = 1.83, S.D. = 0.70)

3.3 บทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร ด้านการติดตามประเมินผลการพัฒนาการเกษตร ภาพรวม พบว่า มีบทบาทอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.10, S.D. = 0.75) โดยสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลมีบทบาทมากที่สุด คือ มีส่วนร่วมในการสรุปผลการปฏิบัติงานแผนและโครงการต่างๆ ($\bar{X}$ = 2.65, S.D. = 0.57) รองลงมาคือ มีส่วนในการติดตามประเมินผลแผนงานและโครงการ ($\bar{X}$ = 2.58, S.D. = 0.61) และมีการถามในสภาฯ เรื่องแผนงานและโครงการที่ได้มีการทำไปแล้ว มีบทบาทอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.22, S.D. = 0.51) ส่วนการมีบทบาทที่น้อยที่สุด แต่อยู่ในระดับน้อย คือ มีการตรวจสอบความพึงพอใจของเกษตรกรในการดำเนินงานตามแผน ($\bar{X}$ = 1.50, S.D. = 0.61)

วิจารณ์ผล

การวิจัยเรื่อง บทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลในอำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรีต่อการส่งเสริมการเกษตร เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาบุคลากรทางด้านงานส่งเสริมการเกษตร หรือการพัฒนาเจ้าหน้าที่ทางส่งเสริมการเกษตร ซึ่งจะมีบทบาทอย่างยิ่งในการพัฒนาการเกษตรในพื้นที่ เนื่องจากบุคคลเหล่านี้จะอยู่ในพื้นที่และใกล้ชิดกับเกษตรกรมากว่า เจ้าหน้าที่ภาครัฐกลุ่มอื่น จากการศึกษาพบว่า สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลมีบทบาทในภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีบทบาทด้านการวางแผนและพัฒนาการเกษตร อยู่ในระดับมาก ซึ่งมากที่สุดจากทั้ง 3 ด้าน โดยพบว่า สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลซึ่งถือว่าเป็นผู้นำชุมชน มีส่วนร่วมในการจัดการให้มีการแสดงประชามติเพื่อหาข้อตกลงร่วมกันในการกำหนดแผนงานโครงการพัฒนาการเกษตรของชุมชน และการกำหนดแผนงาน โครงการกิจกรรมและงบประมาณ ของชุมชนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ (วิจิตร, 2535) กล่าวว่า ผู้นำชุมชนท้องถิ่น นั้นเป็นผลผลิตของชุมชน เกิดขึ้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในชุมชน ซึ่งจะมีบทบาทเป็นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ให้ช่วยสอนเกษตรกรในเรื่องต่างๆ เช่น การสาธิต การประชุมกลุ่ม การประสานงานกับเกษตรกรทั่วไป

ส่วนบทบาทที่สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลควรมีมากขึ้นคือ ด้านการติดตามประเมินผลการพัฒนาการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การตรวจสอบความพึงพอใจของเกษตรกรในการดำเนินงานตามแผน การนำผลการปฏิบัติงานที่ผ่านมามาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น และการประเมินผลหลังดำเนินงานตามแผนจะเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาชุมชน

สรุปผล

สรุปภาพรวมบทบาทสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลต่องานส่งเสริมการเกษตร พบว่า สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลมีบทบาท อยู่ในระดับ ปานกลาง โดย ในด้านการวางแผนและพัฒนาการเกษตร มีบทบาทมากที่สุด อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ บทบาทในการนำแผนไปใช้ในการดำเนินงาน และการติดตามประเมินผลการพัฒนาการเกษตร อยู่ในระดับปานกลาง

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ฤกษ์หร่าย, 2527, การส่งเสริมการเกษตร, ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.

บุญธรรม จิตต์อนันต์, 2540, ส่งเสริมการเกษตร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรทัศน์ อินทรัคคัมพร, 2546, การส่งเสริมการเกษตรกับการพัฒนาชนบท, ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

วิจิตร อาวะกุล, 2535, หลักการส่งเสริมการเกษตร, ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.

สิน พันธุ์พินิจ, 2544, การส่งเสริมการเกษตร, บริษัทรวมสาส์น (1977) จำกัด, กรุงเทพฯ.

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 605-608 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 605-608 (2559)

สารหอมระเหยที่โดดเด่นในขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) พันธุ์ทองประเสริฐ

The Dominant Volatiles in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) cv. 'Thongprasert'

วัฒนา อัจฉริยะโพธา[1] กมลทิพย์ ครอบบัวบาน[2] ทิพย์พิมล มนต์ทิพย์[2] โสรญา ใจเอื้อ[2] ปาริยา ณ นคร[3] และ สมโภชน์ น้อยจินดา[4]

Aschariyaphotha, W.[1], Krobbuaban, K.[2], Montip, T.[2], Jaieua, S.[2], Na-Nakorn, P.[3] and Noichinda, S.[4]

Abstract

Fruitlet of jackfruit cv. 'Thongprasert' is a bit size, sweet, crispy and mild fragrance that suitable for fresh consume. But it had no report to identify volatile component of ripe pulp yet. Thus the identification of ripe jackfruit aroma was aimed of this study. Slices (0.5x0.5 cm) of jackfruit pulp was placed into flask (125 ml) contain 99.8% ethanol in the proportion 1:2 (w/v) seal with Parafilm and standing for 60 min. Then the aroma volatile in ethanol solution was collected by SPME for 20 min before transfer to analyze with GC-MS. The result show that Dihydromaltol (DHM; 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl), HMF; 2-furancarboxaldehyde 5-(Hydroxymethyl)-(CAS), 2-Hexyl acetate, and Methanethioamide (N,N-dimethyl-(CAS)) were main dominant aroma components in ripe jackfruit pulp. This odor character represented milk, squid, shrimp, caramel, green apple mixing sulfur-containing compound-like odor.

Keywords: Jackfruit, *Artocarpus heterophyllus* Lamk. cv. 'Thongprasert', Dihydromaltol (DHM; 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl), HMF; 2-furancarboxaldehyde,5-(Hydroxymethyl)-(CAS), 2-Hexyl acetate, Methanethioamide, N,N-dimethyl-(CAS)

บทคัดย่อ

ผลย่อย (ยวง) ของขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ มีขนาดพอคำ เนื้อหนารสชาติหวานกรอบและมีกลิ่นหอมละมุน เหมาะสำหรับบริโภคสด แต่เนื่องจากยังไม่มีรายงานการวิจัยองค์ประกอบของกลิ่นในเนื้อขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่นเนื้อขนุนสุก ชิ้นเนื้อขนุนสุก (0.5x0.5 เซนติเมตร) ถูกบรรจุในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร ที่มีสารละลาย ethanol 99.8% ในอัตราส่วน 1:2 (น้ำหนัก : ปริมาตร) ปิดปากฟลาสก์ด้วยพาราฟิล์มทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 60 นาที จากนั้นทำการดูดซับกลิ่นด้วย SPME เป็นระยะเวลา 20 นาที ก่อนนำ SPME ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกลิ่นด้วยเครื่อง GC-MS จากผลการวิเคราะห์พบว่า Dihydromaltol (DHM; 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl, HMF(2-furancarboxaldehyde,5-(Hydroxymethyl)-(CAS)),2-Hexyl acetate, และ Methanethioamide (N,N-dimethyl-(CAS)) เป็นองค์ประกอบของกลิ่นหอมที่โดดเด่นที่ตรวจพบในเนื้อขนุนสุก ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะตัวที่มีกลิ่นคล้ายกับคล้ายกับนม หรือกลิ่นกะทิสด หมึก กุ้ง คาราเมล แอปเปิ้ลเขียว ผสมกับกลิ่นซัลเฟอร์

คำสำคัญ: ขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ, *Artocarpus heterophyllus* Lamk. cv. 'Thongprasert', Dihydromaltol (DHM; 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl), HMF; 2-furancarboxaldehyde, 5-(Hydroxymethyl)-(CAS), 2-Hexyl acetate, Methanethioamide, N,N-dimethyl-(CAS)

คำนำ

ขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ มีการปลูกกันมากในประเทศแถบเอเชีย ลักษณะเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่ให้ผลผลิตต่อเนื่อง ในประเทศไทยมีการปลูกไว้เป็นไม้ประดับบ้าน ผลขนุนมีลักษณะเป็น

---

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180

[1] Biotechnology program, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under Royal Patronage, Pathumthani 13180, Thailand.

[2] สาขาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180

[2] Science program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under Royal Patronage, Pathumthani 13180, Thailand.

[3] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121

[3] Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani, 12121. Thailand

[4] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[4] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800. Thailand

ผลรวม (multiple fruit) ผลดิบมีสีเขียว หนามทู่ มียางสีขาวหนียว ผลแก่เปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองและหนามมีลักษณะป้านขึ้น ภายในผลขนุนจะมีซังหุ้มยวงสีเหลือง มีกลิ่มหอมฉุนเมื่อเนื้อสุกงอม เมล็ดจะเรียงอยู่ในยวง ซึ่งเมล็ดมีองค์ประกอบของแป้ง และมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 10-12 เปอร์เซ็นต์ (อมรรัตน์ และ กมลทิพย์, 2546) การคัดพันธุ์เพื่อรับประทานสด ขนุนจะต้องมีเนื้อหวานกรอบ สีสวย และมีกลิ่นหอม ซึ่งมีหลายสายพันธุ์หนึ่งในนั้นคือพันธุ์ทองประเสริฐ ซึ่งเป็นขนุนที่พัฒนาพันธุ์เพื่อบริโภคสด มีลักษณะเด่นคือ ยวงขนาดใหญ่พอเหมาะและหนา รสชาติหวานกรอบ กลิ่นหอมปานกลาง การนำเนื้อขนุนสดมาแปรรูป หรือปรุงแต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์อาหารจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ จากรายงานการวิจัยเรื่องกลิ่นในขนุนสายพันธุ์ J3 ในประเทศมาเลเซียพบว่ามีเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ Butyl acetate, 3-Methylbutyl acetate, Propyl isovalerate, Butyl isovalerate, Isoamyl isovalerate, 3-Hydroxy 3-methyl butanoate, Ethyl 3-hydroxy-3-methylbutanoate, Hexyl isovalerate, Methyl dodecanoate, Isopropyl myristate และ 3-phenylpropyl ester และมีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบรอง ได้แก่ Butanol, 3-Methylbutanol และ 3-Phenylpropanol (Ong และคณะ, 2006, Swords และคณะ,1978, Rasmussen, 1983, Maia และคณะ, 2004) การศึกษาองค์ประกอบของกลิ่นในเนื้อขนุนพันธุ์ทองประเสริฐในระยะสุกจึงเป็นวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้

อุปกรณ์และวิธีการ

ซื้อขนุนพันธุ์ทองประเสริฐจากตลาดไท จ.ปทุมธานี ปล่อยให้สุกจนมีกลิ่นหอม (เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองและหนามจะป้านขึ้น) ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการผ่าผลนำแกนกลางออก สุ่มเนื้อผลจากผลย่อยที่สมบูรณ์จำนวน 4 ผลย่อย หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.5x0.5 เซนติเมตร บาง 2 มิลลิเมตร นำไปแช่ใน Ethanol 99.8% ในอัตราส่วน 1:2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร ที่ปิดด้วยพาราฟิล์ม ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมระเหยง่ายโดยใช้เทคนิค SPME ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 50/30 µmDVB/Carboxen/PDMS StableFle ดูดซับสารระเหยเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารหอมระเหยด้วยเครื่อง GC-MS (Agilent Technologies รุ่น 7890A MS) ที่ติดตั้งคอลัมน์ HP-INNOWAX (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 250 ไมโครเมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร) แก๊สตัวพามีอัตราไหลคงที่ที่ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งโปรแกรมระบบอุณหภูมิของ oven ที่ 50 องศาเซลเซียส เพิ่มดูดซับไอสารระเหย โดยใช้คอลัมน์ชนิด อุณหภูมิที่อัตรา 4 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 250 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 2 นาที วิเคราะห์สารระเหยง่ายด้วยเครื่อง MSD (scan range 33-350 amu) ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ใช้ electron impact mode (EI Mode) ที่สภาวะเครื่อง 70 eV และแปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ quality match ไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (สรศักดิ์ และคณะ, 2557)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบของสารหอมระเหยในเนื้อขนุน(พันธุ์ทองประเสริฐ) มีอยู่ 48 ชนิด (ข้อมูลไม่ได้แสดง) โดยมีสารระเหยที่สำคัญคือ Dihydromaltol (DHM; 4H-Pyran-4-one,2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl), 2-Hexyl acetate, HMF(2-furancarboxaldehyde,5-(hydroxymethyl)-(CAS)) และ Methanethioamide (N,N-dimethyl-(CAS)) (Figure 1)

Dihydromaltol (DHM; 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl) เป็นสารให้กลิ่นคล้ายกับนมหรือกลิ่นกะทิสด เป็นสารในกลุ่มเอสเทอร์ ช่วยให้ขนุนมีลักษณะกลิ่นที่หอมหวาน ซึ่งสารนี้โดยปกติถูกสังเคราะห์ในขณะที่ผลไม้กำลังสุกโดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ Alcohol acetyltransferase (AAT) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีอยู่ในผลไม้ทั่วไปและทำให้เกิดกลิ่นผลไม้สุกพบในผลไม้หลายชนิด เช่น กล้วยหอม (Harada และคณะ, 1985), เมล่อน (Ueda และคณะ, 1997) สตรอเบอรี (Noichinda และคณะ, 1999) และมีพบในผลฟักหอม และฟักเขียว (Aschariyaphotha และคณะ, 2016) นอกจากนี้ยังพบสารหอมระเหยชนิดอื่นในขนุนได้แก่ HMF (2-furancarboxaldehyde,5-(Hydroxymethyl)-(CAS)) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นไหม้หรือกลิ่นคาราเมลที่พบได้ใน น้ำผึ้ง น้ำส้มคั้น เบียร์ บรั่นดี นม ขนมปัง ซึ่งสารให้กลิ่นนี้มักจะเกิดปฏิกิริยา Maillard โดย HMF เป็นสารอินเตอร์มิเดียดในปฏิกิริยา Maillard (Blanco และคณะ, 1991) ความเข้มข้นของ HMF จะเพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำตาลในผลไม้ที่เพิ่มขึ้นและในขณะที่ทำการอบ นอกจากนี้ HMF ถูกพบในคาราเมลซึ่งใช้อย่างกว้างขวางในการแต่งสีให้กับอาหารและผลิตสินค้าด้านเภสัชกรรม (Hewala และคณะ, 1993) HMF หรือถูกสร้างขึ้นมาในน้ำนมที่ให้ความร้อนสูงที่กว่า 120°C ซึ่งเป็นคุณลักษณะของน้ำตาลแลกโทส (Morales และคณะ, 1992) นอกเหนือจากนี้สารให้กลิ่นอีกชนิดคือ 2-Hexyl acetate เป็นสารให้กลิ่นชนิดหนึ่งในกลุ่มเอสเทอร์ ซึ่งให้กลิ่นแอปเปิ้ลเขียว (green apple) ซึ่งพบได้ในผลไม้หลายชนิดเช่น แอปเปิ้ล (Young และคณะ, 1996) และ พลัม (Gomez และ Ledbetter, 1994) และ

นอกจากนี้ยังพบสารให้กลิ่น Methanethioamide, N,N-dimethyl-(CAS) ซึ่งให้กลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของสัตว์น้ำบางชนิด เช่น หมึก กุ้ง (squid, shrimp aroma nose)

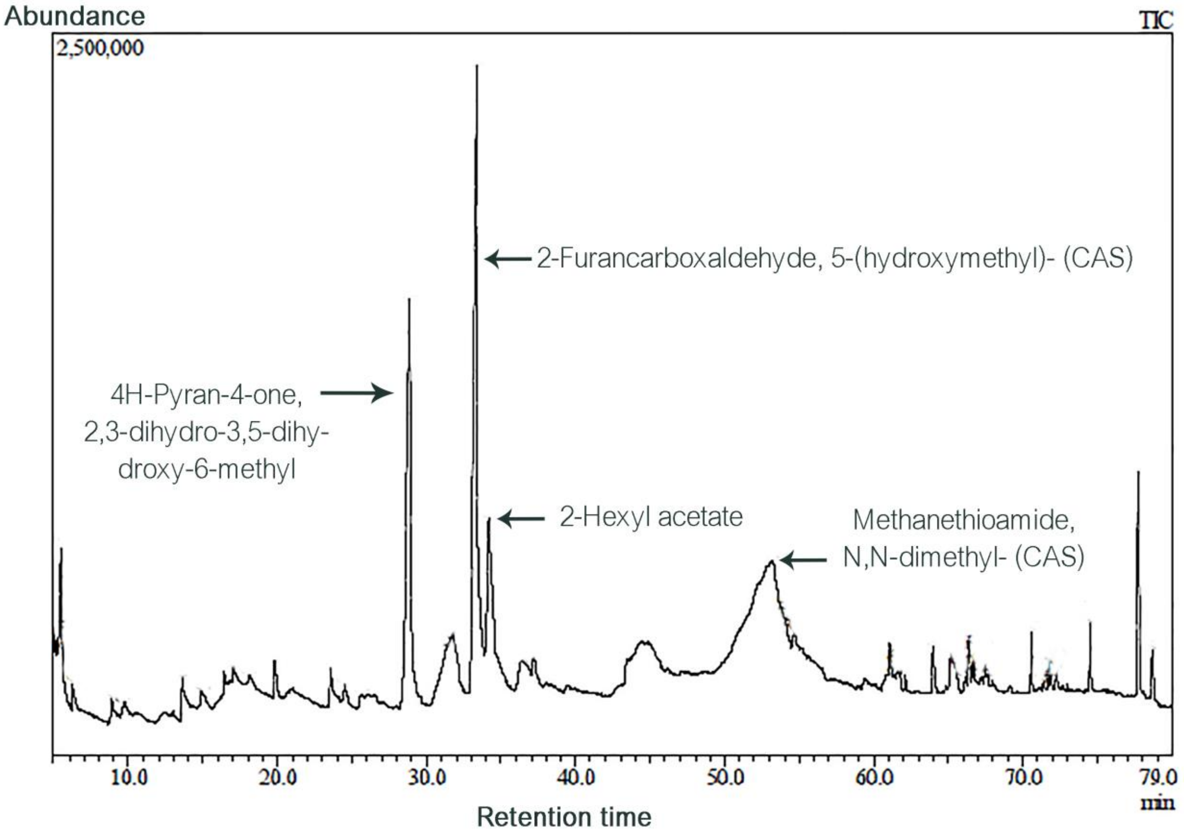


Figure 1 Chromatogram of jackfruit pulp extraction.

สรุปผล

สารหอมระเหยที่สำคัญหลัก 4 ชนิดคือ Dihydromaltol (DHM; 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl), และ 2-Hexyl acetate ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นในกลุ่มเอสเทอร์ที่ให้กลิ่นหอมคล้ายผลไม้ที่พบในเนื้อขนุนสุก และ HMF; 2-Furancarboxaldehyde,5-(hydroxymethyl)-(CAS) เป็นสารให้กลิ่นคาราเมล ที่พบในปฏิกิริยา Maillard นอกจากนี้ในขนุนก็ยังพบสารให้กลิ่น Methanethioamide, N,N-dimethyl-(CAS) ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของสัตว์น้ำบางชนิด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านการวิเคราะห์สารหอมระเหยในสารขนุนสุกพันธุ์ทองประเสริฐด้วยเทคนิค SPME และเครื่อง GC-MS จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต

เอกสารอ้างอิง

สรศักดิ์ งามสง่า ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น, 2557, การสกัดและคุณลักษณะของสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมทอง (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel'), ว.วิทย์. กษ., 45(2)(พิเศษ): 49-52. กรุงเทพฯ.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ และกมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล, 2546, ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดแป้งจากเมล็ดขนุน, ในการประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ.

Aschariyaphotha, B., Aschariyaphotha, W., Noichinda, S. and Na Nakorn, P., 2016, Difference in Aroma Component among White and Wax Gourd Fruits, 2016 Seoul International Conference on Applied Science and Engineering (2016 SICASE), July 5-7, Seoul, Korea.

Blanco Gomis D., Gutiérrez Alvarez, M.D. Sopeña Naredo, L. and Mangas Alonso, J.J., 1991, High-Performance Liquid Chromatographic Determination of Furfural and Hydroxymethylfurfural in Apple Juices and Concentrates, Chromatographia, 32: 45-48.

Gomez, E. and Ledbetter, C., 1994, Comparative Study of the Aromatic Profiles of Two Different Plum Species: *Prunus salicina* Lindl and *Prunus simonii* L., Journal of the Science of Food and Agriculture, 65(1): 111-115.

Harada, M., Ueda, Y. and Iwata, T., 1985, Purification of Some Properties of Alcohol Acetyltransferase from Banana Fruit, Plant Cell Physiology, 26: 1067-1074.

Hewala, I.I., Zoweil, A.M. and Onsi, S.M., 1993, Detection and Determination of Interfering 5-Hydroxymethylfurfural in the Analysis of Caramel-coloured Pharmaceutical Syrups, Journal of Clinical Pharmacology Therapy, 18: 49-53.

Maia, J.G.S., Andrade, E.H.A., Zoghbi, M.G.B., 2004, Aroma Volatiles from Two Fruit Varieties of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), Food Chemistry, 85: 195-197.

Morales, F.J., Romero, C. and Jiminez-Pérez, S., 1992, An Enhanced Liquid Chromatographic Method for 5-Hydroxymethylfurfural Determination in UHT Milk, Chromatographia, 33: 45-48.

Noichinda, S., Ueda, Y., Imahori, Y. and Chachin, K., 1999, Thioester Production and Thioalcohol Specificity of Alcohol Acetyltransferase in Strawberry Fruit, Food Science and Technology Research, 5: 99-103.

Ong B.T., Nazimah S.A.H, Osman A., Quek S.Y., Voon Y.Y., Mat Hashim D., Chew P.M. and Kong Y.W., 2006, Chemical and Flavor Changes in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Cultivar J3 during Ripening, Postharvest Biology and Technology, 40: 279-286.

Rasmussen, P., 1983, Identification of Volatile Components of Jackfruit by Gas Chromatography/Mass Spectrometry by Two Different Columns, Analytical Chemistry, 55: 1331-1335.

Swords, G., Bobbio, P.A. and Hunter, G.L.K., 1978, A Research Note: Volatile Constituents of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), Journal of Food Science, 43: 639-640.

Ueda, Y., Fujishita, N. and Chachin, K., 1997, Presence of Alcohol Acetyltransferase in Melons (*Cucumis melo* L.), Postharvest Biology and Technology, 10: 121-126.

Young, H., Gilbert, J.M., Murray, S.H. and Ball, R.D., 1996, Causal Effects of Aroma Compounds on Royal Gala Apple Flavors, Journal of the Science of Food and Agriculture, 71: 329-336.

การดูดซับโลหะโครเมียม (VI) ด้วยถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง

Absorption of Chromium (VI) Using Activated Carbons from Cassava Root

เกศศิริ เหล่าวชิระสุวรรณ[1]

Laowachilasuwan, K.[1]

Abstract

The objective of this research is to study the activated carbons prepared from Cassava Root by chemical activation method with H_3PO_4 for chromium (VI) removal from synthetic wastewater by absorption. The variation of chromium (VI) absorption conditions such as pH, temperature and type of activated carbons were investigated to find the optimum absorption condition. And activated carbons prepared from Cassava Root and the two types of commercial activated carbons were used to compare to the absorption efficiency. The result showed that at pH 3.5 the absorption of chromium (VI) was maximum. And the chromium (VI) absorption efficiency of three types of activated carbons was increased by an increase in the absorption temperature. This indicated that the chromium (VI) absorption was an endothermic process and chemical absorption rather than physical absorption. From Freundlich isotherm indicated that the absorption of chromium (VI) was monolayer type.

Keywords: activated carbons, cassava root, chromium (VI), Freundlich

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจากเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งเตรียมโดยการกระตุ้นทางเคมีด้วย H_3PO_4 เพื่อกำจัดโครเมียม (VI) จากน้ำเสียสังเคราะห์โดยกระบวนการดูดซับ โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับโครเมียม (VI) ซึ่งได้แก่ ค่า pH ของสารละลาย อุณหภูมิ และชนิดของถ่านกัมมันต์ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับระหว่างถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจากเหง้ามันสำปะหลัง กับถ่านกัมมันต์เกรดทางการค้า 2 ชนิด ผลการวิจัยพบว่าค่า pH ของสารละลายเท่ากับ 3.5 มีประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) สูงสุด และประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (VI) ของถ่านกัมมันต์ทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของการดูดซับที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการดูดซับโครเมียมด้วยถ่านกัมมันต์เป็นการดูดซับแบบดูดความร้อน และเป็นการดูดซับทางเคมีมากกว่าการดูดซับทางกายภาพ จากไอโซเทอมแบบ Freundlich แสดงให้เห็นว่าเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ เหง้ามันสำปะหลัง โครเมียม(VI) Freundlich

คำนำ

เหง้ามันสำปะหลังซึ่งเป็นสารชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย เมื่อต้องการกำจัดทิ้งก็จะต้องมีการขนย้าย หรือเผาทำลาย ซึ่งจะเกิดค่าใช้จ่ายตามมา ดังนั้นเพื่อเป็นการลดภาระในการกำจัดทิ้ง และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับของเหลือทิ้งจากกระบวนการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านพลังงาน และเป็นการใช้ทรัพยากรภายในประเทศให้คุ้มค่ามากที่สุดอีกหนทางหนึ่ง โดยการนำมาผลิตเป็น ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbons) ถ่านกัมมันต์ เป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ทำให้วัตถุดิบนั้นมีโครงสร้างเป็นรูพรุน และมีพื้นที่ผิวภายในสูง จึงมีคุณสมบัติในการดูดซับสูง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ส่วนใหญ่มักเป็นพวกอินทรีย์สารซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ มีปริมาณสารระเหยต่ำ คุณสมบัติคงที่ ราคาถูก และหาได้ง่าย เช่น วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ชานอ้อย แกลบ กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด (Fool และ Hameed, 2012) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจากเหง้ามันสำปะหลัง เตรียมโดยการกระตุ้นทางเคมีด้วย H_3PO_4 ซึ่งเป็นผลการศึกษาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Laowachirasuwan, 2016) เพื่อใช้ในการกำจัดโครเมียม(VI) จากน้ำเสียสังเคราะห์โดยกระบวนการดูดซับ โดยทั่วไปโครเมียมที่มีอยู่ในธรรมชาติมี 2 รูปแบบ คือ โครเมียม (VI) และ โครเมียม(III) โครเมียม(VI)จะมีความอันตรายมากกว่าโครเมียม(III) เพราะโครเมียม(VI) เป็นสารก่อมะเร็ง และมี

---

[1] **คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 10400**

[1] School of science and technology University of the Thai Chamber of Commerce, 10400

ฤทธิ์ทำลายตับ ดังนั้นจึงต้องมีการบำบัดโครเมียม(VI) ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดให้มีปริมาณโครเมียม(VI) ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำทิ้งที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ โดยปัจจุบันเทคโนโลยีการบำบัดโครเมียม(VI) จากอุตสาหกรรมการชุบโลหะที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การใช้ปฏิกิริยารีดักชั่น การใช้สารช่วยตกตะกอน รีเวอร์สออสโมซีส การแลกเปลี่ยนไอออน และการใช้วิธีการทางไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีการบำบัดดังกล่าวยังมีข้อจำกัดหลายประการ มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง และยังพบปัญหาในการกำจัดสลัดจ์ของโลหะ (Metal sludges) ดังนั้นทางเลือกใหม่ในการบำบัดโครเมียม(VI) ที่ดีมากอีกทางหนึ่งคือการใช้ตัวดูดซับ เช่น ถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ (Yue และคณะ, 2009) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสามารถในการกำจัดโครเมียม(VI) ด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจากเหง้ามันสำปะหลัง จากน้ำเสียสังเคราะห์โดยกระบวนการดูดซับ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการดูดซับได้แก่ ค่า pH ของสารละลาย อุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับ และชนิดของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำประหลัง โดยการกระตุ้นทางเคมี

การเตรียมถ่านกัมมันต์แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่านชาร์ (Char) เรียกขั้นตอนนี้ว่าการทำคาร์บอไนเซชั่น (Carbonization) เป็นขั้นตอนที่ทำให้วัตถุดิบที่มีคาร์บอนปะปนอยู่ในปริมาณต่ำ ให้มีปริมาณคาร์บอนเพิ่มสูงขึ้น โดยนำเหง้ามันสำปะหลังมาทำความสะอาด อบให้แห้ง บดด้วยเครื่องบด และคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อน โดยเลือกขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 mm จากนั้นเผาภายใต้บรรยากาศของแก๊ส N_2 ที่อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลา 1ชั่วโมง จะได้ถ่านชาร์ที่มีลักษณะเป็นผงสีดำ จากนั้นนำถ่านชาร์ไปเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการกระตุ้นทางเคมีเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวโดยใช้ H_3PO_4 นำถ่านชาร์ 50 g ผสมกับ H_3PO_4 ในอัตราส่วนระหว่าง H_3PO_4 ต่อถ่านชาร์เท่ากับ 3:1 กวนให้เข้ากันนาน 4 ชั่วโมง นำของผสมที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกระตุ้นโดยการเผาในเตาเผาที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ภายใต้บรรยากาศของ N_2 อัตราการไหลของ $N_2$100 มิลลิลิตร/นาที โดยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิคือ 10 °C /นาที จนถึงอุณหภูมิที่ศึกษาคือ 700 °C เผาที่อุณหภูมิที่ศึกษาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จะได้ถ่านกัมมันต์ ที่มีลักษณะเป็นผงสีดำ ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่เหมาะสมจากการศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Laowachirasuwan, 2016)

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโครเมียม(VI)

การศึกษาการดูดซับโครเมียมอาศัยการศึกษาแบบกะ(Batch) และเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์จากสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 100 mg/L ปรับค่า pH ของสารละลายด้วยสารละลายกรด HCl 0.1 N ให้มีค่าเท่ากับ 2.0 นำถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด 0.20 g เติมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่เตรียม นำส่วนผสมที่ได้ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ ด้วยความเร็ว 200 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 0 – 120 นาที จากนั้นนำของผสมไปกรองแยกสารละลายออกจากถ่านกัมมันต์ นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมที่เหลือในสารละลาย โดยวิธีการวิเคราะห์ ASTM-D 1687-92 (ASTM Committee on Standards, 1998) วิเคราะห์ปริมาณโครเมียมทั้งหมดในสารละลายด้วยเทคนิค Atomic absorption Spectroscopy และวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) โดยใช้สารละลาย1,5-diphenylcarbohydrazide เป็นตัวชี้บ่ง เมื่อโครเมียม(VI) ทำปฏิกิริยากับสารละลาย 1,5-diphenylcarbohydrazide ในสภาวะที่เป็นกรด จะได้สารละลายสีม่วงแดง ซึ่งความเข้มของสีม่วงแดงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณโครเมียม(VI) ที่ปรากฏ (Cronje และคณะ. 2011) ทำซ้ำโดยเปลี่ยนค่า pH ของสารละลายให้มีค่าเท่ากับ 2.5 3.0 3.5 และ 4.0 ที่อุณหภูมิ 35 40 และ 45°C ตามลำดับ

ไอโซเทอมของการดูดซับ

ศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับสามารถทำได้โดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารที่ถูกดูดซับต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ ในรูปสมการของ Freundlich (Okeola and Odebunmi, 2010) $x/m = K_dC_e^{1/n}$ เขียนอยู่ในรูปสมการลอกการิทึมดังนี้ $\log x/m = \log K_d + 1/n \log C_e$ x/m คือ ปริมาณสารที่ถูกดูดซับ (mg/g) C_e คือ ความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับในสารละลายที่จุดสมดุล K_d คือ ค่าคงที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซับของสารดูดซับ n คือ ค่าคงที่ของ Freundlich เมื่อพล็อตกราฟระหว่างค่า log x/m (แกน y) และ log C_e (แกน X) จะได้จุดตัดแกน y เป็นค่า log K_d และ 1/n เป็นความชัน ลักษณะเป็นกราฟเส้นตรงแสดงถึงการดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว และประสิทธิภาพในการดูดซับสามารถพิจารณาได้จาก ค่า log K_d และ ค่า 1/n บอกความจุหรือบริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับที่จะใช้ในการดูดซับ หากค่าความชันมากกว่า 1 อธิบายถึง

บริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับมีปริมาณมากสามารถดูดซับได้มาก ความชันน้อยกว่า 1 ปริมาณพื้นผิวของตัวดูดซับมีปริมาณจำกัดที่ใช้ในการดูดซับ จึงดูดซับได้น้อยลง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่แตกต่างกันสามชนิดจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Laowachirasuwan, 2016)

Table 1 Properties of Activated carbons for Chromium (VI) Absorption

ชนิดของถ่านกัมมันต์	ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	พื้นที่ผิวจำเพาะ-BET (m^2/g)	ปริมาตรรูพรุนรวม (cm^3/g)	ขนาดรูพรุนเฉลี่ย (nm)	ไอโอดีนนัมเบอร์ (mg/g)
ถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง	6.0	1,218.18	0.86	2.81	926
ถ่านกัมมันต์เกรดทางการค้า – 1 (กะลามะพร้าว)	4.0	1,214.53	0.88	2.92	1,158
ถ่านกัมมันต์เกรดทางการค้า – 2 (ถ่านไม้)	5.0	1,189.56	0.87	2.89	1,012

ผลของ pH ของสารละลาย

จาก Figure 1 แสดงผลของค่า pH ของสารละลายต่อความสามารถในการดูดซับโครเมียม(VI) ของถ่านกัมมันต์ทั้งสามชนิด โดยถ่านกัมมันต์ทั้งสามชนิดสามารถดูดซับได้ดีเมื่อสารละลายมีค่า pH ในช่วง 2.0 - 3.5 เนื่องจากในช่วงค่า pH ของสารละลาย 2.0 – 3.5 โครเมียมอยู่ในรูปไอออน $HCrO_4^-$ ซึ่งเป็นไอออนที่ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับได้ดี (Nowicki, Kazmierczak, และ Pietrzak, 2015) และที่สภาวะ pH ต่ำ จะเกิดปฏิกิริยารีดักชั่นของโครเมียม (VI) กลายเป็นโครเมียม (III) ได้ดังสมการ $HCrO_4^- + 7H^+ + 3e^- \longrightarrow Cr^{3+} + 4H_2O$ สารละลายมีปริมาณโปรตอน (H^+) มาก ก็สามารถเกิดปฏิกิริยารีดักชั่นของโครเมียม (VI) กลายเป็นโครเมียม (III) ได้มาก โครเมียม (III) ที่เกิดขึ้นสามารถถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ได้เช่นเดียวกันแต่ถูกดูดซับได้ไม่ดีเท่ากับโครเมียมอยู่ในรูป $HCrO_4^-$ ดังนั้นที่สภาวะค่า pH เท่ากับ 3.5 จึงมีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม(VI) สูงสุด ที่สภาวะของสารละลายมีค่า pH สูงกว่า 3.5 ถ่านกัมมันต์จะดูดซับไอออน $HCrO_4^-$ ได้น้อยลง เนื่องจากที่สภาวะดังกล่าวมีปริมาณ OH^- มากขึ้น ซึ่งไอออน OH^- จะถูกดูดซับที่ผิวของถ่านกัมมันต์ได้ดีกว่า ไอออน $HCrO_4^-$

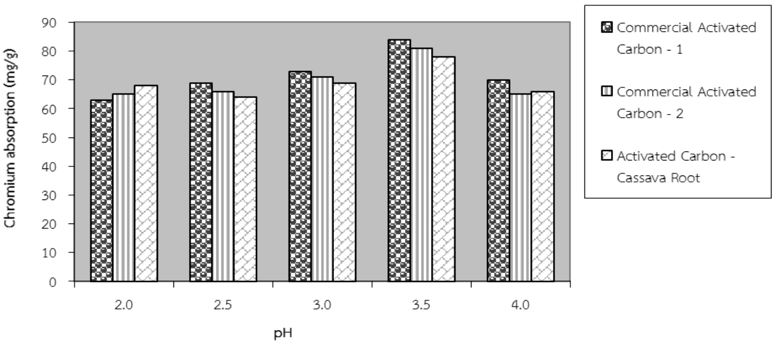


Figure 1 Effect of pH on Chromium (VI) absorption

ผลของอุณหภูมิและไอโซเทอมของการดูดซับ

จาก Figure 2 และTable 2 แสดงผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับแบบ Freundlich พบว่าเมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า log x/m และ log C_e เส้นกราฟที่ได้เป็นเส้นตรง เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient, R^2) มีค่ามาก (0.99) ชี้ให้เห็นว่าการดูดซับปริมาณโครเมียม(VI) บนผิวของถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง และถ่านกัมมันต์ทางการค้าทั้งสองชนิดเป็นแบบชั้นเดียว เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (log K_d)และค่าความชัน (1/n) ทุกอุณหภูมิที่ศึกษา พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของการดูดซับเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการดูดซับโครเมียมด้วยถ่านกัมมันต์เป็นการดูดซับแบบดูดความร้อน และเป็นการดูดซับทางเคมีมากกว่าเป็นการดูดซับทางกายภาพเพียงอย่างเดียว (Cronje และคณะ 2011) และที่อุณหภูมิสูงกว่า 45 $^{\circ}$C ความสามารถในการดูดซับปริมาณโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน การศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับที่อุณหภูมิสูงอาจเป็นผลดีต่อการดูดซับโครเมียม (VI) แต่ควรคำนึงถึงการสูญเสียพลังงานเป็นสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (log K_d) และค่าความชัน (1/n) ของถ่านกัมมันต์ทั้งสามชนิด พบว่าถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง มี log K_d และ 1/n สูงกว่าถ่านกัมมันต์เกรดทางการค้าทั้ง 2 ชนิด แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการดูดซับโครเมียม(VI) ได้มากกว่าถ่านกัมมันต์เกรดทางการค้าทั้ง 2 ชนิด

Table 2 Freundlich Constant for Chromium(VI) absorption

Absorption Temperatures (°C)	Commercial – 1 (coconut shell)			Commercial – 2 (wood)			Activated Carbons (Cassava Root)		
	log K_d	1/n	R^2	log K_d	1/n	R^2	log K_d	1/n	R^2
30	2.83	0.48	0.99	2.85	0.51	0.99	2.87	0.68	0.99
35	2.94	0.56	0.99	2.94	0.55	0.99	3.35	0.76	0.99
40	3.17	0.61	0.99	3.18	0.63	0.99	3.61	0.78	0.99
45	3.26	0.63	0.99	3.39	0.66	0.99	3.87	0.85	0.99

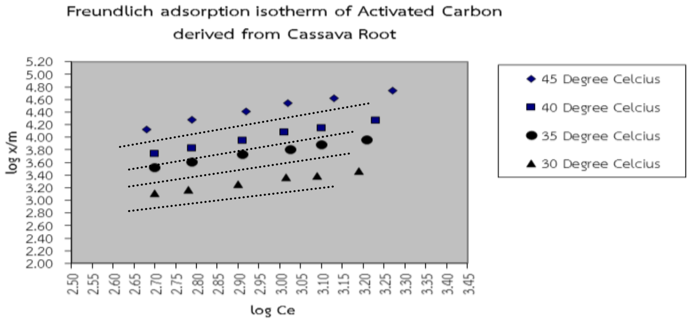


Figure 2 Freundlich absorption Isotherm at temperature of 30 35 40 and 45 Degree Celsius

สรุปผล

ถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง มีศักยภาพสูงในการนำไปใช้ในการกำจัดโครเมียม(VI) จากน้ำเสียสังเคราะห์โดยกระบวนการดูดซับ ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม(VI) สูงสุดอยู่ที่ค่า pH ของสารละลายเท่ากับ 3.5 ปริมาณโครเมียม(VI) ที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของการดูดซับที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการดูดซับโครเมียมด้วยถ่านกัมมันต์เป็นการดูดซับแบบดูดความร้อน และเป็นการดูดซับทางเคมีมากกว่าเป็นการดูดซับทางกายภาพ สมการของ Freundlich เป็นสมการที่อธิบายไอโซเทอมการดูดซับโครเมียม(VI) บนผิวของถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นแบบชั้นเดียว เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (log K_d) และค่าความชัน (1/n) ทุกอุณหภูมิที่ศึกษาพบว่าถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง มีค่า log K_d และ 1/n สูงกว่าถ่านกัมมันต์เกรดทางการค้าทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม(VI) สูงกว่าถ่านกัมมันต์เกรดทางการค้าทั้ง 2 ชนิด แสดงให้เห็นว่าในการกำจัดโครเมียม(VI) ของถ่านกัมมันต์ในสารละลายอาศัยคุณสมบัติทางเคมีในการจับไอออนที่ผิวเป็นสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

ASTM Committee on Standards, 1998, Standard Test Methods for Determination of Chromium in Water, In Annual Book of ASTM Standards, pp.162 – 167. Philadelphia, PA: ASTM Committee on Standards.

Cronje, K.J., Chetty, K., Carsky, M. and Sahu, J.N., 2011, Optimization of chromium(VI) sorption potential using developed activated carbon from sugarcane bagasse with chemical activation by Zinc Chloride, Desalination, 275: 276 – 284.

Fool, K.Y. and Hameed, B.H., 2012, Coconut husk derived activated carbon via microwave induced action: effects of activation agents, preparation parameters and adsorption performance, Chemical Engineering Journal, 184: 57 – 65.

Laowachirasuwan, K., 2016, Preparation and Characterization of Activated Carbons from Cassava Root by Chemical Activation Method. Proc.of ASTC2016: The 4th Academic Science and Technology Conference 2016, 31 May 2016, p.486 – 493.

Nowicki, P., Kazmierczak, J. and Pietrzak, R., 2015, Comparison of physiochemical and sorption properties of activated carbons prepared by physical and chemical activation of cherry stones, Powder Technology, 269: 312 – 319.

Okeola, F.O. and Odebunmi, E.O., 2010, Freundlich and Langmuir Isotherms Parameters for Adsorption of Methylene Blue by Activated Carbon Derived from Agrowastes, Advances in Natural and Applied Sciences, 4: 281 – 288.

Yue,Z., Bender, S.E., Wang, J., and Economy, J., 2009, Removal of chromium Cr(VI) by low-cost chemically activated carbon materials from water, Journal of Hazardous Materials, 166: 74 – 78.

ความสามารถในการเป็นสารให้ความคงตัวของเนื้อตาล (*Borassus flabellifer* L.) ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสในน้ำสลัดคอเลสเตอรอลต่ำ

Stabilizer Ability of Pectinesterase-depolymerized Palm Flesh in Low Salad dressing

วันทนีย์ น้อยจินดา[1] กณิษฐา รงคะอำพันธุ์[1] และ ปราณี อ่านเปรื่อง[1]

Noichinda, W.[1], Rongkaumpan, G.[1] and Anprung, P.[1]

Abstract

The objective of this research was to study functional properties of depolymerized palm flesh as a stabilizer for decreasing egg yolk content in low cholesterol creamy salad dressing. Depolymerized palm salad dressing stability was determined by emulsion stability, apparent viscosity, colour and sensory evaluation compared to commercial creamy salad dressing (CSD). Mixture design was used to vary the content of oil: egg yolk: depolymerized palm flesh (DPF) in 70% of main ingredient. The ingredient ratios of stable and acceptable salad dressing were oil: 57-60%, egg yolk: 5-10% and DPF 0-5%. The emulsion stability was decreased by reducing egg yolk content. While increasing DPF, heating, and reducing oil decreased viscosity of salad dressing result in emulsion instability. After storage for 3 days, salad dressing without emulsion breakdown was determined by sensory evaluation. DPF pectin can replaced egg yolk content by 50% from CSD formula.

Keywords: functional properties, stabilizer, emulsion stability

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของการเป็นสารให้ความคงตัวของเนื้อตาลที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนส เพื่อทดแทนการใช้ไข่แดงในน้ำสลัดคอเลสเตอรอลต่ำ โดยเปรียบเทียบความเสถียรระบบอิมัลชั่น ความหนืด และการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดเนื้อตาลกับน้ำสลัดทางการค้า ทดลองโดยแปรส่วนผสมของปริมาณน้ำมัน ไข่ไก่ และเนื้อตาลไฮโดรไลเซทในส่วนผสมหลัก 70% พบว่าช่วงอัตราส่วนผสมของน้ำสลัดที่มีความเสถียรและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส คือ น้ำมัน 57- 60%, ไข่แดง 5-10% และเนื้อตาลไฮโดรไลเซท 0-5% เมื่อลดปริมาณไข่แดงทำให้น้ำสลัดมีความเสถียรลดลง ทั้งนี้ความร้อน การเพิ่มปริมาณเนื้อตาลไฮโดรไลเซท และการลดปริมาณน้ำมัน ส่งผลให้ความหนืดน้ำสลัดลดลง ส่งผลให้น้ำสลัดมีความเสถียรลดลง หลังจากเก็บไว้ 3 วัน นำน้ำสลัดที่ไม่แยกชั้นมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำสลัดเนื้อตาลไฮโดรไลเซทได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสเทียบเท่ากับน้ำสลัดทางการค้า

คำสำคัญ: สมบัติเชิงหน้าที่ สารให้ความคงตัว ความเสถียรระบบอิมัลชั่น

คำนำ

น้ำสลัดแบบครีมมีปริมาณคอเลสเตอรอลสูง เนื่องจากไข่แดงที่ทำหน้าเป็นเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) (Laca และคณะ, 2010) ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงเรื่องโรคหัวใจและหลอดเลือด (Hu และคณะ, 1999) เพื่อลดปริมาณคอเลสเตอรอลในน้ำสลัดจำเป็นต้องทดแทนปริมาณไข่แดงด้วยไฮโดรไลเซทเพคติน โดยใช้เป็นสารให้ความคงตัว เนื้อตาลที่ถูกสกัดออกมาจากส่วน mesocarp ของผลตาลสุก มีเพคติน (Pectin) สูงเป็นองค์ประกอบ (Pashaper และคณะ, 2009) เมื่อนำมาย่อยด้วยเอนไซม์ได้สารที่มีคุณสมบัติเป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer)(Leroux และคณะ, 2003) ในระบบอิมัลชั่น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ การใช้เนื้อตาลที่ย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนส ทดแทนไข่แดง เพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวในน้ำสลัดแบบครีม

อุปกรณ์และวิธีการ

สูตรน้ำสลัดโดยใช้การทดลองแบบ Mixture design มีการแปรส่วนผสมหลักดังนี้ น้ำมัน, ไข่แดง และเนื้อตาลไฮโดรไลเซท ทุกสูตรใช้ น้ำตาล 20% น้ำส้มสายชู 9% และ เกลือ 1% ดัง Figure 1

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

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

Table 1 Main ingredient of salad dressing

สูตร	%น้ำมันถั่วเหลือง	%ไข่แดง	%เนื้อตาลไฮโดรไลเซท
Commercial	60	10	0
A (control)	60	10	0
B	60	7.5	2.5
C	60	5	5
D	60	2.5	7.5
E	50	10	10
F	50	7.5	12.5
G	50	5	15
H	50	2.5	17.5

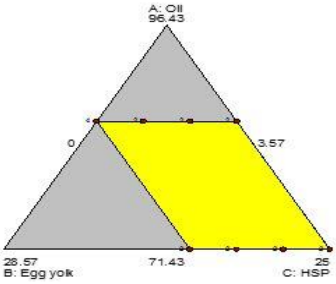


Figure1 Mixture design

จากนั้นนำน้ำสลัดแต่ละสูตรมาวัดความเสถียรและความเสถียรต่อความร้อนของระบบอิมัลชั่น ด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ 3000Xg นาน 30 นาที วัดความสูงเพื่อคำนวณหา % Creaming index ด้วยวิธีของ Klinkesorn และคณะ (2004) วัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer ที่ความเร็วรอบ 30 rpm หัว L4 ที่เวลา 30 วินาที หลังจากนั้นเก็บน้ำสลัดไว้ 3 วัน สังเกตุการแยกชั้นของระบบอิมัลชั่นและเลือกสูตรที่ไม่แยกชั้นออกมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเทียบกับน้ำสลัดทางการค้าโดยการประเมิน Affective test ใช้ Hedonic 9 points scale จากผู้ทดสอบ 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

%Creaming index ของน้ำสลัดก่อนให้ความร้อนอ้างอิงจากสูตรน้ำสลัดทางการค้าที่มีปริมาณไข่แดง 100% สูตร B (ไข่แดง 75%) และ C (ไข่แดง 50%) มีความเสถียรของระบบอิมัลชั่นเทียบเท่ากับน้ำสลัดทางการค้า (Table 2) กล่าวคือสามารถใช้เนื้อตาลไฮโดรไลเซทเป็นสารให้ความคงตัวได้เมื่อลดปริมาณไข่แดงลง แต่หลังจากให้ความร้อนพบว่า % Creaming index เพิ่มขึ้น เหลือเพียงน้ำสลัดสูตร B ที่มีความเสถียรของระบบอิมัลชั่นเทียบเท่ากับน้ำสลัดทางการค้า เมื่อพิจารณาTernary contour plots (Figure 2) พบว่าการเพิ่มน้ำมันและลดเนื้อตาลไฮโดรไลเซททำให้ % Creaming index ลดลงหรือระบบอิมัลชันมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น แม้ว่าเนื้อตาลไฮโดรไลเซทช่วยเพิ่มความเสถียรได้ แต่ถ้าใส่ในปริมาณมากเกินไปความเสถียรของระบบอิมัลชันลดลงด้วย เนื่องจากวัฏภาคน้ำในเนื้อตาลไฮโดรไลเซทที่มากเกินไปจะทำให้เกิดการแยกตัวของอิมัลชั่นได้ง่ายขึ้น ความเสถียรจึงลดลง ทั้งนี้พบว่าค่า Degree of hydrolysis ของเนื้อตาลส่งผลต่อความเสถียรของระบบอิมัลชั่น เนื่องจากโมเลกุลเพคตินที่ถูกย่อยให้เล็กลงจะช่วยเพิ่มความเสถียรและเพิ่มระยะเวลาชะลอการแยกตัวของอิมัลชั่นได้ใกล้เคียงกับการใช้ Gum arabic (Akhtar และคณะ, 2001)ซึ่งดีกว่าเพคตินโมเลกุลใหญ่ เพราะเพคตินโมเลกุลใหญ่เมื่อล้อมรอบหยดน้ำมันจะเกิดพันธะระหว่างสายโซ่เพคตินด้วยกันเอง เกิดพันธะร่วมกับโมเลกุลแคลเซียม จึงก่อให้เกิด flocculation ได้ง่ายขึ้น (Akhtar และคณะ, 2001) ส่วนเพคตินถูกย่อยให้มีขนาดสั้นลงเมื่อล้อมรอบหยดน้ำมันจะเกิดชั้นที่มีสมบัติเป็น steric stabilization รอบหยดน้ำมัน ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างหยดน้ำมันจึงช่วยเพิ่มความเสถียรของระบบอิมัลชั่นได้ (Leroux และคณะ, 2003; Nikzade และคณะ, 2012) อีกทั้งเพคตินที่ถูกย่อยมีขั้วมากขึ้น ทำให้เกิดสมดุลระหว่างวัฏภาคน้ำและน้ำมัน (Karunasawat และ Anprung, 2010) หลังให้ความร้อนน้ำสลัดมีความเสถียรต่ำลง มีผลต่อการเกิด Coalescence ในหยดน้ำมันมากขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ระบบมีพลังงานจลน์สูง เพิ่มโอกาสในการชนกันของอนุภาค (Dickinson, 2003) และความหนืดของระบบอิมัลชันลดลงด้วย (Chen และ Tao, 2003) น้ำสลัดทางการค้ามีความหนืดมากที่สุดและไม่มีสูตรใดมีความหนืดเทียบเท่าน้ำสลัดทางการค้า ($p \leq 0.05$) อีกทั้ง การเพิ่มเนื้อตาลไฮโดรไลเซททำให้ความหนืดโดยรวมของน้ำสลัดลดลง (Figure 2c) เนื่องจากเนื้อตาลไฮโดรไลเซทมีน้ำเป็นส่วนประกอบเมื่อใส่มาก จึงไปเพิ่มปริมาณน้ำในเฟสน้ำทำให้มีความหนืดลดลง อีกทั้งการลดปริมาณน้ำมันลงทำให้ความหนืดของระบบอิมัลชั่นลดลงด้วยเช่นกัน (Thaiudoma และ Khantarat, 2011) เมื่อความหนืดของวัฏภาคต่อเนื่องลดลง อนุภาคของหยดน้ำมันจึงสามารถเคลื่อนที่เข้าหากันได้ง่ายขึ้นความเสถียรของระบบอิมัลชั่นจึงลดลง

Table 2 % Creaming index of emulsion stability, heat stability and viscosity

สูตร	%creaming index		ความหนืดปรากฏ
	Emulsion Stability	Emulsion Heat Stability	(cP)
Commercial	4.94±1.33^{a}	7.27±1.26^{a}	16643.00±135.76^{a}
A	6.82±1.48^{ab}	8.56±1.23^{ab}	14133.50±241.12^{b}
B	5.77±0.00^{ab}	5.72±0.08^{a}	9299.35±1509.47^{c}
C	5.83±0.08^{ab}	13.35±2.87^{bc}	7837.90±1142.97^{d}
D	10.27±0.91^{b}	27.19±0.37^{d}	4894.15±33.02^{e}
E	15.29±1.00^{c}	15.24±0.21^{c}	2616.20±47.66^{f}
F	15.32±5.03^{c}	27.88±0.60^{de}	1310.55±43.06$^{1\ fg}$
G	20.79±1.11^{d}	33.33±0.90^{e}	1931.10±247.77$^{1\ fg}$
H	23.31±0.32^{d}	33.02±6.67^{de}	696.90±111.44$^{1\ g}$

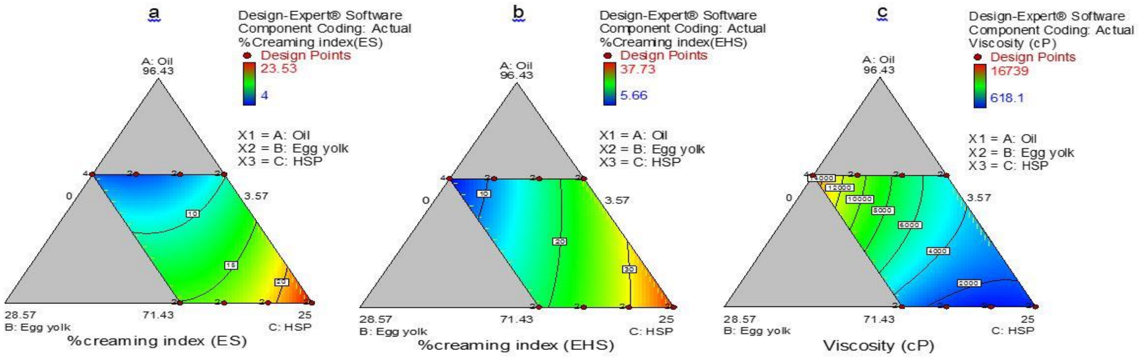


Figure 2 Ternary contour plots (a) % Creaming index of emulsion stability (b) % Creaming index of emulsion heat stability (c) viscosity

จากTable 3 ผู้ทดสอบชื่นชอบสูตร B และ C เช่นเดียวกับสูตร A เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ ทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (p>0.05) เมื่อพิจารณาประกอบกับ Figure 3 Ternary contour plots ของลักษณะปรากฏ (appearance) และสี (color) มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อตาลมากยิ่งขึ้นผู้ทดสอบชื่นชอบน้อยลง พิจารณาจากโซนสีน้ำเงินของรูป ในแง่ของกลิ่น (odor) เมื่อใส่เนื้อตาลมากทำให้ผู้ทดสอบรับรู้กลิ่นได้มาก ซึ่งผู้ทดสอบบางคนไม่ชื่นชอบ จึงทำให้คะแนนลดลงแต่ลดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น รวมถึงรสชาติ (taste) เนื้อสัมผัส (texture) และ ความชอบโดยรวม (over all liking) มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ยิ่งเพิ่มปริมาณเนื้อตาลมากยิ่งขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชื่นชอบน้อยลง อีกทั้งเนื้อสัมผัสของน้ำสลัดนั้นมีผลที่สอดคล้องกับ % creaming index ในความเสถียรและความเสถียรต่อความร้อนอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าเนื้อตาลไฮโดรไลเซทสามารถทดแทนสัดส่วนของไข่แดงจากสูตรน้ำสลัดทางการค้าได้ครึ่งหนึ่งโดยผู้ทดสอบยังชื่นชอบเท่ากับสูตรน้ำสลัดทางการค้า

Table 3 Sensory evaluation of depolymerized palm salad dressing.

คุณลักษณะ	ตัวอย่างน้ำสลัด				
	Commercial	A	B	C	E
ลักษณะปรากฏ	8.17±0.79^{a}	5.77±1.61^{b}	6.20±1.67^{b}	5.67±1.87^{b}	4.90±1.67^{c}
สี	8.13±0.86^{a}	5.87±1.68^{bc}	6.10±1.52^{b}	5.53±1.54^{cd}	5.23±1.73^{d}
กลิ่น	6.60±1.63^{a}	5.97±1.56^{ab}	6.20±1.42^{ab}	6.06±1.52^{b}	5.60±1.77^{b}
รสชาติ	7.37±1.65^{a}	6.90±1.77^{a}	6.57±2.12^{a}	6.76±1.73^{a}	5.30±2.11^{b}
เนื้อสัมผัส	7.93±1.44^{a}	6.70±1.76^{b}	6.53±1.83^{b}	6.60±1.61^{b}	5.43±1.68^{c}
ความชอบโดยรวม	7.73±1.39^{a}	6.90±1.58^{b}	6.83±1.53^{b}	6.67±1.44^{b}	5.73±1.74^{c}

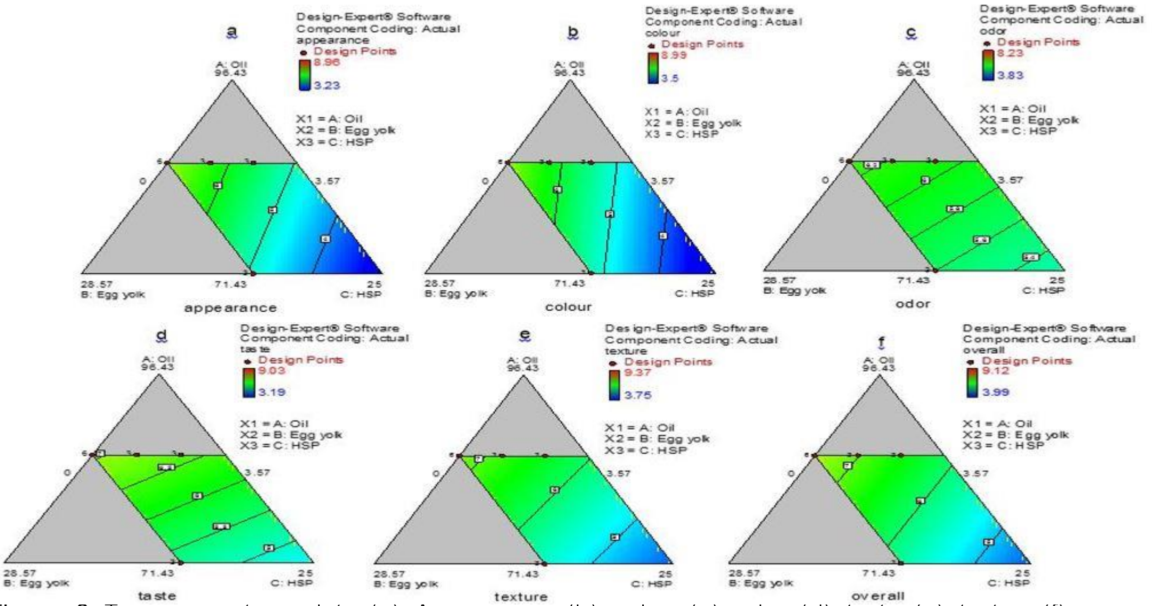


Figure 3 Ternary contour plots (a) Appearance (b) colour (c) odor (d) taste (e) texture (f) over all of depolymerized palm salad dressing.

สรุปผล

ช่วงอัตราส่วนผสมของน้ำสลัดเนื้อตาลไฮโดรไลเซทที่มีความเสถียรและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส คือ น้ำมัน 57-60% : ไข่แดง 5-10% : เนื้อตาลไฮโดรไลเซท 0-5% โดยน้ำสลัดสูตร C เป็นสูตรที่สามารถลดปริมาณไข่แดงจากสูตรน้ำสลัดทางการค้าได้ครึ่งหนึ่งโดยใช้เนื้อตาลไฮโดรไลเซททดแทนส่วนของไข่แดงเพื่อช่วยเป็นสารให้ความคงตัว ให้ความเสถียรของระบบอิมัลชั่นและมีความชื่นชอบด้านสีและรสชาติเทียบเท่ากับน้ำสลัดทางการค้า

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจนได้รับการชี้แนะและให้คำปรึกษาจาก ศ.ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง

เอกสารอ้างอิง

Akhtar, M., Dickinson, E., Mazoyer, J. and Langendorff, V., 2001, Emulsion Stabilizing Properties of Depolymerized Pectin, Food Hydrocolloids, 16: 249-256.

Chen, G. and Tao, D., 2003, An Experimental Study of Stability of Oil–Water Emulsion, Fuel Processing Technology, 86(5): 499-508.

Dickinson, E., 2003, Hydrocolloids at Interfaces and the Influence on the Properties of Dispersed Systems, Food Hydrocolloids, 17: 25-39.

Hu, F.B., Stampfer, M.J., Rimm, E.B., Manson, J.E., Ascherio, A., Colditz, G.A., Rosner, B.A., Spiegelman, D., Speizer, F.E., Sacks, F.M., Hennekens, C.H. and Willett, W.C., 1999, A Prospective Study of Egg Consumption and Risk of Cardiovascular disease In Men And Women, The journal of American Medical Association, 281: 1387-1999.

Karunasawat, K. and Anprung, P., 2010, Effect of Depolymerized Mango Pulp as A Stabilizer in Oil-In Water Emulsion Containing Sodium Casenate, Food and Bio Products Processing, 88: 202-208.

Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P. and McClements, D.J., 2004, Stability and Rheology of Corn Oil-In-Water Emulsions Containing Maltodextrin, Food Research International, 37(9): 851-859.

Laca, A., Paredes, B. and Diaz, M., 2010, A Method of Egg Yolk Fractionation Characterization of Fractions, Food Hydrocolloids, 24: 434–443.

Leroux, J., Langendorff, V., Schick, G., Vaishnav, V. and Mazoyer, J., 2003, Emulsion Stabilizing Properties of Pectin, Food Hydrocolloids, 17: 455-462.

Nikazade, V., Mazaheri Tehrani, M. and Saadatmand-Tarzjan, M., 2012, Optimization of Low-Cholesterol–Low-Fat Mayonnaise Formulation : Effect of Using Soy Milk and Some Stabilizer by a Mixture Design Approach, Food hydrocolloids, 28: 344-352.

Thaiudoma, S. and Khantarat, K., 2011, Stability and Rheological Properties of Fat-Reduced Mayonnaises by using Sodium Octenyl Succinate Starch as Fat Replacer, Procedia Food Science, 1: 315-321.

ผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์

Effects of Bio-fertilizer Ldd.12, High Quality Organic Fertilizer and Chemical Fertilizer on Growth and Yield of 2 Super Sweet Corn Cultivars

อรอนงค์ บัวดำ[1] ปราโมทย์ พรสุริยา[1] และ ประพฤติ พรหมสมบูรณ์[1]
Buadam, O.[1], Pornsuriya, P.[1] and Promsomboon, P.[1]

Abstract

The experiment was conducted to study on the effects of bio-fertilizer Ldd.12, high quality organic-fertilizer and chemical fertilizer on growth and yield of 2 super sweet corn (Hi-Brix3 and 58). The results showed that the husked ear yield in summer of two cultivars was not different, but in rainy season Hi-Brix58 gave higher husked ear yield than Hi-Brix3 (P<0.01) (2,137.32 and 1,432.46 kg/rai, respectively). Within 2 seasons, the yield of Hi-Brix58 and Hi-Brix3 were 2,291.54 and 1,841.95 kg/rai, respectively. There was no difference in husked ear yield after applying 5 fertilizers of two consecutive growing seasons. The application of 50% recommended chemical fertilizers + high quality organic-fertilizer 300 kg/rai tended to give the highest husked ear, and the second was recommended chemical fertilizers (2,177.40 and 2,127.40 kg/rai, respectively). Where, 50% recommended chemical fertilizers +bio-fertilizer Ldd.12 at 300 kg/rai gave the lowest husked ear yield (1,850.80 kg/rai).

Keywords: super sweet corn, organic fertilizer, planting season

บทคัดย่อ

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์ (ไฮ-บริกซ์ 3 และ 58) ผลการทดลองพบว่าในฤดูร้อน ข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์ให้ผลผลิตฝักปอกเปลือกไม่แตกต่างกัน แต่ในฤดูฝนพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 ให้ผลผลิตฝักปอกเปลือกสูงกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 (P<0.01) (2,137.32 และ 1,432.46 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) เมื่อวิเคราะห์ผลรวม 2 ฤดูปลูก พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 และพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ให้ผลผลิตฝักปอกเปลือกเฉลี่ย 2,291.54 และ 1,841.95 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การให้ปุ๋ย 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งใน 2 ฤดูปลูก โดยการให้ปุ๋ยเคมี 50% ของอัตราแนะนำ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ และการให้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำมีแนวโน้มให้ผลผลิตฝักปอกเปลือกสูง 2,177.40 และ 2,127.40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และการให้ปุ๋ยเคมี 50% ของอัตราแนะนำ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ พด.12 อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตฝักปอกเปลือกต่ำที่สุด (1,850.80 กิโลกรัมต่อไร่)

คำสำคัญ: ข้าวโพดหวาน ปุ๋ยอินทรีย์ ฤดูปลูก

คำนำ

ข้าวโพดหวาน เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อายุสั้น อยู่ในวงศ์ Poaceae เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ปลูกได้ตลอดทั้งปี และปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย สามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกในระยะสั้นได้ โดยมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ประมาณ75 วัน และเกษตรกรผู้ปลูกสามารถคาดการณ์ปริมาณผลผลิตได้ล่วงหน้า ทำให้สามารถคำนวณรายได้ก่อนตัดสินใจปลูกได้ จึงนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน 221,465 ไร่ สำหรับในพื้นที่ปลูกภาคตะวันออก 7 จังหวัด คิดเป็น 2,854 ไร่ โดยจังหวัดชลบุรีมีพื้นที่ปลูกมากที่สุด คือ 1,412 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) พันธุ์ข้าวโพดหวานที่นิยมปลูก มักเป็นข้าวโพดหวานลูกผสม ได้แก่ พันธุ์จากหน่วยงานราชการ เช่น พันธุ์อินทรีย์ 1 พันธุ์อินทรีย์ 2, KSSC 503, KSSC 978, KSSC 563 และ KSSC 604 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ผลิตโดยศูนย์วิจัยข้าวโพด

[1] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ต. บางพระ อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี 20110
[1] Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangpra, Sriracha, Chonburi, 20110

และข้าวฟ่างแห่งชาติได้ปรับปรุงพันธุ์เผยแพร่สู่เกษตรกรตั้งแต่ปี 2538 เป็นต้นมา (โชคชัย และคณะ, 2554) และมีพันธุ์การค้าที่จำหน่ายในท้องตลาดอีกหลายๆพันธุ์ เช่น พันธุ์ไฮ-บริกซ์ต่างๆ

การปลูกข้าวโพดหวานในเชิงเศรษฐกิจ เกษตรกรนิยมใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิต เมื่อใส่ติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปีมีผลทำให้สภาพของดินเป็นกรด เนื่องจากปุ๋ยแทบทุกชนิดมีปฏิกิริยาทำให้ดินเป็นกรด ยกเว้นแคลเซียมไนเตรตและโพแทสเซียมไนเตรต (Samuel และคณะ, 1982) ธาตุอาหารต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ถูกตรึงอยู่ในดิน พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ ดังนั้นจึงควรมีการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพและทางเคมีของดินให้ดีขึ้น และเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ปุ๋ยเคมี โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทน ในปัจจุบันมีหน่วยงานที่สนับสนุนในเรื่องของการทำปุ๋ยอินทรีย์โดยมีการนำเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรมาใช้ให้เหมาะสมกับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิด เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตปุ๋ยใช้เอง เช่น ปุ๋ยชีวภาพ พด.1-12 และ ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

การทดลองนี้จึงศึกษาถึงอัตราที่เหมาะสมในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ของกรมพัฒนาที่ดิน ที่มีผลต่อคุณภาพการผลิตข้าวโพดหวานมากที่สุด ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถนำวิธีต่างๆ ไปปรับใช้ตามแต่ความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตข้าวโพดหวานในระบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเป็นความคาดหวังในอนาคตของเกษตรกรเพื่อผลิตข้าวโพดหวานอินทรีย์คุณภาพดีให้กับผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการในพื้นที่ แปลงวิจัยพืชผัก คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี ฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2557 (ฤดูร้อน) และฤดูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือน กันยายน พ.ศ.2557 (ฤดูฝน) วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ มีปัจจัย A : ข้าวโพดหวานพันธุ์ ไฮ-บริกซ์ 3 และพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 ปลูกแบบแถวเดี่ยว ระยะปลูกระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ขนาดแปลงย่อย 3X3 เมตร จำนวน 30 แปลงๆละ 40 ต้น ปัจจัย B : (b1) ตำรับควบคุม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (100%) (b2) ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 37.5 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา 18.75 กิโลกรัมต่อไร่ (75%) + ปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (b3) ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 37.5 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา 18.75 กิโลกรัมต่อไร่ (75 %) + ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (b4) ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ (50 %) + ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ และ (b5) ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ (50 %) + ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ปุ๋ยเคมี 3 ครั้ง คือ สูตร 15-15-15 ใส่รองก้นหลุมก่อนปลูก 1 ครั้ง และใส่ปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46-0-0 จำนวน 2 ครั้ง เมื่ออายุ 20 และ 45 วัน หลังปลูก เริ่มบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตข้าวโพดหวาน ทั้ง 2 ฤดูปลูกทุกๆ10 วัน ตั้งแต่อายุ 20-50 วันหลังปลูก และเก็บผลผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 เมื่ออายุ 68 วันหลังปลูก เก็บผลผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 เมื่ออายุ 70 วันหลังปลูก เก็บข้อมูลความหวานโดยใช้เครื่องมือ Brix Refractometer วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง แบบ RCBD ของแต่ละฤดูปลูก และวิเคราะห์แบบ Combined Analysis ในแผนการทดลอง RCBD ของ 2 ฤดูปลูก ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของแต่ละตำรับการทดลอง

ผลการทดลอง

ความสูงต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางต้น ในระยะ 20-40 วัน หลังปลูก พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีการเจริญเติบโตด้านความสูง มากกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 โดยมีความแตกต่างกันทั้ง 2 ฤดูปลูก ($P<0.01$) แต่ในระยะ 30-50 วัน หลังปลูก พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มากกว่าพันธุ์ไฮบริกซ์ 3 โดยมีความแตกต่างกันทั้ง 2 ฤดูปลูก ($P<0.01$) การให้ปุ๋ย 5 ตำรับ ไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 2 ฤดูปลูก ($P\geq0.05$) ผลของฤดูปลูก พบว่าการปลูกข้าวโพดหวานในฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม) และฤดูฝน (กรกฎาคม-กันยายน) มีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) โดยการปลูกในฤดูร้อน มีการเจริญเติบโตด้านความสูง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มากกว่าฤดูฝน

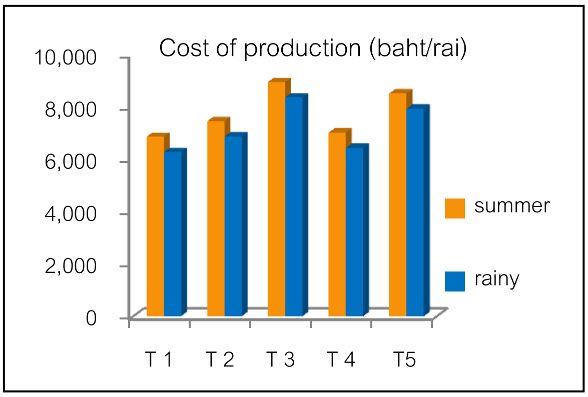
เปอร์เซ็นต์ความหวาน การปลูกข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ความหวานแตกต่างกันทั้งใน ฤดูร้อนและฤดูฝน ($P<0.01$) เมื่อวิเคราะห์ผลรวมของทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ ($P<0.01$) โดยพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีเปอร์เซ็นต์ความหวานมากกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 (13.39 และ 12.67 องศาบริกซ์ ตามลำดับ) การให้ปุ๋ย 5 ตำรับ ไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 2 ฤดูปลูก ($P\geq0.05$)

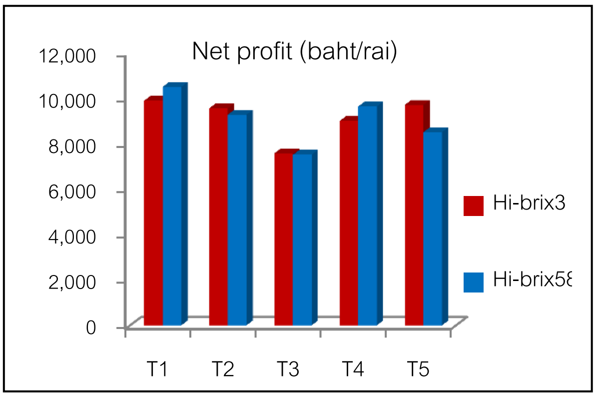
ผลของฤดูปลูก พบว่าการปลูกข้าวโพดหวานในฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม) และฤดูฝน (กรกฎาคม-กันยายน) มีเปอร์เซ็นต์ความหวานแตกต่างกัน (P<0.01) โดยการปลูกในฤดูฝน มีเปอร์เซ็นต์ความหวานมากกว่าฤดูร้อน (14.16 และ 11.90 องศาบริกซ์ ตามลำดับ) และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างฤดูปลูกกับพันธุ์ (P<0.05)

ผลผลิตฝักทั้งเปลือก ข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์ มีผลผลิตฝักรวมทั้งเปลือกไม่แตกต่างกันทั้ง 2 ฤดูปลูก (P≥0.05) และการให้ปุ๋ย 5 ตำรับ ไม่มีความแตกต่างกันทั้งใน 2 ฤดูปลูก (P≥0.05)
ผลของฤดูปลูก พบว่าการปลูกข้าวโพดหวานในฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม) และฤดูฝน (กรกฎาคม-กันยายน) มีผลผลิตฝักทั้งเปลือกแตกต่างกัน (P<0.01) โดยที่ฤดูร้อนมีผลผลิตฝักทั้งเปลือกมากกว่าฤดูฝน (3,217.44 และ 2,861.23 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ)

ผลผลิตฝักปอกเปลือก ข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์ มีผลผลิตฝักปอกเปลือกไม่แตกต่างกันในฤดูร้อน (P≥0.05) แต่มีความแตกต่างกันในฤดูฝน (P<0.01) โดยที่พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีผลผลิตฝักปอกเปลือก มากกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 (2,227.20 และ 2,031.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) เมื่อวิเคราะห์ผลรวมของทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ (P<0.01) โดยพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีผลผลิตฝักปอกเปลือก มากกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 (2,379.44 และ 2,233.43 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) และการให้ปุ๋ย 5 ตำรับ ไม่มีความแตกต่างกันทั้งใน 2 ฤดูปลูก (P≥0.05) ผลของฤดูปลูก พบว่าการปลูกข้าวโพดหวานในฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม) และฤดูฝน (กรกฎาคม-กันยายน) มีผลผลิตฝักปอกเปลือกแตกต่างกัน (P<0.01) โดยที่ฤดูร้อนมีผลผลิตฝักปอกเปลือก มากกว่าฤดูฝน (2,483.80 และ 2,129.07 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ)

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า ตำรับที่ 3 การให้ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนรวมสูงสุด ทั้ง 2 ฤดูปลูก (8,942 และ 8,357 บาท ตามลำดับ) และตำรับที่ 1 การให้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ มีต้นทุนรวมต่ำสุดทั้ง 2 ฤดูปลูก (6,850 และ 6,265 บาท ตามลำดับ) เมื่อคิดรายได้สุทธิทั้ง 2 พันธุ์ ตำรับที่ 1 มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยสูงสุดทั้ง 2 ฤดูปลูก





วิจารณ์ผล

ในระยะแรกเมื่ออายุ 20-40 วันหลังปลูก พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีเจริญเติบโตเร็วกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 แต่หลังจากปลูก 40 วันจนถึงระยะเก็บผลผลิต พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีการเจริญเติบโตมากกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 และวิธีการใส่ปุ๋ย ทั้ง 5 ตำรับ ไม่มีผลต่อการเจริญด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีเปอร์เซ็นต์ความหวานมากกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ทั้ง 2 ฤดูปลูก แต่วิธีการให้ปุ๋ย 5 ตำรับ ไม่มีผลต่อความหวาน ทั้ง 2 ฤดูปลูก ซึ่งสอดคล้องกับ ธิปไตย และวาสนา (2556) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ในอัตราตั้งแต่ 0-400 กิโลกรัมต่อไร่ โดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเลย ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความหวานแตกต่างกัน
ข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ มีผลผลิตทั้งเปลือกไม่แตกต่างกัน และวิธีการใส่ปุ๋ยแต่ละตำรับไม่มีผลต่อผลผลิตฝักทั้งเปลือก แต่ฤดูปลูกมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตในแต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน โดยในฤดูร้อนผลผลิตจะสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งในฤดูร้อนมีปัจจัยต่างๆ เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงของพืช เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ (ทรงศักดิ์, 2550) ภายใต้สภาพการดูแลจัดการให้น้ำอย่างเพียงพอ ผลผลิตข้าวโพดหวานจึงสูงกว่าในฤดูฝน
ข้าวโพดหวาน 2 พันธุ์ มีผลผลิตฝักปอกเปลือกไม่แตกต่างกันในฤดูร้อน แต่มีความแตกต่างกันในฤดูฝน โดยพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีผลผลิตฝักปอกเปลือก มากกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ทั้งนี้เนื่องจาก พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ซึ่งมีอายุวันผสมเกสรก่อนพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 และอยู่ในช่วงระยะเวลาที่มีปริมาณฝนตกหนัก น้ำฝนมีผลต่อการชะละอองเกสรออกจากยอดดอกตัวเมีย (Niclsen, 2011)

ส่งผลให้ฝักไม่สมบูรณ์ ผลผลิตฝักปอกเปลือกต่อไร่ จึงน้อยกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 ส่วนวิธีการให้ปุ๋ย 5 ตำรับ ไม่แตกต่างกันทั้งใน 2 ฤดูปลูก และผลของฤดูปลูกมีผลต่อผลผลิตฝักปอกเปลือก โดยฤดูร้อนมีผลผลิตฝักปอกเปลือกมากกว่าฤดูฝน

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ตำรับที่ 3 การให้ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราแนะนำ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนรวมสูงสุด ทั้ง 2 ฤดูปลูก เนื่องจากมีต้นทุนสูงในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง เพราะวัสดุบางชนิดที่อาจต้องซื้อและมีค่าแรงงานในการผลิต ในขณะที่ตำรับที่ 1 การให้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำเพียงอย่างเดียว มีต้นทุนรวมต่ำสุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เมื่อคิดกำไรสุทธิรวมทั้ง 2 พันธุ์ ทำให้ตำรับที่ 1 มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยสูงสุดทั้ง 2 ฤดูปลูก สอดคล้องกับ คำนึง และคณะ (2555) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ยังคงมีกำไรสุทธิมากกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าแต่ให้ผลผลิตในอัตราที่สูงกว่า

สรุปผล

ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 แต่ในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ความหวานแตกต่างกัน พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 มีเปอร์เซ็นต์ความหวานสูงกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ผลผลิตฝักทั้งเปลือกไม่แตกต่างกันทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน แต่ผลผลิตฝักปอกเปลือกมีความแตกต่างกันในฤดูฝน โดยพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 58 ผลผลิตฝักสูงกว่าพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 วิธีการให้ปุ๋ยทั้ง 5 ตำรับ ไม่มีผลต่อการเพิ่มความหวานและการเพิ่มปริมาณผลผลิตของข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ ฤดูกาลปลูกส่งผลกระทบต่อคุณภาพและผลผลิตข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ ฤดูฝนมีเปอร์เซ็นความหวานจะสูงกว่าฤดูร้อน ในขณะที่ฤดูร้อนให้ผลผลิตรวมต่อไร่สูงกว่าฤดูฝน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ที่ให้การช่วยเหลือในการทำแปลงทดลอง รวมถึงให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัย และขอบคุณสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2 ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ, 236 หน้า.

คำนึง แสงขำ หฤษฎี ภัทรดิลก และอัจฉรา จิตตลดกร, 2555, ผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อผลผลิตทางเศรษฐกิจของข้าวโพดหวาน พันธุ์อินทรี 2, เอกสารประกอบการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ, 11 หน้า.

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ ชไมพร เอกทรรศนาวรรณ และนพพงศ์ จุลจอหอ. 2554, ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในรอบ 20 ปี (พ.ศ. 2535-2554), การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 35, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 16-27.

ทรงศักดิ์ จุนถิระพงศ์, 2550, อุตุนิยมวิทยาเกษตร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 462 หน้า.

ธิปไตย ไตรโภค และวาสนา พรมนิล, 2556, ผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพและการไม่ไถพรวนร่วมกับพืชคลุมดินเพื่อการผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ในกลุ่มชุดดินที่ 4 จังหวัดพิจิตร, เอกสารการประชุมวิชาการกึ่งศตวรรษกรมพัฒนาที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพ, หน้า 247-257.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร [สืบค้น], http://www.oae.go.th/download/prcai/vegetable/sweet_corn52-53.pdf. [19/ January/ 17].

Niclsen, R.L., 2011, Ineffective Pollination. [Online], Available: https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/KernelSet.html [July 19, 2016].

Samuel, R. Walter, O. and Earl, R. 1982. Moderm Corn Production. A. and L. Publication. Illinois.

สารต้านอนุมูลอิสระและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของปลีกล้วยสด
Antioxidant and Antioxidant Ability in Fresh Banana Blossom

พิชญา ชื่นชม[1] วัฒนา อัจฉริยะโพธา[2] กิตติ โพธิปัทมะ[1] และ สมโภชน์ น้อยจินดา[1]
Chuenchom, P.[1], Aschariyaphotha, W.[2], Bodhipadma, K.[1] and Noichinda, S.[1]

Abstract

Fresh banana blossom after harvest had a very high amount of phenolics (16.4 mgGAE/gFW). The phenolics raised in both kept at room temperature and controlled temperature (RT, 5°C) after four days storage. Flavonoid content in banana blossom was 0.05 mg/gFW and slightly increased during storage. The ability to eliminate DPPH of banana blossom rose in relation to the number of phenolics and rising after four days storage. The present study showed that banana blossom quality was lower regarding to the firmness after storage, especially at room temperature. However, the storage of banana blossom under low temperature condition could delay the firmness.
Keywords: banana blossom, DPPH, phenolics, flavonoids

บทคัดย่อ

ปลีกล้วยสดภายหลังเก็บเกี่ยวมีปริมาณฟีนอลิกสูงมาก (16.4 mgGAE/gFW) ในส่วนของกาบใบและดอกอ่อน ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระหลังการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงโดยฟีนอลิกจะมีปริมาณสูงขึ้นในทั้งอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิที่ควบคุม (RT, 5°C) เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4 วัน ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ในปลีกล้วยมีค่าเท่ากับ 0.05 mg/gFW และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา ความสามารถในการกำจัด DPPH ของปลีกล้วยสูงขึ้นตามปริมาณฟีนอลิกและจะเพิ่มสูงขึ้นภายหลังเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน การศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าปลีกล้วยมีคุณภาพลดลงตามค่าความแน่นเนื้อเมื่อถูกเก็บรักษาโดยเฉพาะที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาปลีกล้วยภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพอุณหภูมิห้อง
คำสำคัญ: ปลีกล้วย DPPH ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์

คำนำ

ปลีกล้วย (banana blossom) คือส่วนช่อดอกของกล้วย เมื่อดอกเพศเมียเจริญเป็นผล ส่วนของปลีที่อยู่ตรงปลายจะถูกตัดออกจากเครือกล้วย เรียกว่า “หัวปลี” ซึ่งเป็นส่วนของพืชที่คนไทยนิยมรับประทาน โดยสามารถทานได้ทั้งเป็นผักสดหรือนำไปประกอบอาหาร เนื่องจากปลีกล้วยอุดมไปด้วยใยอาหาร รวมทั้งสารอาหารและธาตุที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีนคุณภาพสูงซึ่งมีกรดแอมิโนจำเป็นที่สมดุลดี แมกนีเซียม เหล็ก และทองแดง ดังนั้น หลาย ๆ ประเทศในแถบเอเชีย เช่น ประเทศศรีลังกา มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์จึงนิยมบริโภคปลีกล้วยเช่นเดียวกัน (Wickramarachchi และ Ranamukhaarachchi, 2005; Sheng และคณะ, 2010) นอกจากนี้ปลีกล้วยยังมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงและสารสกัดจากปลีกล้วยยังมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียอีกด้วย นอกจากการใช้ประโยชน์จากปลีกล้วยในทางวิทยาศาสตร์การอาหารด้านหนึ่งแล้ว ยังเป็นการช่วยลดของเสียจากพืชผลทางการเกษตรซึ่งส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมของประเทศอีกด้วย (Sheng และคณะ, 2010; Virabhakul และ Sutthanut, 2012) จากคุณค่าที่หลากหลายของปลีกล้วยดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของหัวปลีสดจากกล้วยน้ำว้าด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้อย่างกว้างขวาง เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิครวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของปลีกล้วยระหว่างการเก็บรักษาโดยหัวปลีสดมีการปลูกและจำหน่ายโดยทั่วไปในประเทศซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ยังไม่เป็นที่นิยมรับประทานมาก

[1]สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, บางซื่อ, กรุงเทพฯ 10800, ประเทศไทย
[1]Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand
[2]หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ.ปทุมธานี 13180, ประเทศไทย
[2]Biotechnology Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Phathum Thani 13180, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

นำปลีกล้วยพันธุ์น้ำว้าที่มีขนาดและความสดใกล้เคียงกันโดยซื้อจากตลาดสดเทเวศน์ นำมาคัดขนาดและบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ขนาด 16X24 นิ้ว เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวน 7 รู แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56% และอุณหภูมิต่ำ (5±2 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 84.5% เป็นระยะเวลา 8 วัน นำมาวิเคราะห์ความแน่นเนื้อโดยใช้เครื่อง texture analyzer ใช้ probe cylinder 25 มิลลิเมตร (Nugrahedi และคณะ, 2016) และสุ่มปลีกล้วยออกมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกรวม ดัดแปลงจากวิธีของ Singleton และ Rossi Jr. (1965) เนื้อปลีกล้วยบริเวณกาบสีขาวและดอกอ่อน 2 กรัม สกัดด้วยเอทานอล 80% ปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 rpm นาน 20 นาที นำส่วนใสมา 0.5 มิลลิลิตร เติมโฟลินรีเอเจนต์ 2.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7.5% 2 มิลลิลิตร บ่มในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

2. วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ ตามวิธีของ Chang และคณะ (2002) เนื้อปลีกล้วยบริเวณกาบสีขาวและดอกอ่อน 2 กรัม สกัดด้วยเมทานอล 100% กรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรอง Whatman No.1 จากนั้นดูดสารสกัดเมทานอล 1 มิลลิลิตร อลูมิเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10% 0.2 มิลลิลิตร โพแทสเซียมแอซิเทตความเข้มข้น 1 โมลาร์ 0.2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 5.6 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์กับกราฟมาตรฐานเควอซิติน

3. วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (Koleva และคณะ, 2002) เนื้อปลีกล้วยบริเวณกาบสีขาวและดอกอ่อน 1 กรัม สกัดด้วยเมทานอล 9 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง กรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรอง Whatman No.1 จากนั้นดูดสารสกัดเมทานอล 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ 1 มิลลิลิตร ตั้งไว้ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณปริมาณการต้านอนุมูลอิสระอธิบายตามสูตร

$$\% \text{ DPPH radical scavenging activity} = [(\text{Abs. of control} - \text{Abs. of sample}) / \text{Abs. of control}] \times 100$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมในปลีกล้วยพันธุ์น้ำว้าลดลงใน 2 วันแรก และหลังจากวันที่ 4 ก็มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยที่สภาพอุณหภูมิต่ำ (5±2 องศาเซลเซียส) เท่ากับ 39.24 mgGAE/gFW ซึ่งมากกว่าที่สภาพอุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) เท่ากับ 32.39 mgGAE/gFW (Figure 2A) เนื่องจากสารประกอบฟีนอลถูกสังเคราะห์ขึ้นจากเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานขึ้น (ศิริวรรณ, 2551) สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ในปลีกล้วยพันธุ์น้ำว้าเพิ่มขึ้นทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้อง แต่ที่อุณหภูมิต่ำมีปริมาณลดลงในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา (Figure 2B) ซึ่งฟลาโวนอยด์นี้นอกจากจะมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ แล้วยังสามารถยับยั้งเอนไซม์บางชนิดได้อีกด้วย เช่น prostaglandin synthase, lipoxygenase และ cyclooxygenase (Lee และคณะ, 1995) นอกจากนี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในปลีกล้วยพันธุ์น้ำว้าโดยวิธี DPPH radical scavenging assay ทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่ามีค่าลดลงในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 4 จนมีค่าสูงสุดในวันที่ 8 ซึ่งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้องมีเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระเป็น 77.09% และ 71.95% (Figure 2C) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของสารประกอบฟีนอลรวมและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่เพิ่มขึ้นเช่นกันในระหว่างการเก็บรักษา ในแง่ของความแน่นเนื้อ พบว่าที่อุณหภูมิต่ำมีค่าความแน่นเนื้อลดลงในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาและหลังจากนั้นก็เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนที่อุณหภูมิห้องพบว่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 2 และ 4 ของการเก็บรักษา และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 6 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 298.91 นิวตัน มากกว่าอุณหภูมิห้องที่มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 264.97 นิวตัน (Figure 2D) ซึ่งที่สภาพอุณหภูมิต่ำมีส่วนในการช่วยรักษาความกรอบของผลปลีกล้วยสด

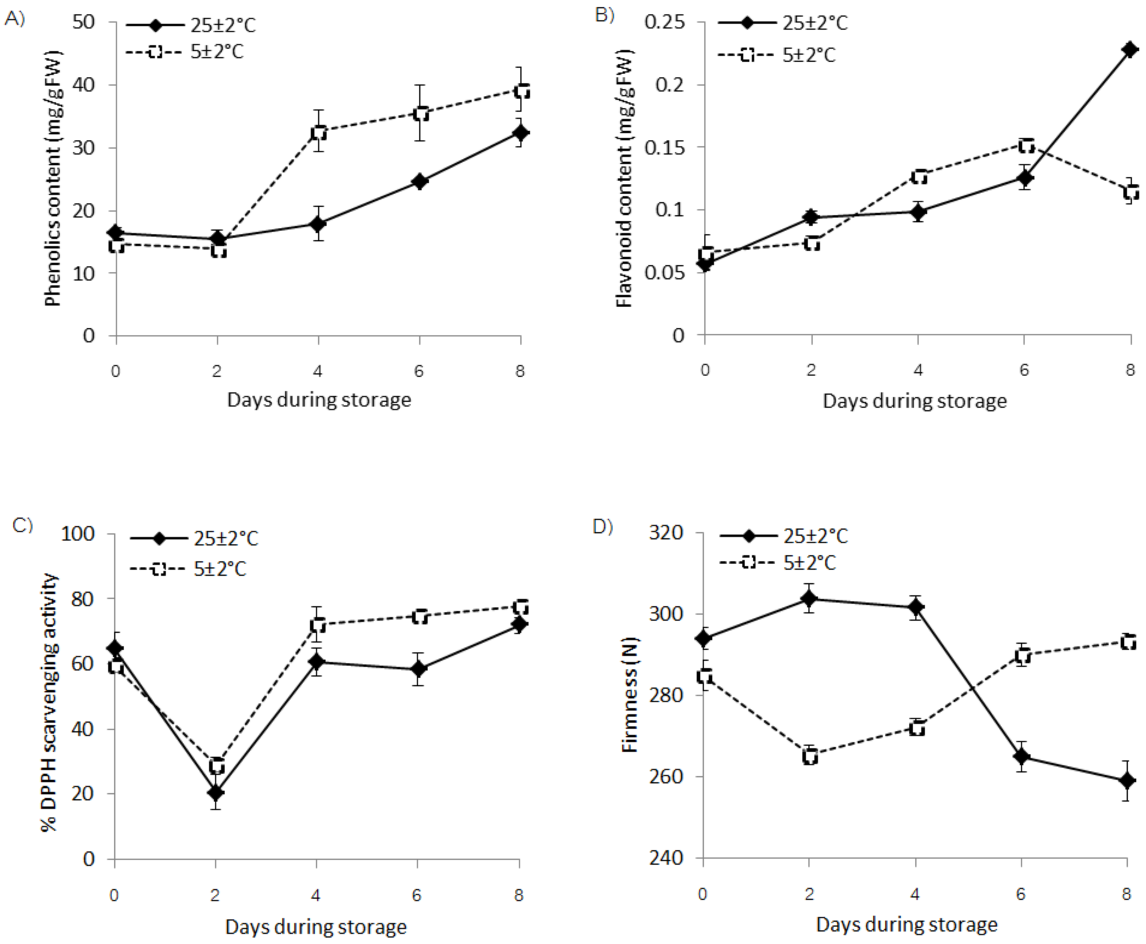


Figure 2 Phenolic content (A), flavonoid (B), %DPPH scavenging activity (C) and firmness (D) in banana blossom of banana (*Musa sapientum* L. cv. 'Nam Wa')

สรุปผล

ปลีกล้วยจัดเป็นพืชผักที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอล และปริมาณฟลาโวนอยด์สูง ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยการกำจัด DPPH มีค่าประมาณร้อยละ 70 โดยปลีกล้วยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้มากกว่าที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง ดังนั้นสภาวะของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบต่าง ๆ ภายในปลีกล้วย รวมถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

ศิริวรรณ แดงฉ่ำ, 2551, ลักษณะของเอนไซม์และฟีนอลิกที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเปลือกผล มังคุดหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ, วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (พืชสวน), ภาควิชาพืชสวน.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J., 2002, Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods, Journal Food Drug Analysis, 10: 178–182.

Koleva, I.I., Van Beek, T.A., Linssen, J.P.H., de Groot, A. and Evstatieva, L.N., 2002, Screening of Plant Extracts for Antioxidant Activity: a Comparative Study on Three Testing Methods, Phytochemical Analysis,13: 8–17.

Lee, Y., Howard, L.R. and Villalon, B., 1995, Flavonoids and Antioxidant Activity of Fresh Pepper (*Capsicum annuum*) Cultivars, Journal of Food Science, 60: 473–476.

Nugrahedi, P.Y., Dekker, M., Widianarko, B. and Verkerk, R., 2016, Quality of Cabbage during Long Term Steaming: Phytochemical, Texture and Colour Evaluation, Food Science and Technology, 65: 421–427.

Sheng, Z.-W., Ma, W.-H., Jin, Z.-Q., Bi, Y., Sun, Z.-G., Dou, H.-T., Gao, J.-H., Li, J.-Y. and Han, L.-N., 2010, Investigation of Dietary Fiber, Protein, Vitamin E and Other Nutritional Compounds of Banana Flower of Two Cultivars Grown in China, African Journal of Biotechnology, 9(25): 3888–3895.

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

Virabhakul, V. and Sutthanut, K., 2012, Screening of Cosmeceutical Activities of *Musa sapientum* L Blossom Extracts, Proceedings of the 13th Graduate Research Conference Khon Kaen University, 17 February 2012, Graduate School, Khon Kaen University , Khon Kaen, pp. 803–812.

Wickramarachchi, K.S. and Ranamukhaarachchi, S.L., 2005, Preservation of Fiber-rich Banana Blossom as a Dehydrated Vegetable, ScienceAsia, 31: 265–271.

ผลของการแปรรูปด้วยความร้อนต่อคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไย

Effect of Thermal Processing on Qualities and Sensorial Acceptance of Longan Juice

พิทยา ใจคำ[1] และ ปิยธิดา สุดเสนาะ[1]

Chaikham, P.[1] and Sudsanor, P.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the changes of microbiological, physicochemical and antioxidant properties of longan juice from fresh fruits as affected by pasteurization at 90°C for 1-5 min. Consumer acceptance was also evaluated. It was found that all indicator microorganisms including total plate counts, yeasts & moulds and fecal coliforms completely eliminated after pasteurization for 1 min. The color parameters showed that brownness of longan juice significantly increased when the processing times rose, which was highly related with the formation of hydroxymethylfurfural (HMF) in the samples. In addition, the levels of ascorbic, total phenolic compounds and antioxidant capacity (DPPH and FRAP assays) also apparently declined as compared with the unprocessed juice. For sensory evaluation, the liking scores of overall acceptability of the heated juices were notably lower than the control.

Keywords: longan juice, thermal processing, physicochemical qualities, sensorial acceptance

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติด้านจุลิชีววิทยา ด้านเคมีกายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของน้ำลำไยจากผลสดที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1-5 นาที นอกจากนั้นยังศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อีกด้วย โดยพบว่าจุลินทรีย์ชี้วัดต่างๆ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และฟีคอลโคลิฟอร์มถูกทำลายจนหมดหลังจากพาสเจอไรซ์เป็นเวลา 1 นาที จากค่าพารามิเตอร์ของค่าสีพบว่าความเป็นสีน้ำตาลของน้ำลำไยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาในการแปรรูปเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการเพิ่มขึ้นของไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูราลในตัวอย่าง นอกจากนั้นยังพบว่าประมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH และ FRAP) ก็ลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแปรรูป จากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบโดยรวมของน้ำลำไยที่ผ่านการแปรรูปด้วยการพาสเจอไรซ์มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างชุดควบคุม

คำสำคัญ: น้ำลำไย การแปรรูปด้วยความร้อน คุณภาพทางเคมีกายภาพ การยอมรับทางประสาทสัมผัส

บทนำ

ลำไย (*Euphoria longana* Lam.) เป็นไม้ผลที่พบทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งร้อนของเอเชีย เป็นไม้พื้นเมืองของอินเดียและพม่า ถูกนำไปปลูกในเกาะมลายู ประเทศจีนตอนใต้ และแพร่ไปยังเขตร้อนของอเมริกาแถบทางตอนใต้ของแคลิฟอร์เนีย และฟลอริดา (Menzel และคณะ, 1995) การปลูกลำไยเพื่อการค้าอยู่ในประเทศจีนตอนใต้ ภาคกลางของไต้หวัน และทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยจังหวัดที่ปลูกลำไยมาก ได้แก่ ลำพูน เชียงใหม่ เชียงราย แพร่ น่าน ลำปาง และตาก (Rangkadilok และคณะ, 2005) ลำไยเป็นผลไม้ชนิดnon-climacteric fruit มีรสหวาน มีกลิ่นหอม ไม่มีรสเปรี้ยว มีความหวานประมาณ 16-20 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ (pH) 6.7-6.9 เนื้อลำไยยังอุดมไปด้วยสารสำคัญต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อาทิเช่น กรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) (Chaikham และ Apichartsrangkoon, 2012) และสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดเอลลาจิก (ellagic acid) และคอริลาจิน (corilagin) ซึ่งเป็นสารที่ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและป้องกันการเกิดมะเร็ง (Chaikham และ Apichartsrangkoon, 2012; Rangkadilok และคณะ, 2005) ลำไยพันธุ์อีดอถือว่าเป็นพันธุ์ที่ชาวสวนนิยมปลูกมากที่สุด เนื่องจากราคาดี เป็นพันธุ์ที่ตลาดต่างประเทศนิยม และเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น อบแห้ง น้ำพร้อมดื่ม น้ำเข้มข้น แช่แข็ง แช่อิ่ม

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

และลำไยกระป๋อง เป็นต้น จะเห็นได้ชัดว่าปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากลำไยมีความหลากหลายมากขึ้น แต่น้ำลำไยจากผลสดยังไม่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลระยะเวลาการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพของน้ำลำไยจากผลสด โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลลำไยสดมาล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 2 ครั้ง ก่อนนำไปปอกเปลือกและคว้านเอาเมล็ดออก นำเนื้อลำไยที่ได้มาคั้นด้วยเครื่องแยกกาก และกรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำลำไยที่ได้มาผสมกับน้ำดื่มที่อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร และปรับให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) เท่ากับ 12 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลฟรุกโตส บรรจุส่วนผสมที่ได้ลงในถุงทนความร้อน (retort pouch) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1-5 นาที เมื่อให้ความร้อนแก่ตัวอย่างได้ตามระยะเวลาที่กำหนด ให้นำตัวอย่างออกมาแช่ในน้ำผสมน้ำแข็ง เพื่อลดอุณหภูมิของตัวอย่างลงให้เร็วที่สุด นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ต่อไป

วิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา รวมทั้งฟีคอลโคลิฟอร์ม (U.S. Food and Drug Administration, 2001) วิเคราะห์ค่าสี *L** (ความสว่าง), *a** (ความเป็นสีแดง) และ *b** (ความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus, USA) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความแตกต่างของค่าสีทั้งหมด (total different colors, ΔE) และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index, BI: BI = (100(x - 0.31))/0.172, เมื่อ x = (a^* + 1.75L^*)/(5.645L^* + a* - 3.012b^*) ตามวิธีของ Ferrari และคณะ (2010) วิเคราะห์หาปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูราล (hydroxymethylfurfural, HMF) และกรดแอสคอร์บิกด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC; LC-10AD, Shimadzu, Japan) คอลัมน์ C18 reverse phase (YMC-Pack ODS-AM, 5 μm, 4.6 mm ID × 250 mm; YMC, Japan) ตามวิธีที่อ้างอิงของ Chaikham และคณะ (2013) และ Chaikham และ Apichartsrangkoon (2012) ตามลำดับ นอกจากนั้นยังวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin–Ciocalteu method และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP method โดยใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Lambda Bio-20, Perkin Elmer, USA) ตามวิธีที่อ้างอิงของ Chaikham และ Prangthip (2015) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทาการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ตามวิธี 9-point hedonic scale test วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาพบว่าตัวอย่างน้ำลำไยที่ไม่ผ่านการแปรรูป (น้ำลำไยที่มีการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดแล้ว) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เท่ากับ $6.84 \pm 1.34 \times 10^5$ และ $1.48 \pm 0.69 \times 10^3$ CFU/ml ตามลำดับ และตรวจไม่พบฟีคอลโคลิฟอร์ม เมื่อทำการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างๆ (1-5 นาที) พบว่า ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ชี้วัดทั้ง 3 กลุ่ม ตั้งแต่การฆ่าเชื้อนาทีที่ 1 แสดงว่าน้ำลำไยที่ผ่านการแปรรูปทุกหน่วยการทดลองมีความปลอดภัยเหมาะแก่การบริโภคและวางจำหน่าย จากการวิเคราะห์ค่าสีและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่า ตัวอย่างน้ำลำไยมีค่า *a**, *b**, ΔE แล BI เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแปรรูปเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี *L** มีค่าลดลง (Table 1) แสดงว่า เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นตัวอย่างน้ำลำไยจะมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) จะเห็นได้ชัดว่าการเกิดสีน้ำตาลของน้ำลำไยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูราล (Table 2) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้สีน้ำตาลในตัวอย่าง (Fennema, 1996)

จาก Table 2 พบว่า ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH และ FRAP) มีค่าลดลงตามระยะเวลาแปรรูปที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน ดังนั้นสารดังกล่าวจึงมีปริมาณลดลง ซึ่งการลดลงของกรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์ค่อนข้างมากกับการลดลงของค่ากิจกรรมในการต้านอนุมูล

อิสระของตัวอย่าง (Chaikham และ Apichartsrangkoon, 2012) จากการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านต่างๆ (Table 3) ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยพบว่าน้ำไยที่ผ่านการแปรรูปด้วยการพาสเจอไรซ์เป็นเวลา 1 นาที (5.37 – 6.32 คะแนน) มีคะแนนความชอบทุกด้านต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแปรรูป (7.61-8.03 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีคะแนนลดลงเมื่อเวลาให้ความร้อนเพิ่มขึ้น (3.50 – 5.21 คะแนน) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคะแนนความชอบด้านสี (3.95 – 4.24 คะแนน) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของผู้วิจัยก่อนหน้านี้ในเครื่องดื่มสกัดจากลำไย ใบบัวบก และข้าวมีสี (Chaikham และคณะ, 2014)

สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาในการพาสเจอไรซ์เพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำลำไยมีความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งทำให้มีสารประกอบไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูราลในตัวอย่างเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ(วิธี DPPH และ FRAP) รวมทั้งการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคมีค่าลดลงตามระยะเวลาการแปรรูปที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามน้ำลำไยที่ผ่านการพาสเจอไรซ์เป็นเวลา 1 นาที ยังคงมีคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยังพอรับได้ ซึ่งอาจจะนำไปใช้ต่อยอดในทางการค้าได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Chaikham, P. and Apichartsrangkoon, A., 2012, Comparison of Dynamic Viscoelastic and Physicochemical Properties of Pressurised and Pasteurised Longan Juices with Xanthan Addition, Food Chemistry, 134(4): 2194-2200.

Chaikham, P. and Prangthip, P., 2015, Physical and Biochemical Properties of Yanang Juice Mixed with Longan Flower-Honey Following High Pressure Processing, International Food Research Journal, 22(4): 1607-1614.

Chaikham, P., Kreungngern, D. and Apichartsrangkoon, A., 2013, Combined Microwave and Hot Air Convective Dehydration on Physical and Biochemical Qualities of Dried Longan Flesh, International Food Research Journal, 20(5): 2145-2151.

Chaikham, P., Worametrachanon, S. and Apichartsrangkoon, A., 2014, Effects of High Pressure and Thermal Processing on Phytochemical, Color and Microbiological Qualities of Herbal-Plant iInfusion, International Food Research Journal, 21(1): 51-57.

Fennema, O.R., 1996, Food Chemistry (2nd ed.), New York, Marcel Dekker, Inc.

Ferrari, G., Maresca, P. and Ciccarone, R., 2010, The Application of High Hydrostatic Pressure for the Stabilization of Functional Foods: Pomegranate Juice. Journal of Food Engineering, 100: 245–253.

Menzel, C., Watson, B. and Simpson, D., 1995, Longan (*Euphoria longan*). In R. Fletcher (Ed.), The Australia new crops newsletter. Australia: School of Land and Food Sciences, The University of Queensland Gatton College

Rangkadilok, N., Worasuttayangkurn, L., Bennett, R.N. and Satayavivad, J., 2005, Identification and Quantification of Polyphenolic Compounds in Longan (*Euphoria longana* Lam.) Fruit, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1387-1392.

U.S. Food and Drug Administration, 2001, Bacteriological Analytical Manual (BAM), Department of Health and Human Services, New Hampshire Avenue, Washington, DC.

Table 1 Effect of pasteurization on color parameters and acidity of longan juice

Samples	Color parameters				
	*L**	*a**	*b**	ΔE	BI
Fresh juice	59.49 ± 0.63[a]	0.18 ± 0.03[f]	5.68 ± 0.05[f]	-	9.90 ± 0.20[f]
PAS 1 min	54.10 ± 0.60[b]	1.09 ± 0.06[e]	7.19 ± 0.13[e]	5.68 ± 0.99[e]	15.24 ± 0.16[e]
PAS 2 min	51.34 ± 0.83[c]	1.64 ± 0.10[d]	8.88 ± 0.17[d]	8.88 ± 0.18[d]	20.71 ± 0.46[d]
PAS 3 min	48.05 ± 0.68[d]	1.89 ± 0.07[c]	9.40 ± 0.24[c]	12.16 ± 1.18[c]	23.95 ± 0.17[c]
PAS 4 min	46.06 ± 0.73[e]	2.11 ± 0.03[b]	10.42 ± 0.53[b]	14.38 ± 0.87[b]	28.20 ± 1.56[b]
PAS 5 min	43.70 ± 0.74[f]	2.38 ± 0.06[a]	12.70 ± 0.51[a]	17.42 ± 0.84[a]	37.26 ± 2.03[a]

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications. PAS is pasteurization.

Table 2 Effect of pasteurization on HMF concentration and antioxidant properties of longan juice

Samples	HMF (ppm)	Ascorbic acid (mg/100 ml)	Total phenolics (mg GAE/100 ml)	DPPH inhibition (%)	FRAP value (mM $FeSO_4$/ml)
Fresh juice	0.00 ± 0.00[f]	43.86 ± 1.48[a]	97.66 ± 5.75[a]	45.17 ± 1.39[a]	24.60 ± 1.45[a]
PAS 1 min	1.04 ± 0.02[e]	30.10 ± 2.05[b]	83.68 ± 4.02[b]	40.19 ± 0.78[b]	18.15 ± 1.03[b]
PAS 2 min	2.16 ± 0.05[d]	21.95 ± 1.07[c]	75.19 ± 1.92[c]	38.06 ± 1.01[c]	14.97 ± 1.16[c]
PAS 3 min	4.53 ± 0.01[c]	18.42 ± 0.92[d]	69.02 ± 0.64[e]	37.31 ± 2.35[cd]	13.02 ± 0.95[cd]
PAS 4 min	6.02 ± 0.03[b]	14.03 ± 2.57[e]	65.53 ± 5.13[f]	35.94 ± 1.82[de]	12.68 ± 2.04[d]
PAS 5 min	9.14 ± 0.03[a]	10.67 ± 0.42[f]	58.19 ± 2.56[g]	34.62 ± 0.55[e]	10.79 ± 1.28[d]

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications. PAS is pasteurization.

Table 3 Liking scores of sensorial attributes of pasteurized longan juice

Samples	Appearance	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
Fresh juice	8.03 ± 0.87[a]	7.84 ± 0.43[a]	7.61 ± 0.41[a]	7.65 ± 0.50[a]	7.71 ± 0.61[a]
PAS 1 min	6.32 ± 0.71[b]	5.49 ± 0.55[b]	5.37 ± 0.34[b]	5.54 ± 0.43[b]	5.84 ± 0.38[b]
PAS 2 min	5.14 ± 0.58[c]	4.16 ± 0.40[c]	4.24 ± 0.51[c]	5.21 ± 0.55[b]	5.03 ± 0.37[c]
PAS 3 min	4.03 ± 0.63[d]	3.47 ± 0.54[d]	3.95 ± 0.62[d]	4.22 ± 0.33[c]	4.06 ± 0.41[d]
PAS 4 min	4.15 ± 0.74[d]	3.65 ± 0.62[d]	4.11 ± 0.43[d]	4.06 ± 0.57[c]	4.12 ± 0.50[d]
PAS 5 min	4.01 ± 0.70[d]	3.50 ± 0.43[d]	4.00 ± 0.39[d]	4.17 ± 0.45[c]	4.05 ± 0.41[d]

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications. PAS is pasteurization.

ผลของมอลโตเดกซ์ตรินต่อคุณภาพของแกนสับปะรดทอดสุญญากาศ

Effect of Maltodextrin on Qualities of Vacuum Fried Pineapple Core

สิรินาถ ตัณฑเกษม[1] และ อภิญญา เจริญกูล[1]

Tantakasem, S.[1] and Charoenkul, A.[1]

Abstract

Pineapple core is an industrial waste but a good resource of antioxidant and dietary fiber. Vacuum fried products have higher qualities of color, flavor, nutrition and also crispiness but lower in oil uptake. This research is to study of soaking solution which were control (no soaking), syrup (25% sucrose and 0.15% citric acid), 15% maltodextrin, 30% maltodextrin, 15% maltodextrin syrup and 30% maltodextrin syrup. All vacuum fried pineapple core had no significant different in %yield. Vacuum fried pineapple core with 15 and 30% maltodextrin syrup had higher a*, b*, Chroma, moisture and density, but lower L*, Hue and oil content. Vacuum fried pineapple core with 15% maltodextrin had the lowest sensory scores. Vacuum fried pineapple core with 30% maltodextrin and 30% maltodextrin syrup had higher cutting force. The optimum soaking solution was 15% maltodextrin syrup due to lower cutting force and oil content an also the highest in flavor and overall acceptability sensory scores.

Keywords: pineapple core, vacuum fried, maltodextrin

บทคัดย่อ

แกนสับปะรดที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม แต่เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระและเส้นใย การทอดสุญญากาศคงคุณภาพด้านสี กลิ่นรส คุณค่าทางอาหาร และความกรอบ แต่ดูดซับน้ำมันน้อยกว่า งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการแช่สารละลายคือ สูตรควบคุม (ไม่แช่) สูตรแช่น้ำเชื่อม (น้ำตาลซูโครส 25% และกรดซิตริก 0.15%) สูตรแช่มอลโตเดกซ์ตริน 15 และ 30% และสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน 15 และ 30% พบว่าแกนสับปะรดทอดสุญญากาศมีค่า %yield ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แกนสับปะรดทอดสุญญากาศสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน 15 และ 30% มีค่า a* b* Chroma ความชื้นและความหนาแน่นสูงกว่า แต่มีค่า L* Hue และปริมาณน้ำมันต่ำกว่า สูตรแช่มอลโตเดกซ์ตริน 15% มีคะแนนทางประสาทสัมผัสต่ำสุด แกนสับปะรดทอดสุญญากาศสูตรแช่มอลโตเดกซ์ตริน 30% และน้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน 30% มีค่าแรงตัดขาดสูงขึ้น สูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน 15% เป็นสูตรที่เหมาะสมเนื่องจากมีค่าแรงตัดขาดและปริมาณน้ำมันต่ำ และมีคะแนนกลิ่นรส และความชอบโดยรวมสูงสุด

คำสำคัญ: แกนสับปะรด ทอดสุญญากาศ มอลโตเดกซ์ตริน

คำนำ

ขนมขบเคี้ยวโดยส่วนใหญ่มักทำมาจากพืชหัวและธัญพืชซึ่งเป็นวัตถุดิบประเภทแป้งและใช้วิธีการทอดจึงมักทำให้ขนมขบเคี้ยวให้พลังงานสูง แต่มีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างน้อย (Da Silva และ Moreira, 2008) ในขณะที่แกนสับปะรดเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม ซึ่งแกนสับปะรดนั้นเป็นแหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระจึงช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันและยังอุดมไปด้วยเส้นใยอาหารซึ่งมีส่วนช่วยในกระบวนการขับถ่ายและป้องกันการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ได้ แต่เนื่องจากแกนสับปะรดมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้าง จึงไม่นิยมนำมารับประทาน (Kongsuwan และคณะ, 2009; Perez-Tinoco, และคณะ, 2008; Prakongpan และคณะ,2002; Upadhyay และคณะ, 2010) นอกจากนี้การทอดสุญญากาศเป็นการทอดในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งทำให้น้ำมันเกิดการเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส จึงช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร เช่น สี กลิ่น และรสชาติ และเกิดการสูญเสียวิตามินและสารอาหารจากปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยกว่า อีกทั้งผลิตภัณฑ์ยังมีการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าการทอดในสภาวะปกติ และลดการเกิดสารอะคริลาไมด์ (Acrylamide) อีกด้วย

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย วิภาวดีรังสิต กรุงเทพมหานคร 10400

[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Vibhavadee-Rangsit, Bangkok, Thailand 10400

(Andres-Bello และคณะ, 2011; Moreira, 2014) ผู้วิจัยจึงนำแกนสับปะรดที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยนำแกนสับปะรดมาทอดสุญญากาศ เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส โดยลดความแข็งกระด้างของแกนสับปะรด ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบซึ่งจะทำให้เคี้ยวได้ง่ายขึ้น ทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แกนสับปะรดและเพิ่มคุณค่าให้กับขนมขบเคี้ยวทำให้เป็นขนมขบเคี้ยวที่มีเส้นใยอาหารสูง การแช่น้ำเชื่อมนอกจากเป็นการเพิ่มรสชาติให้กับแกนสับปะรดแล้ว ยังเป็นการช่วยดึงน้ำออกจากอาหาร (Osmotic dehydration) อีกด้วย มอลโตเดกซ์ตรินนิยมใช้เป็นสารเพิ่มมวล (Bulking agent) และมีการศึกษาการแช่ผักผลไม้บางชนิดในมอลโตเดกซ์ตรินก่อนนำไปทอดสุญญากาศ (Diamante และคณะ, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการใช้น้ำเชื่อมร่วมกับมอลโตเดกตรินซ์ ในการแช่แกนสับปะรดต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของแกนสับปะรดทอดสุญญากาศ

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแกนสับปะรดโดยนำแกนสับปะรดพันธุ์ศรีราชาจากตลาดห้วยขวางมาทำการล้างและตัดแต่งให้มีขนาด 1x1x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วแช่ในสารสะลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมงใช้อัตราส่วนแกนสับปะรดต่อสารละลาย เท่ากับ 1:1 โดยแปรวิธีการแช่สารละลายเป็น 5 สูตร สูตรแช่น้ำเชื่อม (น้ำตาลซูโครส 25% และกรดซิตริก 0.15%) สูตรแช่มอลโตเดกซ์ตริน (Maltodextrin 18 DE, บริษัท ไทยฟูด แอนด์ เคมิคอล จำกัด) 15 และ 30% โดยน้ำหนัก และสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตรินที่ความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตริน 15 และ 30% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ไม่แช่สารละลาย) แล้วทอดในน้ำมันปาล์มแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 25 นาที เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง (28°C) วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่า %yield ค่าความหนาแน่น ค่าปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ปริมาณน้ำมันโดยวิธี Soxhlet extraction (AOAC, 2000) ค่าแรงตัดขาดโดยใช้เครื่อง Lloyd Texture Analyzer รุ่น LRX ค่าสีโดยใช้เครื่อง HunterLab Digital Colorimeter รุ่น Color Flex วางแผนการทดลองแบบ Complete randomized design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แกนสับปะรดทอดสุญญากาศทุกสูตร มีปริมาณ %yield ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่พบว่าสูตรมอลโตเดกซ์ตรินและสูตรน้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตรินมีค่า %yield สูงกว่าสูตรน้ำเชื่อมและสูตรควบคุมเล็กน้อย (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มมวล ส่วนในด้านความหนาแน่น พบว่าแกนสับปะรดทอดสุญญากาศสูตรแช่น้ำเชื่อม และสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตรินมีความหนาแน่นไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ขณะที่แกนสับปะรดทอดสุญญากาศสูตรแช่น้ำเชื่อมและสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตรินมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าสูตรแช่มอลโตเดกซ์ตรินเพียงอย่างเดียวในระดับความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตรินที่เท่ากันเนื่องจากน้ำตาลซูโครสมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่ามอลโตเดกซ์ตรินจึงแพร่เข้าสู่เนื้อของแกนสับปะรดได้มากกว่า แกนสับปะรดทอดสุญญากาศสูตรควบคุมและสูตรแช่น้ำเชื่อมเพียงอย่างเดียว มีค่าแรงตัดขาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และไม่ต่างจากสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน 15% และสูตรแช่มอลโตเดกซ์ตริน 30% เพียงอย่างเดียว โดยสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน 15% มีค่าแรงตัดขาดที่ต่ำกว่า เนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินและผลึกของน้ำตาลมีการจับตัวกันในชิ้นแกนสับปะรด จึงมีส่วนช่วยทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น (Chiau และคณะ,2013) แกนสับปะรดทอดสุญญากาศสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน มีปริมาณความชื้นสูงกว่าสูตรควบคุมและสูตรแช่น้ำเชื่อมหรือสูตรแช่มอลโตเดกซ์ตรินเพียงอย่างเดียว เนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินและน้ำตาลยึดจับโมเลกุลของน้ำอิสระไว้ จึงทำให้ปริมาณความชื้นของแกนสับปะรดทอดสุญญากาศมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เกิน 20% โดยน้ำหนักแห้ง หรือ 0.2 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะทำให้มีค่า Aw ต่ำกว่า 0.75 และจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Chiau และคณะ,2013) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันพบว่าการใช้น้ำเชื่อมร่วมกับมอลโตเดกซ์ตรินส่งผลให้แกนสับปะรดทอดสุญญากาศมีปริมาณน้ำมันต่ำกว่าการใช้น้ำเชื่อมหรือมอลโตเดกซ์ตรินเพียงอย่างเดียว โดยปริมาณน้ำมันจะมีค่าลดลงตามปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่เพิ่มขึ้น (Diamante และคณะ, 2011)

แกนสับปะรดทอดสุญญากาศสูตรแช่น้ำเชื่อมที่เติมมอลโตเดกซ์ตริน มีค่าความสว่าง (L*)และ Hue ลดลง ในขณะที่มีค่า a*, b* และ Chroma เพิ่มสูงขึ้น (Table 2) ขณะที่สูตรควบคุม และสูตรแช่น้ำเชื่อมหรือสูตรแช่มอลโตเดกซ์

ตริน เพียงอย่างเดียว มีค่าความสว่าง (L*) และค่าHue สูง แต่มีค่า a*, b* และ Chroma ต่ำ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้สารละลายน้ำเชื่อมร่วมกับมอลโตเดกซ์ตรินส่งผลให้แกนสับปะรดทอดสุญญากาศมีสีเหลืองมากขึ้น

แกนสับปะรดทอดสุญญากาศทุกสูตรมีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Table 3) ยกเว้นสูตรแช่มอลโตเดกซ์ตริน 15% เพียงอย่างเดียวได้รับคะแนนความชอบน้อยว่าสูตรอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแช่มอลโตเดกซ์ตริน15% เพียงอย่างเดียว และไม่มีการแช่ในน้ำเชื่อมจึงส่งผลต่อรสชาติด้านความหวาน เนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินมีความหวาน 0.21 เท่า ของน้ำตาลซูโครส (Hull, 2010) จึงทำให้ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมน้อยกว่าสูตรอื่นๆ

สรุปผล

การใช้น้ำเชื่อม (น้ำตาลซูโครส 25% และกรดซิตริก0.15%) ร่วมกับมอลโตเดกซ์ตริน15% ทำให้แกนสับปะรดทอดสุญญากาศมีค่าความหนาแน่น ความชื้นและค่าสี a*, b* และ Chroma เพิ่มสูงขึ้น แต่มีค่าความสว่าง (L*)และค่าเฉดสี (Hue) ลดลง มีค่าแรงตัดขาดและปริมาณน้ำมันต่ำ มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงสุด ดังนั้นจึงสามารถใช้น้ำเชื่อมร่วมกับมอลโตเดกซ์ตริน15% ในการแช่แกนสับปะรดก่อนการทอดสุญญากาศ

เอกสารอ้างอิง

Andres-Bello, A., Garcia-Segovia, P. and Martimez-Monzo, J., 2011, Vacuum Frying: An Alternative to Obtain High-Quality Dried Products, Food Engineering Reviews, 3: 63-78.

AOAC International, 2000, Official methods of analysis of AOAC International, 17th ed., Association of Analytical Communities, Gaithersburg, Maryland, 2200p.

Chiau, E., Francisco, J. Da Cruz, Bergenståhl, B. and Sjöholm, I., 2013, Softening of Dried *Vangueria infausta* (African medlar) using Maltodextrin and Sucrose, African Journal of Food Science, 7(10): 382-391.

Da Silva, P.F. and Moreira, R., 2008, Vacuum Frying of High-Quality Fruit and Vegetable -Based Snacks, Food Science and Technology, 41(10): 1758-1767.

Diamante, L.M., Presswood, H.A., Savage, G.P. and Vanhanen, L., 2011, Vacuum Fried Gold Kiwifruit: Effects of Frying Process and Pretreatment on the Physico-Chemical and Nutritional Qualities, International Food Research Journal, 18: 643-649.

Hull, P., 2010, Glucose Syrups: Technology and Applications, John Wiley & Sons, 392p.

Kongsuwan, A., Suthiluk, P., Theppakorn,T. Srilaong, V. and Setha, S., 2009, Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of Phulae and Nanglae Pineapple, Asian Journal of Food and Agro-Industry, Special Issue:S44-S50.

Moreira, R.G., 2014, Vacuum Frying versus Conventional Frying – An Overview, European Journal of Lipid Science and Technology, 116: 723–734.

Perez-Tinoco, M.R., Perez, A., Salgado-Cervantes, M., Reynes, M. and Vaillant, F., 2008, Effect of Vacuum Frying on Main Physicochemical and Nutritional Quality Parameters of Pineapple Chips, Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(6): 945-953.

Prakongpan, T., Nitithamyong, A. and Luangpituksa, P., 2002, Extraction and Application of Dietary Fiber and Cellulose from Pineapple Cores, Journal of Food Science, 67(4): 1308-1313.

Upadhyay, A., Lama, J.P. and Tawata, S., 2010, Utilization of Pineapple Waste: A Review, Journal of Food Science and Technology Nepal, 6: 10-18.

Table 1 Percentage yield, density, cutting force, percentage moisture and percentage oil content of vacuum fried pineapple core.

Treatment	Yield (%)	Bulk density (g/cm^3)	Cutting force (N)	Moisture (%)	Oil content (%)
Control	82.03 ± 0.01^a	10.00 ± 0.01^{ab}	22.51 ± 1.26^c	2.05 ± 0.11^d	13.44 ± 0.08^c
Syrup	82.43 ± 0.01^a	10.00 ± 0.01^{ab}	21.01 ± 0.57^c	2.25 ± 0.35^{cd}	12.68 ± 0.19^d
15% Maltodextrin	83.01 ± 0.01^a	8.00 ± 0.01^b	32.00 ± 1.69^b	2.70 ± 0.45^c	18.20 ± 0.59^a
15% Maltodextrin syrup	83.06 ± 0.01^a	11.33 ± 0.58^a	18.89 ± 0.37^c	6.55 ± 0.06^a	11.37 ± 0.14^e
30% Maltodextrin	84.11 ± 0.01^a	10.00 ± 0.01^{ab}	22.70 ± 1.03^c	4.12 ± 0.38^b	16.78 ± 0.85^b
30% Maltodextrin syrup	84.28 ± 0.01^a	11.67 ± 2.89^a	45.63 ± 1.32^a	6.77 ± 0.59^a	7.40 ± 0.48^f

$^{a, b, c}$ Means within the column with different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

Table 2 Color of vacuum fried pineapple core.

Treatment	L*	a*	b*	Chroma	Hue
Control	73.94 ± 0.55^d	4.34 ± 0.14^b	37.17 ± 0.28^c	37.42 ± 0.26^c	83.34 ± 0.26^b
Syrup	76.13 ± 0.23^{bc}	2.82 ± 0.57^c	35.72 ± 0.60^d	35.83 ± 0.64^d	85.49 ± 0.84^a
15% Maltodextrin	75.92 ± 0.12^c	2.85 ± 0.57^c	35.23 ± 0.73^d	35.35 ± 0.74^d	85.37 ± 0.94^a
15% Maltodextrin syrup	69.96 ± 0.84^e	6.68 ± 0.11^a	41.92 ± 0.32^a	42.45 ± 0.31^a	80.95 ± 0.19^c
30% Maltodextrin	78.57 ± 0.59^a	2.79 ± 0.18^c	32.47 ± 0.47^e	32.59 ± 0.48^e	85.09 ± 0.27^a
30% Maltodextrin syrup	68.85 ± 0.79^f	7.04 ± 0.25^a	39.03 ± 0.13^b	39.66 ± 0.15^b	79.77 ± 0.34^d

$^{a, b, c}$ Means within the column with different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

Table 3 Sensory analysis of vacuum fried pineapple core.

Treatment	Appearance	Color	Flavor	Texture	Taste	Overall acceptability
Control	6.08 ± 0.30^a	6.28 ± 0.28^a	5.72 ± 0.35^{ab}	5.40 ± 0.36^a	5.40 ± 0.38^{ab}	5.96 ± 0.36^a
Syrup	6.60 ± 0.30^a	6.96 ± 0.28^a	6.16 ± 0.35^a	5.80 ± 0.36^a	6.36 ± 0.38^a	6.28 ± 0.36^a
15% Maltodextrin	4.64 ± 0.30^b	4.80 ± 0.28^b	4.88 ± 0.35^b	4.00 ± 0.36^b	4.76 ± 0.38^b	4.56 ± 0.36^b
15% Maltodextrin syrup	6.24 ± 0.30^a	6.60 ± 0.28^a	6.20 ± 0.35^a	5.88 ± 0.36^a	6.08 ± 0.38^a	6.64 ± 0.36^a
30% Maltodextrin	6.00 ± 0.30^a	6.48 ± 0.28^a	5.84 ± 0.35^{ab}	5.92 ± 0.36^a	6.12 ± 0.38^a	6.28 ± 0.36^a
30% Maltodextrin syrup	6.24 ± 0.30^a	6.56 ± 0.28^a	5.32 ± 0.35^{ab}	5.52 ± 0.36^a	5.72 ± 0.38^{ab}	5.96 ± 0.36^a

$^{a, b, c}$ Means within the column with different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กข้าวฮางงอก

Product Development of Sponge Cake from Germinated Hang Rice Flour

บุศราวรรณ ไชยะ[1] และ เมวิกา รัตนะ[1]
Chaiya, B.[1] and Ratana, M.[1]

Abstract

Recently, bakery products are increased interesting due to their taste and convenience. However, wheat flour has to import which can affect the production cost. Therefore, higher nutrition germinated Hang rice flour (GHRF) was used to replace partial wheat flour (WF) in sponge cake. Sponge cake batter was prepared by varied formulations of WF:GHRF at 100:0, 50:50, and 25:75. Results showed that density, specific volume and L* value decreased with increasing GHRF content. The texture profile of GHRF-sponge cake was higher hardness than 100% WF. The sensory evaluation showed that all attributes of sponge cakes prepared from WF:GHRF at 50:50 was rated as like slightly.
Keywords: germinated Hang rice, sponge cake, specific volume, texture profile

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากรสชาติและความสะดวกในการบริโภคของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามยังต้องใช้แป้งสาลีที่เป็นวัตถุดิบหลักที่นำเข้าซึ่งอาจส่งผลต่อต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำแป้งข้าวฮางงอกที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการทำสปันจ์เค้ก โดยแปรสูตรในการผลิต สปันจ์เค้ก คือ แป้งสาลีผสมแป้งข้าวฮางงอกอัตราส่วน 100:0, 50:50 และ 25:75 ผลการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นของแบทเทอร์ ปริมาตรจำเพาะ และความสว่าง (L*) มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวฮางงอก ลักษณะเนื้อสัมผัสของสปันจ์เค้กที่ใช้แป้งข้าวฮางงอกมีค่าความแข็งสูงกว่าตัวอย่างสปันจ์เค้กแป้งข้าวสาลี การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะสปันจ์เค้กที่ผลิตจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวฮางงอกที่อัตราส่วน 50:50 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย
คำสำคัญ: ข้าวฮางงอก สปันจ์เค้ก ปริมาตรจำเพาะ ลักษณะเนื้อสัมผัส

คำนำ

เค้กเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน สปันจ์เค้กจัดเป็นเค้กประเภทเค้กไข่ ลักษณะของสปันจ์เค้กที่ดีนั้นจะต้องมีลักษณะนุ่ม เนื้อเค้กฟูเบา และเนื้อละเอียด โดยแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเค้กซึ่งประเทศไทยไม่สามารถปลูกได้ จึงต้องมีการนำเข้า ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบสูงขึ้น ดังนั้นการใช้แป้งภายในประเทศจะช่วยลดต้นทุนและเพิ่มความหลากหลายของสินค้า อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบภายในประเทศอีกด้วย ข้าวฮางเป็นภูมิปัญญาของชาวไทยอีสาน โดยการนำเอาข้าวเปลือกมาแช่น้ำไว้เพื่อกระตุ้นให้สารอาหารต่างๆ จากเปลือกข้าวซึมเข้าไปในเมล็ดข้าว แล้วจึงนำมานึ่งเพื่อจัดเก็บสารอาหารให้คงไว้ แล้วนำข้าวเปลือกไปตากให้แห้ง และนำไปตำเพื่อกะเทาะเปลือกออก ทั้งนี้การนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกของข้าว จะทำให้ผลิตสารชนิดหนึ่งขึ้นมาคือ Gamma aminobutyric acid (กาบาร์) ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะที่มีส่วนในเรื่องความจำ นอกจากนี้ข้าวฮางงอกจะมีสารอาหาร วิตามิน แร่ธาตุ ไฟเบอร์ และกลิ่นหอมจากเปลือกมาเคลือบที่เมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น จึงทำให้ข้าวฮางงอกมีสารอาหารมากกว่าข้าวกล้อง ข้าวฮางงอกมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าธัญพืชทั้งหลาย ช่วยให้สุขภาพแข็งแรงและสมดุล เพิ่มภูมิต้านทาน ช่วยป้องกันเชื้อโรคและการเกิดโรค เช่น ความดัน เบาหวาน ไขมันสูง โรคหัวใจ โรคเกี่ยวกับประสาทและสมอง ความจำเสื่อม เป็นต้น

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000
[1]Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat SakonNakhon Province Campus, SakonNakhon, 47000 Thailand.

จากที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อเพิ่มมูลค่าของแป้งข้าวฮางงอกซึ่งเป็นภูมิปัญญาของชาวไทยอีสานที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่มีราคาจำหน่ายในรูปของวัตถุดิบไม่สูงมากนัก นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความหลากหลายเพื่อเพิ่มทางเลือกในการบริโภคข้าวฮางงอก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำแป้งข้าวฮางงอกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กข้าวฮางงอกเพื่อเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบ เพิ่มความหลากหลายและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีและแป้งข้าวฮางงอก 3 ระดับ ได้แก่ 100:0, 50:50 และ 25:75 ของปริมาณแป้งทั้งหมด (ร้อยละ 20) ร่อนแป้งผสมผงฟูและนมผงให้เข้ากันแล้วพักไว้ จากนั้นตีไข่ น้ำตาลทรายป่น น้ำและอิมัลซิไฟเออร์ (SP®) พร้อมกันในเครื่องผสม (Kitchen Aid) ด้วยความเร็วเบอร์ 3 เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มความเร็วเป็นเบอร์ 6 ผสมต่อเป็นเวลา 9 นาที ต่อมา ลดความเร็วลงเป็นเบอร์ 1 แล้วค่อยๆ เติมเนยสดที่ผ่านการละลายด้วยความร้อน ผสมต่อเป็นเวลา 30 วินาที หลังจากนั้นเติมส่วนผสมของแห้ง (แป้งผสม ผงฟูและนมผง) ผสมด้วยความเร็วเบอร์ 1 เป็นเวลา 1 นาที แล้วเพิ่มความเร็วเป็นเบอร์ 3 เป็นเวลา 2 นาที ให้เข้ากัน แบทเทอร์ส่วนหนึ่งจะนำไปวัดค่าความหนาแน่น (Gomez และคณะ, 2007) แล้วเทแบทเทอร์ที่เหลือลงใส่ในพิมพ์อะลูมิเนียมและอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เค้กหลังอบจะทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาตรจำเพาะ สี (L*, a*, b*) เนื้อสัมผัส (Chaiya และ Pongsawatmanit, 2011) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ด้วยวิธี Hedonic 9-points scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาการนำแป้งข้าวฮางงอกมาใช้ผลิตสปันจ์เค้ก โดยใช้ปริมาณแป้งสาลีต่อแป้งข้าวฮางงอก ที่ระดับอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 และใช้แป้งสาลี 100% เป็นสูตรควบคุมแล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของแบทเทอร์และเค้กข้าวฮางงอกได้ผลการทดลอง ดังนี้

คุณภาพทางกายภาพของแบทเทอร์เค้ก

จาก Table 1 พบว่า การใช้แป้งข้าวฮางงอกทดแทนแป้งสาลีบางส่วนมีผลต่อค่าความหนาแน่นของแบทเทอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าความหนาแน่นมีความสัมพันธ์กับปริมาณของอากาศที่ถูกกักเก็บไว้ภายในแบทเทอร์ก่อนการอบ จากผลการทดลอง พบว่าการใช้แป้งข้าวฮางงอกส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของแบทเทอร์ลดลง เนื่องจากปริมาณแป้งข้าวฮางงอกที่ใช้ส่งผลให้ปริมาณกลูเตนลดลง แบทเทอร์จึงมีค่าความหนืดลดลง อากาศจึงสามารถเข้าไปภายในแบทเทอร์ได้มากขึ้น

คุณภาพทางกายภาพของสปันจ์เค้กข้าวฮางงอก

ปริมาตรจำเพาะของสปันจ์เค้กเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณของอากาศที่ถูกกักเก็บไว้ภายหลังการอบ จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อใช้แป้งข้าวฮางงอกทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 50:50 จะมีค่าปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สปันจ์เค้กมีปริมาตรสูงกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวฮางงอกทำให้มีปริมาณกลูเตนในส่วนผสมลดลง แบทเทอร์จึงมีค่าความหนืดลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการกักเก็บอากาศภายในแบทเทอร์ลดลง ในขณะที่เพิ่มการทดแทนด้วยแป้งข้าวฮางงอกที่ระดับ 25:75 สปันจ์เค้กจะเกิดลักษณะเป็นไตที่ก้น ส่งผลให้ค่าปริมาตรจำเพาะลดลง

ค่าสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการใช้แป้งข้าวฮางงอกเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) มีค่าลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a*) จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวฮางงอกมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อมีการใช้แป้งข้าวฮาง งอกทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้สปันจ์เค้กข้าวฮางงอกมีความสว่างลดลงและมีสีแดงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า ความเป็นสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

Table 1 Batter density, specific volume and color of sponge cake

WF:GHRF (%)	Batter density (g/cm^3)	Specific volume (cm^3/g)	L*	a*	b^{*ns}
100:0 (Control)	0.77^a±0.05	1.53^b±0.16	82.48^a±2.38	1.62^c±0.37	30.82±1.41
50 : 50	0.71^b±0.02	1.78^a±0.15	72.01^b±2.74	2.56^b±0.53	30.50±1.94
25 : 75	0.73^{ab}±0.05	1.39^c±0.10	69.75^b±2.10	3.44^a±0.10	31.72±1.68

Mean ± standard deviation values followed by a different letter within the same column are significantly different ($P\leq0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($P>0.05$)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก (Table 2) พบว่า สปันจ์เค้กที่ใช้แป้งข้าวฮางงอกทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวฮางงอกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น (25:75) จะส่งผลให้ค่าความแข็งสูงกว่าตัวอย่างควบคุมเนื่องจากการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวฮางงอกจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสแข็ง ส่วนล่างของเนื้อเค้กจะเกิดลักษณะเป็นไตที่อัดตัวแน่น

Table 2 Texture profile of sponge cake

WF:GHRF (%)	Hardness (g)	Springiness ^{ns}	Cohesiveness ^{ns}
100:0 (Control)	393.70^b±98.65	0.67±0.09	0.74±0.08
50 : 50	387.57^b±74.95	0.71±0.12	0.75±0.04
25 : 75	1254.43^a±88.78	0.74±0.11	0.73±0.03

Mean ± standard deviation values followed by a different letter within the same column are significantly different ($P\leq0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($P>0.05$)

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของสปันจ์เค้กข้าวฮางงอก

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ทุกคุณลักษณะของเค้กข้าวฮางงอกมีคะแนนความชอบต่ำกว่าสูตรควบคุม (Table 3) เนื่องจากการใช้แป้งข้าวฮางงอกทดแทนแป้งสาลีจะส่งผลให้สปันจ์เค้กมีรูพรุนที่มากขึ้นและมีค่าความสว่างที่ลดลง โดยสูตร 25:75 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่ำสุด (~5 = รู้สึกเฉยๆ) เนื่องจากสปันจ์เค้กอัตราส่วนนี้มีการใช้แป้งข้าวฮางงอกในปริมาณที่สูง ส่งผลให้สปันจ์เค้กมีรูพรุนขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก อีกทั้งด้านล่างของเค้กเกิดเป็นไตที่อัดตัวแน่นและแข็ง แต่อย่างไรก็ตาม สปันจ์เค้กสูตร 50:50 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (~6)

Table 3 Sensory evaluation of sponge cake

WF:GHRF (%)	Appearance	Color	Odor	Taste	Softness	Overall liking
100:0 (Control)	7.26^a ± 1.40	7.26^a ± 1.21	6.66^a ± 1.24	7.46^a ± 1.46	7.63^a ± 1.34	7.73^a ± 1.10
50 : 50	6.16^b ± 1.37	6.33^b ± 1.32	6.06^b ± 1.70	6.03^b± 1.37	6.03^b± 1.36	6.50^b ± 0.95
25 : 75	5.06^c ± 1.47	5.33^c ± 1.56	5.43^c ± 1.26	5.30^c ± 1.35	5.26^c ± 1.90	5.56^c ± 1.16

Mean ± standard deviation values followed by a different letter within the same column are significantly different ($P\leq0.05$) by Duncan's multiple range test.

สรุปผล

การใช้แป้งข้าวฮางงอกสามารถทดแทนการใช้แป้งสาลีบางส่วนในการผลิตผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก โดยทำให้อากาศสามารถแทรกเข้ามาภายในแบทเทอร์ได้มากขึ้น เนื่องจากแบทเทอร์มีความหนืดลดลง ถึงแม้ว่าเค้กจะมีค่าความสว่างลดลงและมีความแข็งสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้แป้งข้าวฮางงอกแทนที่แป้งสาลีในระดับที่เหมาะสม (ร้อยละ 50) ส่งผลให้สปันจ์เค้กขึ้นฟูมากกว่าการใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว และผู้ทดสอบก็ยังให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2544, เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 224 หน้า.

Chaiya, B. and Pongsawatmanit, R., 2011, Quality of Batter and Sponge Cake Prepared from Wheat-Tapioca Flour Blends, Kasetsart Journal (Natural Science), 45(2): 305-313.

Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A. and Rosell, C.M., 2007, Functionality of Different Hydrocolloids on the Quality and Shelf-Life of Yellow Layer Cakes, Food Hydrocolloids, 21: 167–173.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยาขนมจีนผสมตังกุยกึ่งสำเร็จรูป

Product Development of Instant Fish curry Sauce Mixed with Dong Quai for Rice Noodle

เรวดี มีสัตย์[1] ชนะ ปรีชามานิตกุล[1] พัทธมน ดวงตา[1] และ ภุมรินทร์ ขันสัมฤทธิ์[1]
Meesat, R.[1], Prechamanitkul, C.[1], Duangta, P.[1] and Khansamlit, P.[1]

Abstract

The objective of this research was to develop the semi-instant fish curry sauce mixed with Dong quai herb (1, 3 and 5%). The sensory evaluation was tested by 7-point hedonic scale from 30 panelists. Results showed that preferable scores of appearance, color, odor, flavor, texture were not different. The 1% Dong quai mixed had the highest total preferable acceptation score of 6.77, which it was further developed as semi-instant fish curry sauce product by hot air drying at 60°C for 15 hours. Results showed that its moisture content and water activity were 5.09 and 0.28, respectively. Its reconstitute property (35 g) in hot water 100, 150 and 200 ml showed that the preferable scores of appearance, color, odor, flavor and totally preferable of soup with 100 ml hot water was the highest with values of 6.30, 6.97, 6.23, 6.87, 5.83 and 6.03, respectively.
Keywords: Dong quai, fish curry sauce, rice noodle

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาสูตรน้ำยาขนมจีนผสมตังกุย (ร้อยละ 1 3 และ 5) ซึ่งจากผลทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบ hedonic scale 7-point จำนวน 30 คน พบว่า คะแนนความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ปริมาณสมุนไพรตังกุยร้อยละ 1 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดคือ 6.77 จึงนำมาพัฒนาเป็นแบบกึ่งสำเร็จรูป โดยการอบน้ำยาด้วยตู้อบลมร้อนลมร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม คือ 60°C เป็นเวลา 15 ชม. พบว่า คุณภาพทางเคมี เช่น ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ มีค่าเท่ากับ 50.09 และ 0.28 ตามลำดับ การศึกษาการคืนตัวโดยใช้ผงน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป 35 กรัม ละลายในน้ำร้อน 100, 150 และ 200 มล. พบว่า คะแนนความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของการเติมน้ำร้อน 100 มล. มีคะแนนสูงที่สุด คือ 6.30 6.97 6.23 6.87 5.83 และ 6.03 ตามลำดับ
คำสำคัญ: ตังกุย น้ำยาขนมจีน ขนมจีน

คำนำ

ตังกุยเป็นสมุนไพรที่รู้จักกันดีและนิยมใช้กันอย่างมาก ตามสรรพคุณมีกลิ่นหอม รสหวานเผ็ด มีฤทธิ์ร้อนเล็กน้อย อุดมด้วยวิตามินเอ บี1 บี6 บี12 กรดโฟลิค ไบโอติน น้ำมันหอมระเหย สารอัลคาลอยด์ พอลิแซคคาไรด์ เป็นต้น กระตุ้นระบบไหลเวียนโลหิต ช่วยให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ และแก้ปวด จึงได้รับความสนใจจากนักวิชาการตลอดจนบุคคลทั่วไปอย่างแพร่หลาย (บริษัท หลักทรัพย์จัดการกองทุน กสิกรไทย จำกัด, 2550) นอกจากนี้ยังได้มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบโดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และเวชสำอาง ตลอดจนการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งและการจัดจำหน่าย นอกจากเป็นการเสริมสร้างศักยภาพในการส่งออก ลดปริมาณการนำเข้าแล้ว ยังส่งเสริมและพัฒนาให้เกษตรกรผู้ปลูกมีอาชีพอย่างยั่งยืน (สุชาดา, 2557) โดยการวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงการนำสมุนไพรตังกุยที่ปลูกในประเทศไทยมาทำการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยาผงที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสำหรับผู้บริโภค เนื่องจากน้ำยาขนมจีนเป็นอาหารหลักที่เป็นที่นิยมรับประทานมีส่วนผสมของสมุนไพรมากมายหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกายจึงมีแนวคิดที่จะนำตังกุยมาพัฒนาในผลิตภัณฑ์นี้ โดยการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำยาผงที่ได้

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี
[1] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathumthani.

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติวัตถุดิบ

โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของสมุนไพรตังกุย เช่น ความชื้น สารสำคัญ/สารออกฤทธิ์ ค่าสี L* a* และ b*

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยาขนมจีนที่มีส่วนผสมสมุนไพรตังกุยเพื่อเสริมสุขภาพ

ศึกษาสูตรน้ำยาจากหนังสือขนมจีนมา 3 สูตร เพื่อคัดเลือกเป็นสูตรพื้นฐานที่จะนำมาพัฒนา โดยประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสปลา กลิ่นรสเครื่องเทศ รสชาติเผ็ด เค็ม หวาน ความข้น ความเป็นเนื้อเดียวกัน และความชอบโดยรวม โดยใช้ hedonic scale 7-point. กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

3. ศึกษาปริมาณของสมุนไพรตังกุยที่เหมาะสมและปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการคืนตัวของน้ำยาผง

นำรากตังกุยสดร้อยละ 1 3 และ 5 ของน้ำหนักทั้งหมด ใส่ในสูตรที่ได้จากข้อ 2. นำมาประเมินผลทางประสาทสัมผัส แล้วนำน้ำยามาอบที่อุณหภูมิ 60°C. 15 ชั่วโมง ด้วยตู้อบลมร้อนและศึกษาการคืนตัวโดยใช้ปริมาณน้ำร้อน 100 150 และ200 มล. และนำมาประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสปลา กลิ่นรสเครื่องเทศ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ hedonic scale 7-point. กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติวัตถุดิบ

จากผล Table1 พบว่า คุณสมบัติด้านสีของต้นและใบตังกุยมีค่ามากกว่ารากตังกุยนั้น แสดงว่าต้นและใบตังกุยมีความเข้มของความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และเหลือง (b*) มากกว่ารากตังกุย และพบว่ารากตังกุยมีปริมาณความชื้นมากกว่าต้นและใบตังกุย จึงมีปริมาณน้ำและความชื้นมากกว่าต้นและใบ และยังพบ Total Phenolics สารสำคัญ Ferulic acid และ Ligustilide ในรากมากกว่าต้นและใบตังกุย เนื่องจากต้นและใบตังกุยจะมีสีเขียวเข้มลำต้นตั้งตรง ใบมีลักษณะเป็นแฉก มีรากขนาดใหญ่ สีน้ำตาลอ่อน อยู่ใต้ดิน ทำหน้าที่ดูดน้ำหล่อเลี้ยงลำต้น และคอยสะสมสารอาหาร (Foster และ Yue,1992)

Table 1: Physical and Chemical Quality Values of Dong Quai

Sample	Color			ปริมาณความชื้น	Total Phenolics (%w/w dry powder)	Anti-Oxidant (IC_{50}, mg/ml)	active ingredient	
	L*	a*	b*				Ferulic acid (%w/w extract)	Ligustilide (%w/w extract)
ต้นและใบตังกุย	57.11	5.98	23.77	7.38	0.53	0.349	0.145	1.005
รากตังกุย	44.63	5.78	16.01	11.37	1.30	0.150	0.410	1.476

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยาขนมจีนที่มีส่วนผสมสมุนไพรตังกุยเพื่อเสริมสุขภาพ

จาก Table 2 พบว่า คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และสี ของน้ำยาสูตรที่ 1 น้อยที่สุด ด้านกลิ่นรสปลา กลิ่นรสเครื่องเทศ รสเผ็ด รสเค็ม ความข้นและความเป็นเนื้อเดียวกันทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และคะแนนด้านความชอบรวมของสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2 และไม่แตกต่างกับสูตรที่ 3 แต่ในสูตรที่ 1 นั้น มีคะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบรวมมากที่สุด เพราะในสูตรที่ 1 มีส่วนผสมของสมุนไพรมาก จึงทำให้น้ำยามีรสชาติเข้มข้น ถึงเครื่องและได้กลิ่นสมุนไพร (เย็นจิตร, 2550) มากกว่าสูตรอื่น จึงได้คัดเลือกน้ำยาสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่จะนำมาพัฒนาโดยเสริมสมุนไพรตังกุยต่อไป

Table 2 Average Total Likeness Scores Based on 9-Point Hedonic Scale

Attributes	Recipe 1	Recipe 2	Recipe 3
appearance*	4.47 ± 1.31^{b}	5.30 ± 1.21^{a}	5.30 ± 1.09^{a}
color*	4.30 ± 1.37^{b}	5.23 ± 1.19^{a}	5.13 ± 1.31^{a}
flavor – fish^{ns}	5.67±0.92	5.10±1.13	5.40±1.16
- spice^{ns}	5.50±1.17	4.80±1.54	5.20±1.13
taste – spicy^{ns}	4.73±1.57	4.73±1.74	4.97±1.43
- salty^{ns}	5.17±1.34	4.63±1.30	4.63±1.43
- sweetness*	5.47 ± 1.22^{a}	4.90 ± 1.30^{ab}	4.70 ± 1.60^{b}
tuxture – thicknees^{ns}	5.27±1.28	5.07±1.30	4.97±1.38
homogeniery^{ns}	5.30±1.42	4.80±1.37	4.93±1.46
overall linking*	5.43 ± 1.30^{a}	4.70 ± 1.32^{b}	5.23 ± 1.17^{ab}

Remark: Averages on same data row with different labeling characters differ with statistical significance of <p≤0.05>. Averages on same data row is statistically insignificant with reliability level (p>0.05).

3. ศึกษาปริมาณของสมุนไพรตังกุยที่เหมาะสมและปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการคืนตัวของน้ำยาผง

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสปลา และกลิ่นรสเครื่องเทศของตังกุยร้อยละ 3 มากที่สุด รองลงมาคือตังกุยร้อยละ 1 และคะแนนด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของตังกุยร้อยละ 1 มากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่าทุกด้านไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากรากตังกุยเป็นสมุนไพรที่มีกลิ่นหอม รสหวานออกขมเล็กน้อย (บริษัท หลักทรัพย์จัดการกองทุน กสิกรไทย จำกัด,2550) จึงสามารถใส่เสริมไปในปริมาณที่มากพอและเหมาะสมได้

Table 3 Sensory evaluation of Dong Quai of semi-instant fish curry sauce

Attributes	Dong Quai (%)		
	1	3	5
appearance^{ns}	6.50±1.28	6.73±1.08	6.47±1.07
color^{ns}	6.67±0.96	6.80±0.96	6.50±0.82
flavor – fish^{ns}	6.80±1.13	7.00±0.87	6.73±1.11
- spice^{ns}	6.40±1.19	6.50±1.12	6.00±1.31
taste^{ns}	6.53±1.43	6.40±1.30	6.07±1.53
tuxture^{ns}	6.63±1.27	6.53±1.14	6.30±1.26
overalllinking^{ns}	6.77±1.14	6.57±1.19	6.13±1.41

Remark: Averages on same data row with different labeling characters differ with statistical significance of <p≤0.05>. Averages on same data row is statistically insignificant with reliability level (p>0.05).

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของผงน้ำยาผสมตังกุยในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1 3 และ 5 พบว่า ปริมาณตังกุยร้อยละ 5 มีปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด คือ 4.99 และ 0.27 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากน้ำยาผงทั้ง 3 ระดับอบที่อุณหภูมิและเวลาเท่ากันจึงทำให้คุณภาพทางกายภาพและเคมีมีค่าใกล้เคียงกัน(วลัย และคณะ,2550)และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังตารางที่ 4

Table 4 Physical and Chemical Quality Values of the semi-instant fish curry sauce

Dong Quai (%)	Physical and Chemical Quality				
	color^{ns}			moisture(%)^{ns}	Water activity (a_w)^{ns}
	L*	a*	b*		
1	53.30±0.57	10.30±0.09	21.53±0.94	5.09±0.28	0.28±0.08
3	52.82±0.71	10.57±0.36	21.67±1.11	5.58±0.22	0.28±0.01
5	53.87±0.19	10.39±0.24	22.22±1.09	4.99±0.36	0.27±0.02

Remark: Averages on same data row with different labeling characters differ with statistical significance of <p≤0.05>. Averages on same data row is statistically insignificant with reliability level (p>0.05).

จาก Table 5 พบว่า ความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสปลา กลิ่นรสเครื่องเทศ รสเผ็ด รสหวาน ความข้น ความเป็นเนื้อเดียวกัน และความชอบโดยรวมของน้ำร้อนปริมาตร 100 มล. มากที่สุด รองลงมา คือ 150 มล. และให้คะแนนความชอบด้านรสเค็ม ของน้ำร้อนปริมาตร 150 มล. มากที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสปลา รสเผ็ด และความข้น มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และด้านกลิ่นเครื่องเทศ รสเค็ม รสหวาน ความเป็นเนื้อเดียวกัน และความชอบโดยรวมนั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เนื่องจากการเติมน้ำในปริมาณที่ไม่เหมาะสมมีผลต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติ (เย็นจิตร, 2550) ของน้ำยาผง

Table 5 Sensory evaluation o of ratio hotwater effect to semi-instant fish curry sauce

Attributes	Hot water (ml.)		
	100	150	200
appearance *	6.30±1.17 ab	6.17±1.23 bc	5.60±1.37 a
color *	6.97±1.40 c	6.27±1.17 b	5.53±1.25 a
flavor – fish ns	6.23±1.25 b	5.90±1.35 b	4.93±1.59 a
- spice ns	5.93±1.28	5.57±0.97	5.43±1.43
taste – spicy ns	6.87±1.27 ab	5.57±1.16 a	6.10±1.65 c
- salty ns	6.27±1.39	6.30±1.44	6.00±1.26
- sweetness *	5.83±1.17	5.63±1.49	5.73±1.33
tuxture – thicknees ns	7.10±1.33 b	5.40±1.16 a	6.43±1.69 b
homogeniery ns	5.76±1.59	5.60±1.47	5.60±1.48
overall linking *	6.03±1.46	5.60±1.37	6.03±1.06

Remark: Averages on same data row with different labeling characters differ with statistical significance of <p≤0.05>. Averages on same data row is statistically insignificant with reliability level (p>0.05).

สรุปผล

จากการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาน้ำยาขนมจีนผสมตังกุยกึ่งสำเร็จรูป สามารถสรุปได้ว่า รากตังกุยสดมีค่าความชื้น 11.37%และพบ Total Phenolics 1.30%w/w dry powder, สารสำคัญ Ferulic acid 0.410%w/w extract และ Ligustilide 1.476%w/w extract ซึ่งมากกว่าต้นและใบ และพบปริมาณ Anti-Oxidant 0.349 IC_{50}, mg/ml ในต้นและใบมากกว่าราก ส่วนขั้นการพัฒนาได้ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานจากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส 1 สูตร แล้วทำการพัฒนาสูตร รสชาติ และได้เสริมรากตังกุยสดลงไปในปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และปริมาณน้ำร้อนที่เหมาะสมในการคืนตัวคือ 100 มล. และผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ 6.53 เป็นคะแนนที่อยู่ในช่วง ชอบปานกลางถึงชอบมาก การยอมรับผลิตภัณฑ์ 98%

เอกสารอ้างอิง

กรีนคลินิก, (พญ.สุภาณี ศุกระฤกษ์ อายุรแพทย์และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านผิวหนัง), 2554, ตังกุย (Dong quai) [สืบค้น], www.greenclinic.in.th [17/ June/ 2015].

บริษัท หลักทรัพย์จัดการกองทุน กสิกรไทย จำกัด, 2550, มหัศจรรย์สมุนไพรจีน, กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด มหาชน.

วลัย หุตะโกวิท และคณะ, 2550, การพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกแกงสำเร็จรูปเพื่ออุตสาหกรรมการส่งออก, สาขาอาหารและโภชนาการ, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร.

สุชาดา, 2557, ตังกุย สุดยอดสมุนไพรบำรุงเลือด [สืบค้น], http://health.mthai.com/howto/china-medicine/3377.html [17/ June/ 2015].

เย็นจิตร เตชะดำรงสิน, 2550, การพัฒนาสมุนไพรแบบบูรณาการ, กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์.

Foster, S. and Yue, C.X., 1992, Herbal Emissaries. Rochester. VT: Healing Arts Press. Page. 65-72.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก

Development of Cladophora Cookie Product

เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์[1] **และ กรวิชญ์ พูลผล**[1]

Steinrut, L.[1] and Poonpol, K.[1]

Abstract

The objective of this study was to evaluate panelist sensory test of cookie added with different levels of highly protein and selenium contents of Cladophora algae (*Cladophora glomerata* Kutzing) powder at 7, 15 and 25 grams (1%, 2% and 3%). The sensory acceptability was taken by 100 untrained panelists. Analysis of variance used ANOVA at 95 percent confidential level, and mean differences was analyzed by Duncan's Multiple Range Test. Results of preference sensory evaluation using 9-point hedonic scale indicated that 7 grams addition of Cladophora algae resulted in the highest score of appearance (7.82), color (7.66), odor (7.43), texture (7.67), crispy (7.64) taste (7.75) and overall liking (7.93). The study indicated that 7 grams of Cladophora algae in cookie recipes was accepted by untrained panelists in all sensory attributes.

Keywords: Cladophora algae, *Cladophora glomerata* Kutzing, Kai algae, selenium

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก (Cladophora algae; *Cladophora glomerata* Kutzing) ที่มีโปรตีนและธาตุซิลิเนียมสูงโดยเสริมผงสาหร่ายไกอบแห้ง ปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 7 15 และ 25 กรัม (1%, 2% และ 3%) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบ 1-9 ระดับ โดยผู้ทดสอบ 100 คน วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ผลการศึกษาพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ คุกกี้สูตรที่ใส่สาหร่ายไก 7 กรัม (1%) มากที่สุด ทั้งในด้านลักษณะ (7.82) สี (7.66) กลิ่น (7.43) เนื้อสัมผัส (7.67) ความกรอบ (7.64) รสชาติ (7.75) และความชอบรวม (7.93) ซึ่ง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสรุปว่า ผู้บริโภคยอมรับคุกกี้สูตรที่เสริมสาหร่ายไก 7 กรัม (1%) มากที่สุด ในทุกๆด้านของการทดสอบ

คำสำคัญ: *Cladophora* algae *Cladophora glomerata* Kutzing สาหร่ายไก ซิลิเนียม

คำนำ

สาหร่ายไก (Cladophora algae; *Cladophora glomerata* Kutzing) จัดเป็นสาหร่ายน้ำจืดชนิดหนึ่งในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว มีลักษณะเป็นเส้นสายยาวสีเขียวสดคล้ายเส้นด้าย สาหร่ายไกไม่แตกแขนง แต่บางชนิดจะแตกเป็น 2 ง่าม และจะเพิ่มจำนวนสาย และเพิ่มความยาวไปเรื่อยๆ ลักษณะโครงสร้างประกอบด้วยเมือกหุ้มภายนอก ทำให้รู้สึกลื่นมือเมื่อจับ ส่วนโครงสร้างเซลล์จะมีรูปทรงกระบอก มีผนังเซลล์ 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นใน และชั้นกลางที่เป็นเซลลูโลส ส่วนชั้นนอกจะเป็นเพคโตส ภายในเซลล์มีแวคคิวโอลขนาดใหญ่นิวเคลียสภายใน และสายไซโตพลาสซึมเชื่อมติดกับผนังเซลล์ ปัจจุบันสาหร่ายไกนิยมนำมารับประทานและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ มากมาย

สาหร่ายไก หรือ สาหร่ายเทา พบมากในภาคเหนือและอีสาน เป็นอาหารพื้นบ้านที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทำให้มีสุขภาพแข็งแรงและอายุยืน ให้โปรตีนสูง ประกอบกับมีคาโรทีนอยด์และอนุพันธุ์ของคาโรทีนอยด์ อาทิเช่น เบต้าแคโรทีน ลูทีน เซียแซนทีน ปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าแครอทถึง 4 เท่า มีวิตามิน บี 1 และบี 2 วิตามินซี แร่ธาตุซิลีเนียมสูง มีวิตามินบี 12 ซึ่งช่วยส่งเสริมความจำ ธาตุเหล็กช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง แคลเซี่ยมช่วยบำรุงสมอง กระดูกและฟันให้แข็งแรง เส้นใย อาหารสูงจึงป้องกันโรคท้องผูก และยังเป็นอาหารที่ดีสำหรับผู้รับประทานอาหารเจและมังสวิรัติ การศึกษาพบว่าสาหร่ายไกมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ผู้ที่บริโภคสาหร่ายไกเป็นประจำ จึงมีผมดกดำไม่หงอกได้ง่าย และชะลอความ

[1] สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, 12110, Thailand

แก่ ปัจจุบันมีการนำสาหร่ายไกมาผสมในอาหารปลาเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและรงควัตถุในปลา (สรวิศ, 2543) (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2548)

ภาคเหนือนิยมนำสาหร่ายไกมาปรุงอาหาร เช่น แกงไก ห่อหมกไก (แอบไก) คั่วไก/ไกยี รวมถึงแปรรูปเป็นขนมหวาน หรือของขบเคี้ยว เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน เช่น ท้องม้วนไก ข้าวเกรียบไก และสาหร่ายไกอบกรอบ ส่วนทางภาคอีสานนิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น ก้อยเทา/ลาบเทา แกงเทา ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้แก่ การนำสาหร่ายไกไปตากแห้ง แล้วบดเป็นผงสำหรับใช้ผสมอาหาร นำมาสับผสมรวมกับอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกร ไก่ และปลา เป็นต้น เชื่อกันว่าสาหร่ายไกมีสรรพคุณหลายด้าน คือ ช่วยทำให้ผมดกดำ ชะลอความแก่ ลดอาการปวดเมื่อยของร่างกาย ลดอาการปวดบวมของบาดแผล และป้องกันการอักเสบ (ยุวดี และคณะ, 2547),(Utoomporn , 2016)

คุกกี้ คือขนมอบชิ้นเล็ก ๆ รูปร่างแบน ซึ่งทำจากแป้งสาลี เป็นขนมประเภทที่มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดเล็ก ตกแต่งด้วยผลไม้ หรือธัญพืชเนื้อขนมนุ่มนวลและกรอบ สามารถเก็บไว้ได้นาน เหมาะสำหรับใช้เป็นของว่าง รับประทานกับเครื่องดื่มชนิดต่างๆ การทำคุกกี้มีส่วนผสมน้อยและวิธีทำที่ไม่ยุ่งยาก นอกจากจะเอาไว้รับประทานแล้ว ยังทำเพื่อจำหน่ายได้ด้วย การนำสาหร่ายไกซึ่งมีประโยชน์และสรรพคุณทางยาหลายอย่างมาใช้เป็นส่วนผสมในคุกกี้ นอกจากเป็นการสร้างสรรค์ ให้เกิดผลิตภัณฑ์แปลกใหม่น่าสนใจ มีประโยชน์ต่อสุขภาพแล้ว ยังเป็นการพัฒนาปรับปรุงขนมคุกกี้ให้เข้ากับวัฒนธรรมไทย และส่งเสริมให้เกิดอาชีพอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษา โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้สูตรมาตรฐาน 3 สูตร ซึ่งในแต่ละสูตรที่มีส่วนประกอบและปริมาณแตกต่างกันของแป้งเอนกประสงค์ เนยสด ผงฟู เบคกิ้งโซดา น้ำตาลทราย น้ำตาลป่น น้ำตาลไอซิ่ง ไข่ไก่ กลิ่นวนิลา การประเมินใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ระดับคะแนนความชอบแบบ Hedonic 9-Point scale test ตั้งแต่ 1-9 คือ 1= ไม่ชอบ ถึง 9=ชอบมากที่สุด เพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐานไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสคุกกี้สาหร่ายไก โดยเสริมผงสาหร่ายไกอบแห้ง ในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 7 กรัม(1%), 15 กรัม(2%) และ 25 กรัม(3%) วิธีการเตรียมผงสาหร่ายไก โดยล้างทำความสะอาด อบให้แห้ง ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C นาน 5 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงจนได้ลักษณะเป็นผง ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน เกณฑ์การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นสาหร่าย เนื้อสัมผัส ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan’s Multiple Rang Test วิเคราะห์ค่าทางสถิติ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สูตรมาตรฐาน 3 สูตร เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด โดยทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ผลการทดสอบพบว่าคุกกี้สูตรมาตรฐานทั้ง 3 สูตร (ตารางที่ 1) ผลคะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม และคะแนนรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการศึกษาพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้สูตรที่ 1มากที่สุดทุกเกณฑ์การประเมิน โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏ 7.86 ± 1.09, สี 7.79 ± 0.93, กลิ่น 7.39 ± 1.29, เนื้อสัมผัส 7.40 ± 1.06, รสชาติ 7.39 ± 1.48 และความชอบโดยรวม 7.81 ± 1.18 คุกกี้สูตรนี้มีลักษณะสีเหลืองทอง กลิ่นหอมรสชาติหวานกลมกล่อม และเนื้อสัมผัสกรอบร่วน โดยคุกกี้สูตรที่ 1 ประกอบด้วยส่วนผสมคือ แป้งเอนกประสงค์ 3 ถ้วยตวง น้ำตาลไอซิ่ง ¼ ถ้วยตวง ไข่ไก่ 2 ฟอง เนยสดชนิดเค็ม 225 กรัม วานิลา 2 ช้อนชา ผงฟู 1 ช้อนชา เนื่องจากคุกกี้สูตรที่ 1 คือสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด จึงเหมาะสมในการใช้ทำผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไกในการทดสอบขั้นต่อไป

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก ทั้ง 3 สูตร โดยเสริมสาหร่ายไกอบแห้งบดละเอียดในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 7 กรัม(1%), 15 กรัม(2%) และ 25 กรัม(3%) (ตารางที่ 2) ผลการศึกษาพบว่า ค่าคะแนนความชอบทุกเกณฑ์การประเมินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไกปริมาณ 7 กรัม (1%) มากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย ด้านลักษณะที่ปรากฏ 7.82 ± 0.77 , สี 7.66 ± 0.65, กลิ่น

7.43 ± 0.95 , เนื้อสัมผัส 7.67 ± 0.72, ความกรอบ 7.64 ± 0.84 , รสชาติ 7.75 ± 0.86 และความชอบโดยรวม 7.93 ± 0.79 ดังนั้นการเสริมสาหร่ายไก 7 กรัม(1%) ในผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก เป็นปริมาณที่เหมาะสมไม่มากจนเกินไป และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณสาหร่ายไกต่ำสุด จึงทำให้คุกกี้ที่ได้ไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวและกลิ่นโคลน

Table 1 Sensory acceptance of 3 standard recipes cookies

Sensory parameter	cookies		
	Recipes 1	Recipes 2	Recipes 3
Appearance	7.86 ± 1.09[a]	6.36 ± 1.47[c]	7.10 ± 1.48[b]
Color	7.79 ± 0.93[a]	6.14 ± 1.66[c]	7.27 ± 1.05[b]
Odor	7.39 ± 1.29[a]	6.71 ± 1.44[b]	7.26 ± 1.28[a]
Texture	7.40 ± 1.06[a]	6.61 ± 1.64[b]	6.99 ± 1.40[ab]
Test	7.39 ± 1.48	6.87 ± 1.70	7.16 ± 1.22
Overall liking	7.81 ± 1.18[a]	6.70 ± 1.35[c]	7.30 ± 1.10[b]

Remark: Sample with difference letter in the same row is significant difference ($p < 0.05$)

Table 2 Sensory acceptance of 3 level of Cladophora algae in cookies

Sensory parameter	Level of Cladophora algae in cookies		
	7 grams (1%)	15 grams (2%)	25 grams (3%)
Appearance	7.82 ± 0.77[a]	7.27 ± 0.81[b]	6.86 ± 0.95[c]
Color	7.66 ± 0.65[a]	7.08 ± 0.86[b]	6.74 ± 0.98[c]
Odor	7.43 ± 0.95[a]	7.39 ± 0.92[a]	6.97 ± 1.0[b]
Texture	7.67 ± 0.72[a]	6.98 ± 0.93[b]	6.72 ± 0.92[c]
Crispy	7.64 ± 0.84[a]	7.02 ± 0.98[b]	6.62 ±0.97[c]
test	7.75 ± 0.86[a]	7.02 ± 0.86[b]	6.57 ± 0.92[c]
Overall liking	7.93 ± 0.79[a]	7.06 ± 0.76[b]	6.68 ± 0.93[c]

Remark: Sample with difference letter in the same row is significant difference ($p < 0.05$)

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก โดยคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก ตามปริมาณส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก 1 สูตร ที่ผู้บริโภคให้คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงสุด (ตารางที่ 3)

ผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก 1 ชิ้น(12 กรัม) ให้คุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ พลังงาน 8.06 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 1.45 กรัม โปรตีน 1.88 กรัม ไขมัน 0.77 กรัม ใยอาหาร 0.02 กรัมแคลเซียม 5.62 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 0.44 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 0.28 มิลลิกรัม และวิตามินเอ 48.04 I.U.

Table 3 Nutritive value comparison of Cladophora cookies product in recipes and piece

Packaging size	Nutrient								
	Energy (Kcal)	CHO (g.)	Prot (g.)	Fat (g.)	Fiber (g.)	Ca (mg.)	P (mg.)	Fe (mg.)	Vit.A (I.U.)
1 recipes (95 grams)	806.50	145.49	18.19	7.75	0.28	56.2	4.40	2.89	470.46
1 piece (12 grams)	8.06	1.45	1.81	0.77	0.02	5.62	0.44	0.28	48.04

Source: Nutritive value of Thai foods, Nutrition division, Department of Health.

Remark: I.U. (International Unit)

สรุปผล

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้สูตรมาตรฐานทั้ง 3 สูตร ผลการศึกษาพบว่าคะแนนประเมิน ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้สูตรที่ 1 มากที่สุดโดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ทุกเกณฑ์การประเมิน ซึ่งคุกกี้สูตรนี้ประกอบด้วยส่วนผสมคือ แป้งเอนกประสงค์ 3 ถ้วยตวง น้ำตาลไอซิ่ง ¼ ถ้วยตวง ไข่ไก่ 2 ฟอง เนยสดชนิดเค็ม 225 กรัม วานิลา 2 ช้อนชา ผงฟู 1 ช้อนชา การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไกทั้ง 3 สูตร ที่มีปริมาณสาหร่ายไกผงอบแห้งบดละเอียด แตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าคะแนนการประเมินด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนการประเมินของผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไกสูตรเสริมสาหร่ายไกปริมาณ 7 กรัม(1%) มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน เนื่องจากมีปริมาณสาหร่ายไกต่ำสุด ทำให้ไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวและกลิ่นโคลน การเสริมสาหร่ายไกในปริมาณสูง ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสาหร่ายไกมีลักษณะและกลิ่นเฉพาะตัว ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเขียวคล้ำ กลิ่นเหม็นคล้ายโคลน นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติดูดซับน้ำทำให้ความชื้นสูงขึ้น ไม่ร่วนกรอบตามลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์คุกกี้

การปรับปรุงผลิตภัณฑ์คุกกี้สาหร่ายไก ควรเสริมสาหร่ายไกในปริมาณน้อย ซึ่งพอเหมาะที่ผู้บริโภคยอมรับได้ เนื่องจากสาหร่ายไกมีกลิ่นเฉพาะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับคือ กลิ่นเหม็นเขียวและกลิ่นโคลน จึงควรเพิ่มผลไม้แห้งชนิดอื่นๆ เพื่อปรับปรุงให้มีกลิ่นและรสชาติดีขึ้น เช่น ลูกเกด มะเขือเทศราชินี แตนตาลูป ลูกพรุน สตรอเบอร์รี และแอปเปิ้ล หรืออาจใช้กลิ่นสังเคราะห์ ทางเลือกที่ดีอีกวิธีหนึ่งคือการใช้สมุนไพรที่มีกลิ่นหอม เพื่อกลบกลิ่นของสาหร่ายไกที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

คำขอบคุณ

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

ยุวดี พีรพรพิศาล ทัตพร คุณประดิษฐ์ โฉมยง ไชยอุบล สุนทรี เปรื่องการ อร่าม คุ้มกลาง อิศรพงษ์ พงษ์ ศิริกุล และนัตจุฑามณ์ เลิศลีลากิจจา, 2547, สาหร่ายขนาดใหญ่ที่เป็นอาหารในภาคเหนือของประเทศไทย, วารสารวิทยาศาสตร์ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 58(3): 164 – 173.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร บุญสม วราเอกศิริ และจงกล พรมยะ, 2548, รายการงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ การ เพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว สกุล Cladophora (ไก) เพื่อเป็นอาหารปลาบึก (ระยะ 1), สำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย.

สรวิศ เผ่าทองศุข, 2543, สาหร่าย: ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จาก สาหร่ายในประเทศไทย, เอกสารเผยแพร่ชุดโครงการอุตสาหกรรมสัตว์น้ำชุดที่ 2, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Surayot, U., Lee, J.H., Park, W. and You, S., 2016, Structural Characteristics of Polysaccharides Extracted from *Cladophora glomerata* Kützing Affecting Nitric Oxide Releasing Capacity of RAW 264.7 Cells. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 7: 26-31.

การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มต่อการทำแห้งของผลหม่อน

The Application of Microwave-assisted for Osmotic Pre-treatment Effect on Dried Mulberries

ยุพารัตน์ โพธิเศษ[1] **และ ชินกฤต ศรีนวล**[2]
Potisate, Y.[1] and Srinuan, C.[2]

Abstract

This research was aimed to study the application of microwave-assisted for osmotic pre-treatment effect on dried mulberries. For osmic pre-treatment, mulberries were soaked in 0.1% $CaCl_2$ for 10 min and 60°Brix sucrose solutions. Then, microwave-assisted at 750W for 3 min prior to drying using hot air dryer at 60°C and an air velocity of 1 m/s. The experiment data and d model were compared. The R^2 values were in the ranged from 0.992 to 0.999. The drying data could be explained by modified Page model. The result found that the effective diffusion coefficient (D_{eff}) of the MW-assisted for osmotic pre-treatment were slightly higher than untreated or uncombined MW-assisted. The D_{eff} were in the ranges of 2.7190×10^{-07} to 2.9329×10^{-07} m^2/min. The MW-assisted for osmotic pre-treatment decreased drying time from 900 to 780 min. Therefore, this research will be very useful to decrease drying time for dried mulberry fruits.

Keywords: Mulberry fruits, microwave-assisted, osmotic pre-treatment, drying kinetics

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มต่อการทำแห้งผลหม่อน การเตรียมแช่อิ่มผลหม่อนโดยแช่ใน 0.1% $CaCl_2$ เป็นเวลา 10 นาที และน้ำเชื่อม 60°Brix จากนั้นนำเข้าใช้ไมโครเวฟที่ 750 วัตต์เป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลมร้อนที่ 60°C ด้วยความเร็วลมของอากาศที่ 1 m/s เมื่อนำข้อมูลการทดลองการทำแห้งมาเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลองการทำแห้งโดยพิจารณาค่า R^2 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.992 ถึง 0.999 ข้อมูลการทำแห้งของผลหม่อนสามารถอธิบายโดยใช้แบบจำลอง modified Page ได้ดีที่สุด การทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่ของน้ำ (D_{eff}) ของการใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มสูงกว่าการเตรียมแช่อิ่มโดยการไม่ใช้ไมโครเวฟร่วมด้วยเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 2.7190×10^{-07} ถึง 2.9329×10^{-07} m^2/min การใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มนั้นทำให้เวลาในการทำแห้งลดลงจาก 900 เหลือ 780 นาทีดังนั้นผลงานวิจัยจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการลดเวลาทำแห้งผลหม่อน

คำสำคัญ: ลูกหม่อน การใช้ไมโครเวฟ การเตรียมแช่อิ่ม จลนศาสตร์การทำแห้ง

คำนำ

หม่อน (*Morus nigra* L.) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Moraceae ผลหม่อนมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ มีสารไฟโตเคมีคัลในกลุ่มฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และแอนโธไซยานินในปริมาณสูง (Fazaeli และคณะ, 2013) หากแต่มีจากข้อจำกัดเรื่องของฤดูกาลเก็บเกี่ยวและผลหม่อนมีความชื้นสูง อายุการเก็บรักษาจึงสั้น ดังนั้นกระบวนแช่อิ่มอบแห้งเป็นวิธีการช่วยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผลหม่อนได้นานขึ้นและยังได้ผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค การแช่อิ่ม (Osmotic dehydration) ในสารละลายน้ำตาลเป็นการลดปริมาณความชื้นของผลไม้เพื่อให้มีปริมาณความชื้นคงตัวและสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน สารละลายน้ำตาลซูโครส 60% เวลาแช่อิ่มประมาณ 3-22 ชั่วโมง (Erle และ Schubert, 2001) ไมโครเวฟมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการสั่นสะเทือนและหมุนตัวอย่างรวดเร็วแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนทำให้เซลล์อ่อนนุ่มและทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็กมีผลต่อการดึงน้ำออกจากเซลล์ได้ง่าย การเตรียมแช่อิ่มจะช่วยทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มลง น้ำที่ยึดติดในเซลล์และระหว่างเซลล์เนื้อเยื่อถูกดึงออกจากเซลล์ได้ง่ายขึ้น เซลล์เกิดรูพรุนขนาดเล็กจึงมีส่วนช่วยเพิ่มอัตราการออสโมซีสได้สูงขึ้นอีก (Fernandes และคณะ, 2009; Botha และคณะ, 2012) ช่วยในการกำจัดอากาศที่

---

[1] สาขาความปลอดภัยทางอาหารในธุรกิจเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา 56000
[1] Division of Food Safety in Agribusiness, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000
[2] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา 56000
[2] Division of Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

อยู่ระหว่างเซลล์อย่างรวดเร็วจึงลดระยะเวลาในการทำแห้งลงได้ (Ogonek และ Lenart 2001) ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มผลหม่อนต่อการทำแห้งผลหม่อน โดยข้อมูลการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลองการทำแห้งเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับอธิบายการทำแห้ง และศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (Effective moisture diffusivity, D_{eff}) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้ในการทำแห้งลง ซึ่งมีผลในการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลหม่อน (*M. nigra* L.) สายพันธุ์เชียงใหม่จากแหล่งเดียวกันในเขตพื้นที่จังหวัดชัยภูมิ ประเทศไทย ที่มีความสุกเต็มที่นับจากเด็ดใบทิ้ง 60 วัน ขนาดใกล้เคียงกัน (~1x2.5x1 cm.) เก็บรักษาโดยแช่เย็นประมาณ~ 8°C ก่อนถูกจัดส่งมาถึงห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยพะเยาไม่เกิน 48 ชั่วโมง นำมาล้างและผึ่งที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้สะเด็ดน้ำ วิเคราะห์ปริมาณความชื้นเริ่มต้นด้วย Hot air oven (AOAC, 2000) จากนั้นเตรียมการแช่อิ่มโดยแต่ละทรีทเมนต์ใช้ผลหม่อน 500 กรัม ดังนี้

1. ผลหม่อนสดแช่อิ่มในน้ำเชื่อม 60°Brix เป็นเวลา 22 ชั่วโมง
2. ผลหม่อนสดแช่อิ่มในน้ำเชื่อม 60°Brix นำไปเข้าไมโครเวฟ (ยี่ห้อ Samsung, รุ่น GE 711K, 20L, ประเทศเกาหลี) ที่ 750 วัตต์เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นแช่อิ่มเป็นเวลา 22 ชั่วโมง
3. ผลหม่อนสดแช่ในสารละลาย 0.1% $CaCl_2$ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปแช่อิ่มในน้ำเชื่อม 60°Brix เป็นเวลา 22 ชั่วโมง
4. ผลหม่อนสดแช่ในสารละลาย 0.1% $CaCl_2$ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปแช่อิ่มในน้ำเชื่อม 60°Brix นำไปเข้าไมโครเวฟ (ยี่ห้อ Samsung, รุ่น GE 711K, 20L, ประเทศเกาหลี) ที่ 750 วัตต์เป็นเวลา 3 นาที แช่อิ่มเป็นเวลา 22 ชั่วโมง

อัตราส่วนผลหม่อนต่อน้ำเชื่อม (1:1 w/v) เมื่อทำการแช่อิ่มครบ 22 ชั่วโมง ทุกทรีทเมนต์นำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลมร้อนที่ 60°C ด้วยความเร็วลมของอากาศที่ 1 m/s บันทึกน้ำหนักผลหม่อนแช่อิ่มก่อนการทำแห้งและสุ่มออกมาชั่งทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งความชื้นลดลงจนวัดค่า Water activity (AW) $\leq$ 0.6 คำนวณอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) โดยเปรียบเทียบข้อมูลการทำแห้งจากการทดลองและข้อมูลจากการทำนายตามแบบจำลอง (สมการที่ (1)-(5)) โดยใช้เทคนิค Non-Linear Regression คัดเลือกแบบจำลองการทำแห้งที่เหมาะสมโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Correlation coefficient, R^2) ค่า Standard error of estimate (SEE) (สมการที่ 6) และค่า Root Mean Square Error (RMSE) (สมการที่ 7)

Newton model (Lewis 1921);	$MR = exp(-kt)$	(1)
Henderson and Pabis (1961);	$MR = A\,exp(-Kt)$	(2)
Modified Page (Overhult and others 1973)	$MR = exp[-(Kt)^N]$	(3)
Midilli-Kucuk model (Midilli and others 2002);	$MR = A + Bt + Ct^2$	(4)
Wang and Singh (1978);	$MR = 1+(At)+(Bt^2)$	(5)

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(MR_m - MR_p\right)^2}{n-1}} \quad (6); \qquad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(MR_m - MR_p\right)^2}{N}} \quad (7)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (Effective moisture diffusivity, D_{eff}) ของวัสดุแผ่นบาง (Slab) โดยคำนวณอัตราส่วนความชื้นจากสมการการแพร่ (สมการ ที่ 9) (Henderson และPerry,1976) สมมติฐานการเคลื่อนที่ของน้ำคล้ายคลึงกับการนำความร้อนในของแข็งสำหรับอาหารที่เป็นแผ่นบาง (Slab)

$$MR = \frac{8}{\pi^2}\exp\left[-\frac{\pi^2 D_{eff}\,t}{4L^2}\right] \quad (8)$$

เมื่อตัวแปรในสมการ MR คือ อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio) = $[(X-X_e)/(X_0-X_e)]$; K คือ ค่าคงที่การทำแห้ง (Drying constant) (นาที$^{-1}$); A, B, C, N, K_0 คือ ค่าคงที่; L คือ ครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นบาง (เมตร)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองผลหม่อนมีความชื้นเริ่มต้น 86.07 % w.b. จากนั้นเตรียมการแช่อิ่ม 4 วิธี และทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลมร้อนที่ 60°C ด้วยความเร็วลมร้อนคงที่ 1 m/s ซึ่งพบว่าปริมาณความชื้นหลังทำแห้งเฉลี่ย 60% (d.b.) มีค่า Aw 0.587 การใช้ไมโครเวฟที่ 750 W เป็นเวลา 3 นาที (ทรีทเมนต์ที่ 2 และ 4) สำหรับการเตรียมแช่อิ่มทั้งแบบไม่แช่และแช่ด้วยสารละลาย 0.1% $CaCl_2$ เป็นเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับการไม่ใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มก่อนนำไปทำแห้งซึ่งพบว่าต้องใช้เวลา 900

นาที (ทรีทเมนต์ที่ 1 และ 3) (Figure 2) และพบว่าการใช้ไมโครเวฟ (ทรีตเมนต์ที่ 2 และ 4) สามารถลดเวลาในการทำแห้งลงเหลือ 780 นาที โดยเวลาการทำแห้งที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ 13.3 ซึ่งเป็นผลเนื่องจากไมโครเวฟมีผลต่อการดึงน้ำออกจากเซลล์ได้ง่ายและการเตรียมแช่อิ่มช่วยให้น้ำที่ยึดติดในเซลล์และระหว่างเซลล์เนื้อเยื่อถูกดึงออกจากเซลล์ได้ง่ายขึ้น (Fernandes และคณะ, 2009; Botha และคณะ, 2012) จึงทำให้การทำแห้งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อพิจารณาข้อมูลการทำแห้งทุกทรีทเมนต์เปรียบเทียบกับข้อมูลของแบบจำลองการทำแห้ง (สมการที่ 1-5) โดยพิจารณาค่า R^2 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.992 ถึง 0.999 และจากค่า SEE และค่า RMSE ต่ำสุด (Table 1) พบว่าแบบจำลอง Modified Page สามารถอธิบายข้อมูลการทำแห้งเกือบทุกทรีตเมนต์ได้ดี ยกเว้นทรีทเมนต์ที่ 3 แบบจำลอง Midilli-Kucuk (Table 1) สามารถอธิบายข้อมูลการทำแห้งได้ดี แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลการทำแห้งผลหม่อนเกิดขึ้นในช่วงอัตราการทำแห้งแบบลดลง (falling rate period) และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น (D_{eff}) ของแต่ละทรีทเมนต์พบว่าการใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มก่อนการทำแห้งมีค่า D_{eff} สูงกว่าการไม่ใช้ไมโครเวฟร่วมสำหรับการเตรียมแช่อิ่ม (Table 1) ดังนั้นการใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มมีผลต่อการเพิ่มอัตราการทำแห้งจึงช่วยลดเวลาในการทำแห้งลงดังกล่าว

สรุปผล

การใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มผลหม่อนก่อนนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลมร้อนที่ 60°C สามารถทำให้ลดเวลาการทำแห้งผลหม่อนจาก 900 นาที เหลือเพียง 780 นาที คิดเป็นร้อยละ 13.3 ทั้งแบบแช่และไม่แช่ด้วยแคลเซียมคลอไรด์ แบบจำลอง modified Page เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสามารถอธิบายการทำแห้งผลหม่อนแช่อิ่มได้ดี และการใช้ไมโครเวฟสำหรับการเตรียมแช่อิ่มมีค่า D_{eff} ที่สูงกว่าการไม่ใช้ไมโครเวฟในการเตรียมแช่อิ่ม ดังนั้นข้อมูลจากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตผลหม่อนแช่อิ่มอบแห้งในการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไร่ภูเชียงทา บริษัทภูเชียงทาเฮิร์บแลนด์ จังหวัดชัยภูมิ ประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบผลหม่อน และขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยาที่เอื้อเฟื้อสถานที่ สนับสนุนอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการสำหรับในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official method of analysis. Association of Official Analytical Chemists, USA: Arlington, VA, 1015p.

Botha, G.E., Oliveira, J.C. and Ahrné, L., 2012, Quality Optimization of Combined Osmotic Dehydration and Microwave Assisted Air Drying of Pineapple Using Constant Power Emission, Food and Bioproducts Processing, 90: 171-179.

Erle, U. and Schubert, H., 2001, Combined Osmotic and Microwave-vacuum Dehydration of Apples and Strawberries, Journal of Food Engineering, 49: 193-199.

Fazaeli, M., Yousefi, S. and Emam-Djomeh, Z., 2013, Investigation on the Effects of Microwave and Conventional Heating Methods on the Phytochemicals of Pomegranate (*Punica granatum L.)* and Black Mulberry Juices, Food Research International, 50(2): 568–573.

Ferrnandes, F.A.N., Gellao, M.I. and Rodrigues, S., 2008, Effect of Osmotic Dehydration and Ultrasound Pretreatment on Cell Structure: Melon Dehydration, LWT-Food Science and Technology, 41: 604-610.

Henderson, S.M. and Pabis, S., 1961, Grain Drying Theory I. Temperature Effect on Drying Coefficient, Journal of Agricultural Engineering Research, 6(3): 169-174.

Henderson, S.M. and Perry, R.L., 1976, Agricultural Process Engineering, AVI Publishing, Westport, INC.

Lewis, W.K., 1921, The Rate of Drying of Solid Materials, Industry & Engineering Chemistry, 13(5): 427-432.

Midilli, A., 2001, Determination of Pistachio Drying Behavior and Conditions in Solar Drying System, International Journal of Energy Research, 25: 715-725. 4.

Ogonek, A. and Lenart, A., 2001, Influence of Selective Edible Coatings on Osmotic Dehydration of Strawberries, Zywnosc, 28(3): 62-74.

Overhult, D.G., White, H.E. and Ross, I.J., 1973, Drying Soybeans with Heated Air, Transactions of American

Society of Agricultural Engineers, 16(1): 112-113.

Wang, C.Y. and Singh, R.P., 1978, Use of Variable Equilibrium Moisture Content in Modelling Rice Drying, Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 11: 668–672.

Table 1 Results of statistical analysis on the modeling of dried mulberry fruits treated using different osmotic pre-treatment dehydration combined with hot air drying at 60°C

Osmotic pre-treatment	Drying model	Parameter								D_{eff} (m^2/min)
		K (min^{-1})	N	A	B	C	R^2	SEE	RMSE	
Treatment 1	Newton	.0018					0.990	0.0242	0.0237	2.7190E-07
	Henderson and Pabis	**0.002**		**0.951**			**0.997**	**0.0129**	**0.0126**	
	Modified Page	**0.002**	**0.881**				**0.997**	**0.0129**	**0.0126**	
	Midilli-Kucuk			0.941	-0.001	0.001	0.996	0.0158	0.0155	
	Wang and Singh			-0.002	9.72E-07		0.986	0.0281	0.0276	
Treatment 2	Newton model	0.002					0.979	0.0308	0.0301	2.6280E-07
	Henderson and Pabis	0.002		0.946			0.991	0.0200	0.0195	
	Modified Page	**0.002**	**0.819**				**0.999**	**0.0071**	**0.0069**	
	Midilli-Kucuk			0.957	-0.002	0.001	0.996	0.0122	0.0120	
	Wang and Singh			-0.002	1.29E-06		0.989	0.0212	0.0207	
Treatment 3	Newton	0.002					0.992	0.0224	0.0219	2.9329E-07
	Henderson and Pabis	0.002		0.985			0.993	0.0214	0.0210	
	Modified Page	0.002	1.007				0.992	0.0224	0.0219	
	Midilli-Kucuk			**0.947**	**-0.001**	**0.001**	**0.995**	**0.0183**	**0.0179**	
	Wang and Singh			-0.002	8.16E-07		0.989	0.0274	0.0268	
Treatment 4	Newton model	0.002					0.975	0.0339	0.0331	2.8627E-07
	Henderson and Pabis	0.002		0.943			0.988	0.0235	0.0229	
	Modified Page	**0.002**	**0.809**				**0.998**	**0.0100**	**0.0098**	
	Midilli-Kucuk			0.956	-0.002	0.001	0.996	0.0141	0.0138	
	Wang and Singh			-0.002	1.43E-06		0.989	0.0224	0.0218	

Remark: Osmotic pre-treatment ดังนี้
Treatment 1-น้ำตาลทราย 60°Brix แล้วแช่อิ่ม 22 ชั่วโมง, Treatment 2-น้ำตาลทราย 60°Brix+MW 750W 3 min แล้วแช่อิ่ม 22 ชั่วโมง
Treatment 3- $CaCl_2$ 0.1% 10 นาที+น้ำตาลทราย 60°Brix แล้วแช่อิ่ม 22 ชั่วโมง, และ
Treatment 4- $CaCl_2$ 0.1% 10 นาที+น้ำตาลทราย 60°Brix+ MW 750W 3 นาที แล้วแช่อิ่ม 22 ชั่วโมง

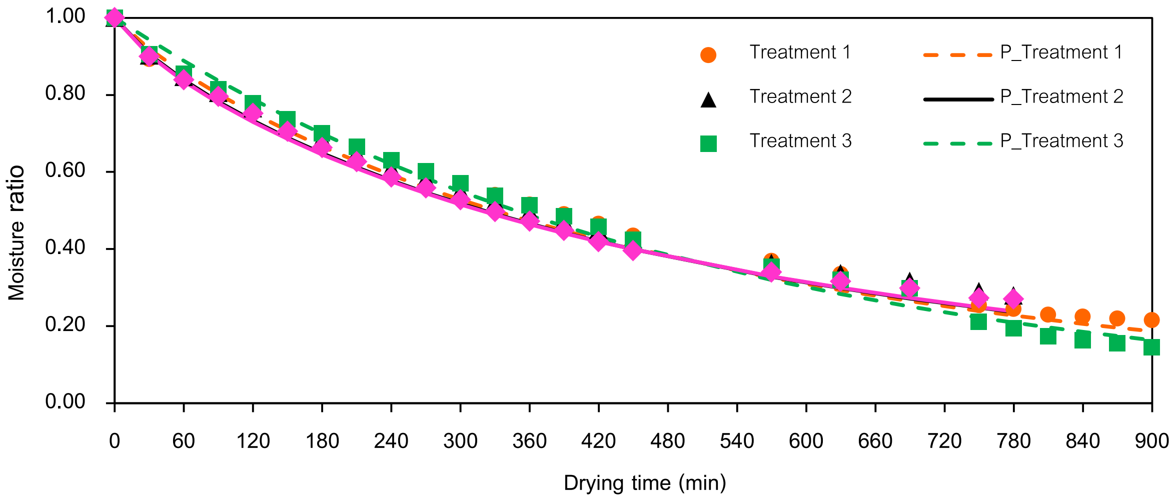


Figure 1 Drying curve of dried mulberry fruits treated using different osmotic pre-treatment dehydration combined with hot air drying at 60°C (P: Predicted data with the Modified Page model)

การพัฒนาระบบการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึก ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊ค

Deep Flow Technique Development Enhanced Growth of Green Oak and Red Oak Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

คงเอก ศิริงาม[1] วิภาภรณ์ แสวงมี[1] นราศักดิ์ บุญมี[1] และ เกศศิรินทร์ แสงมณี[1]
Siringam, K.[1], Sawaengmee, W.[1], Boonme, N.[1] and Saengmanee, K.[1]

Abstract

The objective of this research was to develop the deep flow technique (DFT) in term of triangular hydroponics system promoted the growth of green oak and red oak lettuce comparing to the typical hydroponics system including; nutrient film technique (NFT) and dynamic root floating technique (DRFT). The experiment was designed as 2×3 Factorial in randomized completely block design (RCBD) including 6 treatment combinations with 4 blocks. The results showed that the green oak and red oak lettuce varieties cultured in the NFT was highest of the growth. However, the growth of green oak and red oak lettuce varieties cultivated in the NFT was not significant difference with the growth of green oak and red oak lettuce varieties cultivated in deep flow technique (DFT) in term of triangular hydroponics system. In addition, the growth of green oak and red oak lettuce varieties was lowest when cultivated in the DRFT.

Keywords: Lettuce, hydroponics, growth, production

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาระบบการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึกในรูปแบบของชั้นปลูกผักไฮโดรพอนิกส์รูปทรงสามเหลี่ยมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คเปรียบเทียบกับระบบไฮโดรพอนิกส์ที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ ระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืชเป็นแผ่นบาง และระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก วางแผนการทดลองแบบ 2×3 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก ประกอบด้วย 6 ทรีทเมนต์คอมบิเนชัน ทรีทเมนต์คอมบิเนชันละ 4 บล็อก จากการศึกษาพบว่า ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางมีการเจริญเติบโตมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึกในรูปแบบของชั้นปลูกผักไฮโดรพอนิกส์รูปทรงสามเหลี่ยม ในขณะที่ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูกมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ผักกาดหอม ไฮโดรพอนิกส์ การเจริญเติบโต การผลิต

คำนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชผักที่มีปริมาณเส้นใยและคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งนิยมนำผลผลิตสดมาบริโภคและนำมาใช้ประโยชน์ในการตกแต่งอาหาร และมีมูลค่าทางการตลาดสูง โดยผักกาดหอมที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ได้แก่ พันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊ค และเป็นพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ ซึ่งการปลูกพืชในระบบไฮโดรพอนิกส์เป็นระบบการปลูกพืชที่สามารถผลิตพืชภายในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในด้านขนาดพื้นที่และความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ อย่างไรก็ตามการปลูกพืชในระบบนี้ต้องมีการจัดการระบบการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารแก่พืชที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณออกซิเจนที่พืชได้รับ ซึ่งหากระบบมีการจัดการระบบการให้น้ำและ

[1]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220
[1] Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Anusawaree Bangkhen Bangkok 10220

สารละลายธาตุที่ไม่มีประสิทธิภาพจะส่งผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจนที่พืชได้รับและมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึก (Deep Flow Technique; DFT) ที่ได้รับสภาวะอุณหภูมิสูง (ดิเรก, 2546) จากปัญหาที่กล่าวมาทำให้สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ทำการพัฒนาระบบไฮโดรพอนิกส์ที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึก (DFT) ในรูปแบบของชั้นปลูกผักไฮโดรพอนิกส์รูปทรงสามเหลี่ยมที่สามารถควบคุมการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารแก่พืชได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึกในรูปแบบของชั้นปลูกผักไฮโดรพอนิกส์รูปทรงสามเหลี่ยมที่พัฒนาโดยสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครเปรียบเทียบกับระบบไฮโดรพอนิกส์ที่เป็นที่นิยมทางการค้า ได้แก่ ระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืชเป็นแผ่นบาง (Nutrient Film Technique, NFT) และระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก (Dynamic Root Floating Technique, DRFT)

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คในถ้วยปลูก ขนาด 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีวัสดุเพาะประกอบด้วย เวอร์มิคิวไลท์ (vermiculite) และเพอร์ไลท์ (perlite) อัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร หลังจากนั้นนำถ้วยปลูกวางลงในกระบะพลาสติก ขนาด 30×45 เซนติเมตร ที่มีน้ำกลั่นสูงประมาณ ¼ ของถ้วยปลูก และนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส หลังจากเมล็ดเริ่มงอกจนเจริญเป็นต้นกล้าให้นำต้นกล้าไปไว้ในที่ที่มีแสงแดดรำไร เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบจริงจึงเติมสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนครที่ประกอบด้วย แคลเซียมไนเตรท โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต โพแทสเซียมไนเตรท แมกนีเซียมซัลเฟต และจุลธาตุรวม ที่มีการเจือจางสารละลายธาตุอาหารให้มีความเข้มข้น ½ เท่า แก่ต้นกล้า โดยเติมสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนครที่เจือจาง ความเข้มข้น ½ เท่า ลงในกระบะพลาสติกสูงประมาณ ¼ ของถ้วยปลูก เมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด จึงย้ายถ้วยปลูกที่มีต้นกล้าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คลงปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารพืชผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางบนรางปลูกอย่างต่อเนื่อง (NFT) ระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึก (DFT) ในรูปแบบของชั้นปลูกผักไฮโดรพอนิกส์รูปทรงสามเหลี่ยม และระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก (DRFT) ทำการศึกษาปัจจัย จำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ พันธุ์ผักกาดหอมและระบบไฮโดรพอนิกส์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×3 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกจำนวน 4 บล็อก ทำการบันทึกข้อมูล ทุก 7 วัน โดยข้อมูลที่ทำการบันทึก ประกอบด้วย จำนวนใบ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดส่วนต้นและส่วนราก และน้ำหนักแห้งส่วนต้นและส่วนราก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า อิทธิพลของพันธุ์ผักกาดหอมและระบบไฮโดรพอนิกส์มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่มีอายุ 7 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ที่แตกต่างกัน แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืชเป็นแผ่นบาง (NFT) และระบบไฮโดรพอนิกส์ที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและอากาศผ่านรากพืชในระดับน้ำลึก (DFT) ในรูปแบบของชั้นปลูกผักไฮโดรพอนิกส์รูปทรงสามเหลี่ยม (Figure 1 and Figure 2) โดยผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบ NFT มีจำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนต้นมากที่สุด เท่ากับ 17.00 และ 16.25 ใบ (Figure 1A) 32.07 และ 31.94 เซนติเมตร (Figure 1C) 57.94 และ 47.62 กรัม (Figure 2A) 6.43 และ 5.34 กรัม (Figure 2A) 2.67 และ 2.42 กรัม (Figure 2B) ตามลำดับ ส่วนผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบ DFT ในรูปแบบของชั้นปลูกผักไฮโดรพอนิกส์รูปทรงสามเหลี่ยมมีความสูงมากที่สุด เท่ากับ 9.21 และ 2.82 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบ NFT (Figure 1B)

ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าระบบ NFT เป็นระบบปลูกพืชที่มีการเคลื่อนที่และการหมุนเวียนของสารละลายธาตุอาหารผ่านบริเวณรากภายในระบบปลูกพืชในลักษณะฟิล์มบางที่มีความหนา ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ซึ่งมีผลทำให้รากพืชได้รับ

ออกซิเจนที่เกิดจากการหมุนเวียนของสารละลายธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมจึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี (อาณัฐ , 2542) ซึ่งสอดคล้องกับอิทธิสุนทร (2544) ที่รายงานว่า ระบบ NFT เป็นระบบปลูกพืชที่มีการให้น้ำแก่พืชตลอดเวลาส่งผลให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตามการปลูกพืชในระบบ NFT ควรคำนึงถึงความยาวของรางปลูก ซึ่งควรมีความยาวรางไม่เกิน 10 เมตร เนื่องจากอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนระหว่างหัวและท้ายรางจนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ (อารักษ์, 2544)

ส่วนผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบ DRFT มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด เนื่องจากระบบนี้มีการดัดแปลงมาจากระบบ DFT แต่ใช้ฟองน้ำเป็นวัสดุค้ำจุนต้นพืชในระบบปลูกพืชซึ่งทำให้ผักกาดหอมสามารถดูดซึมน้ำและธาตุอาหารได้ดี แต่อาจประสบปัญหาในด้านการแลกเปลี่ยนอากาศบริเวณรากมีผลทำให้พืชได้รับปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอและส่งผลทำให้การเจริญเติบโตลดลงได้ โดย Yuga และคณะ (2001) รายงานว่า อัตราการถ่ายโอนประจุของออกซิเจนใกล้กับพื้นผิวรากส่งผลต่อการแพร่ของสารละลายและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำแตกต่างกัน เช่นเดียวกับงานทดลองของ Gislerød และ Kempton (1983) ที่รายงานว่า อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักราก พื้นที่ใบ การดูดซึมน้ำ และผลผลิตของแตงกวาและ มะเขือเทศลดลงเมื่อปลูกในระบบ NFT ที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้น้อย ซึ่งให้ผลในทิศทางเดียวกันกับงานทดลองของ Soffer และคณะ (1991) ที่รายงานว่า การเจริญเติบโตของ *Chrysanthemum* และ *Ficus* ลดลงเมื่อปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้น้อย

สรุปผล

ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบ NFT และ DFT ในรูปแบบของชั้นปลูกผักไฮโดรพอนิกส์รูปทรงสามเหลี่ยม มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน และมีการเจริญเติบโตมากกว่าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบ DRFT อย่างมีนัยสำคัญ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย นักศึกษา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ทองอร่าม, 2546, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี: 640 หน้า.

อานัฐ ตันโช, 2542, ไฮโดรโพนิกส์; เทคนิคการปลูกพืชโดยไร้ดิน, แม่โจ้ปริทัศน์, 1(1): 115-121.

อารักษ์ ธีรอำพน, 2544, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, พิมพ์ครั้งที่ 2, นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: 15.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2544, สารละลายธาตุอาหารพืชและการจัดการสารสารละลายธาตุอาหารพืช, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, พิมพ์ครั้งที่ 2. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: 30-35.

Gislerød, H.R. and Kempton, R.J., 1983, The Oxygen Content of Flowing Nutrient Solutions used for Cucumber and Tomato Culture, Scientia Horticulturae, 20(1): 23-33.

Soffer, H., Burger, D.W. and Lieth, J.H., 1991, Plant Growth and Development of *Chrysanthemum* and *Ficus* in aero-hydroponics: Response to Low Dissolved Oxygen Concentrations, Scientia Horticulturae, 45(3-4): 287-294.

Yuga, N., Shinichi, W., Kunio, O. and Jiro, T., 2001, Effects of Flow Rate of Hydroponic Nutrient Solution on Growth and Ion Uptake by Tomato Seedlings, Environment Control in Biology, 39(3): 199-204.

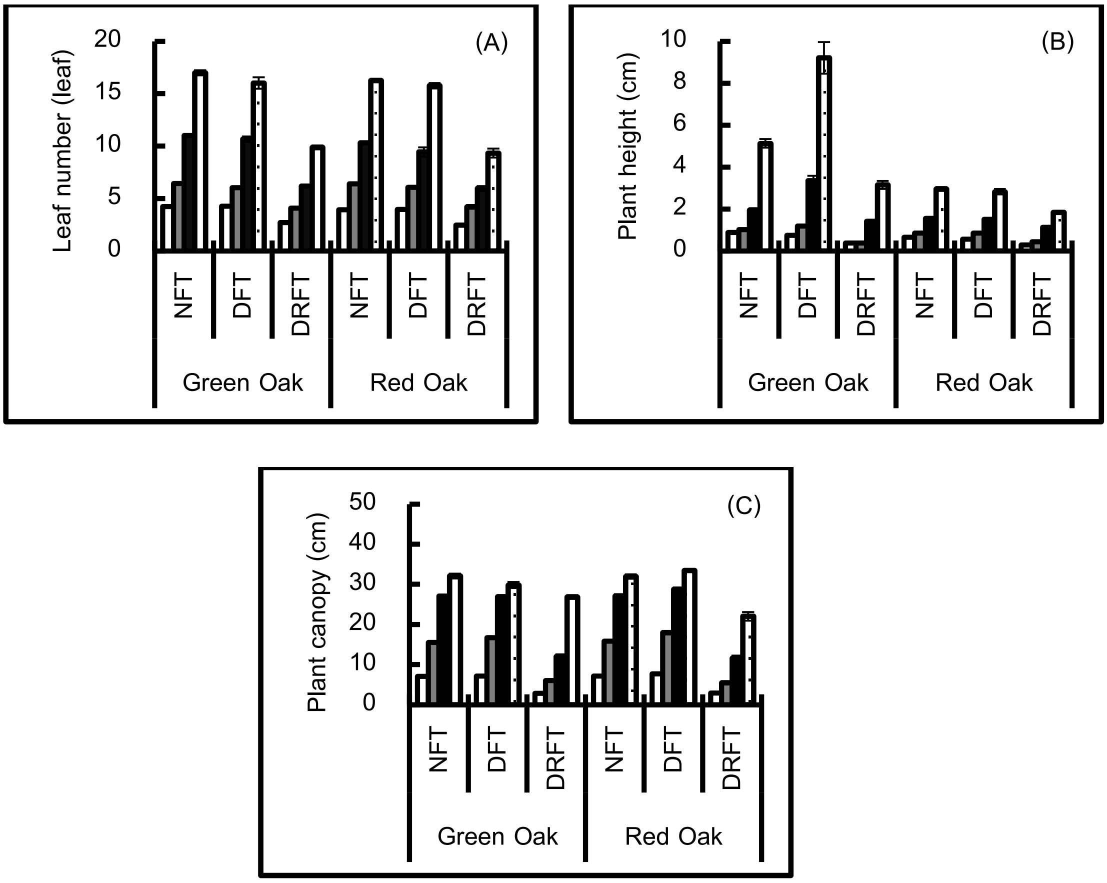


Figure 1 Leaf number (A), plant height (B) and plant canopy (C) of green oak and red oak lettuce varieties cultured in the difference hydroponics systems for 7 (□), 14 (■), 21 (■) and 28 (□) days after transplants.

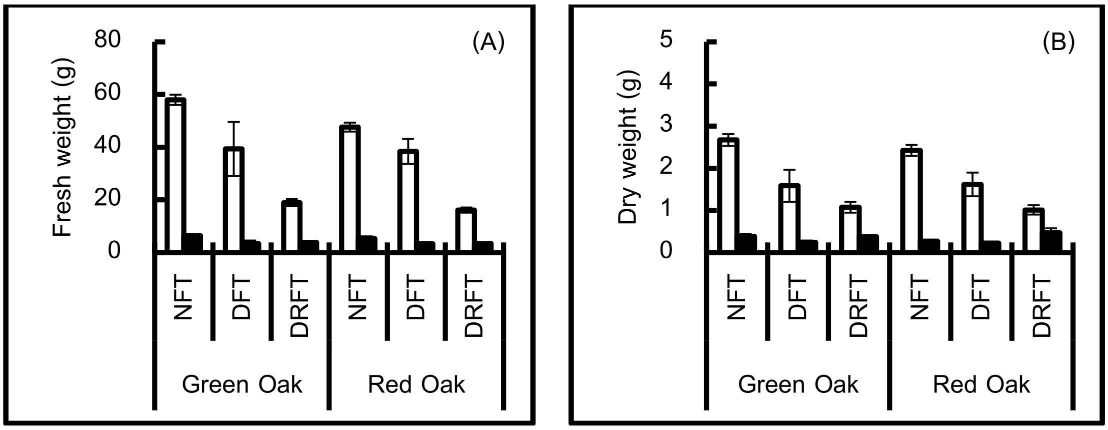


Figure 2 Fresh weight (A) and dry weight (B) of shoots and roots of green oak and red oak lettuce varieties cultured in the difference hydroponics systems for 28 days after transplants.

ผลของการเพิ่มความเข้มข้นของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนครต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์

Influence of Enhancement of Nitrogen, Potassium and Calcium Concentrations in Phranakhon Nutrient Solution Formula on Growth of Red Oak Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Hydroponics System

คงเอก ศิริงาม[1] นราศักดิ์ บุญมี[1] วิชิตชัย ฮานาฟี[1] และ ชัยวัฒน์ อาบสุวรรณ[1]
Siringam, K.[1], Boonme, N.[1], Hanafee W.[1] and Absuwan C.[1]

Abstract

The objective of this research was to demonstrate the effect of the increasing of nitrogen (N), potassium (K) and calcium (Ca) in Phranakhon (P), Modified Phranakhon 1 (MP 1), Modified Phranakhon 2 (MP 2), Modified Phranakhon 3 (MP 3) nutrient solutions comparing to the commercial solution (Salad station) on the growth and plant pigment content of red oak lettuce cultured in the hydroponics systems. The experiment was designed as randomized completely block design (RCBD) including 5 treatments with 4 blocks. The results showed that the red oak lettuce cultured in the commercial nutrient solution formula had the greatest growth including; height, leaf number, plant canopy, shoot fresh weight and shoot dry weight and also the contents of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll and total carotenoids

Keywords: Lettuce, hydroponics, growth, nutrient solution

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มความเข้มข้นของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร สูตรพระนครดัดแปลง 1 สูตรพระนครดัดแปลง 2 สูตรพระนครดัดแปลง 3 เปรียบเทียบกับสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า (Salad Station) ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก จำนวน 5 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ จากการศึกษาพบว่า ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ามีการเจริญเติบโตในส่วนของความสูง จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนต้น ปริมาณรงควัตถุภายในใบประกอบด้วย คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด มากที่สุด

คำสำคัญ: ผักกาดหอม ไฮโดรพอนิกส์ การเจริญเติบโต สารละลายธาตุอาหาร

คำนำ

การปลูกพืชในระบบไฮโดรพอนิกส์ (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารที่มีการควบคุมปริมาณน้ำและปริมาณสารละลายธาตุอาหารแก่พืช ปัจจุบันมีการนำการปลูกพืชในระบบไฮโดรพอนิกส์มาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการปลูกพืชในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดของขนาดพื้นที่และความอุดมสมบูรณ์ของดิน อย่างไรก็ตามความสำเร็จของการปลูกพืชในระบบไฮโดรพอนิกส์มีความสัมพันธ์กับการจัดการธาตุอาหารภายในสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในสารละลายธาตุอาหารล้วนส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารภายในพืช การเจริญเติบโต และปริมาณรงควัตถุภายในใบของพืช (คงเอก, 2557; สุภกิจ และ โสระยา, 2553) โดยพืชผักที่นิยมนำมาปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ คือ ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Asteraceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและยุโรปแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน รวมทั้งเป็นพืชผักที่นิยมนำมาบริโภคสดและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีคุณค่าทางโภชนาการและมูลค่าทางการตลาดสูง ซึ่งพันธุ์ผักกาดหอมที่นิยมนำมาปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค คือ พันธุ์เรดโอ๊ค ซึ่งมีสีสันสวยงามและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Shoemaker, 1947; Liu และคณะ 2007) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์

[1]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220
[1]Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Anusawaree Bangkhen Bangkok 10220

เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มความเข้มข้นของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนครต่อการเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คในถ้วยปลูก ขนาด 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีวัสดุเพาะ ประกอบด้วยเวอร์มิคิวไลท์ (vermiculite) และเพอร์ไลท์ (perlite) อัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร หลังจากนั้นนำถ้วยปลูกวางลงในกระบะพลาสติก ขนาด 30×45 เซนติเมตร ที่มีน้ำกลั่นสูงประมาณ ¼ ของถ้วยปลูก และนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส หลังจากเมล็ดเริ่มงอกจนเจริญเป็นต้นกล้าให้นำต้นกล้าไปไว้ในที่ที่มีแสงแดดรำไร เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบจริง จึงเติมสารละลายธาตุอาหารที่มีการเพิ่มความเข้มข้นของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียม (เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร) ตามลำดับ สูตรพระนครดัดแปลง 1 (50 60 และ 35 เปอร์เซ็นต์) สูตรพระนครดัดแปลง 2 (100 120 และ 70 เปอร์เซ็นต์) สูตรพระนครดัดแปลง 3 (150 180 และ 100 เปอร์เซ็นต์) และสูตรการค้า (Salad Station) ที่เจือจาง ความเข้มข้น ½ เท่า แก่ต้นกล้าผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊ค โดยเติมสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร สูตรพระนครดัดแปลง 1 สูตรพระนครดัดแปลง 2 สูตรพระนครดัดแปลง 3 และสูตรการค้าที่เจือจาง ความเข้มข้น ½ เท่า ลงในกระบะพลาสติกสูงประมาณ ¼ ของถ้วยปลูก เมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด จึงย้ายถ้วยปลูกที่มีต้นกล้าผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คลงปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารพืชผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางบนรางปลูกอย่างต่อเนื่อง (Nutrient Film Technique, NFT) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก โดยทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่มีอายุ 28 วันหลังย้ายปลูก ดังนี้ ความสูง จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดส่วนต้นและส่วนราก น้ำหนักแห้งส่วนต้นและส่วนราก และปริมาณรงควัตถุภายในใบ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ตามวิธีการของ Shabala และคณะ (1998) และ Lichtenthaler (1987)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่มีอายุ 28 วันหลังย้ายปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ (Figure 1 and Figure 2) โดยผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ามีความสูง จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสดส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนต้นมากที่สุด เท่ากับ 5.89 เซนติเมตร (Figure 1A) 22.63 เซนติเมตร (Figure 1B) และ 24.92 เซนติเมตร (Figure 1C) 66.67 กรัม และ 3.12 กรัม (Figure 2A and Figure 2B) ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าองค์ประกอบของธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า มีปริมาณที่เหมาะสมส่งผลทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารพืช และทำให้ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับงานทดลองของเยาวพา และ นิสา (2552) ที่รายงานว่า สารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer และ Enshi มีผลทำให้ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คมีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Lettuce และ DCWT1 ในขณะที่ คงเอก และคณะ (2557) รายงานว่า ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและคอสที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร 1 และสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าที่ 1 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและคอสที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าที่ 2 โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารมีผลทำให้เกิดการการสะสมธาตุอาหาร การเจริญเติบโต และปริมาณรงควัตถุภายในใบของผักกาดหอมพันธุ์คอส (คงเอก, 2557) ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นสูตร Salad Station ซึ่งอาจมีความแตกต่างขององค์ประกอบของธาตุอาหารที่แตกต่างจากสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ผ่านมาจึงมีผลทำให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกัน

ส่วนปริมาณรงควัตถุภายในใบของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด มีปริมาณมากที่สุด (Figure 3) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการการสังเคราะห์รงควัตถุ ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก (Heldt, 2005) ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์รงควัตถุยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารที่พืชได้รับดังรายงานของ สุภกิจ และ โสระยา (2553) ที่รายงานว่า การเพิ่มปริมาณแคลเซียมร่วมกับแมกนีเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูตร CMU#2 มีผลทำให้ความเขียวของใบคะน้าจีนเพิ่มขึ้น คิดเป็น 123 เปอร์เซ็นต์

สรุปผล

ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ามีการเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุมากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย นักศึกษา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

คงเอก ศิริงาม, 2557, ผลของโพแทสเซียมต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร, 9(1): 16-32.

กุลิสรา ธีระวิภา และณัฐวุฒิ ไหลหาโคตร, 2557, ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22(6)(ฉบับพิเศษ): 828-836.

นิสา แซ่ลิ้ม และเยาวพา จิระเกียรติกุล, 2552, การเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอคที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสารละลายสูตรต่าง ๆ, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 17(2): 81-88.

สุภกิจ ไชยพุฒ และโสระยา ร่วมรังษี, 2553, ผลของระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของคะน้าจีนที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์, วารสารเกษตร, 26(2): 147-155.

Lichtenthaler, H.K., 1987, Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes, Methods in Enzymology, 148: 350-380.

Liu, X., Ardo, S., Bunning, M., Parry, J., Zhou, K., Stushnoff, C., Stoniker, F., Liangli, Y. and Kendall, P., 2007, Total Phenolic Content and DPPH Radical Scavenging Activity of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Colorado, Food Science and Technology, 40(3): 552-557.

Shabala, S.N., Shabala, S.I., Martynenko, A.I., Babourina, O. and Newman, I.A., 1998, Salinity Effect on Bioelectric Activity, Growth, Na^+ Accumulation and Chlorophyll Fluorescence of Maize Leaves: A Comparative Survey and Prospects for Screening, Australian Journal of Plant Physiology, 25: 609-616.

Shoemaker, J.S., 1947, “Salad Crop” Vegetable Growing. New York: John Wiley and Sons. Inc.

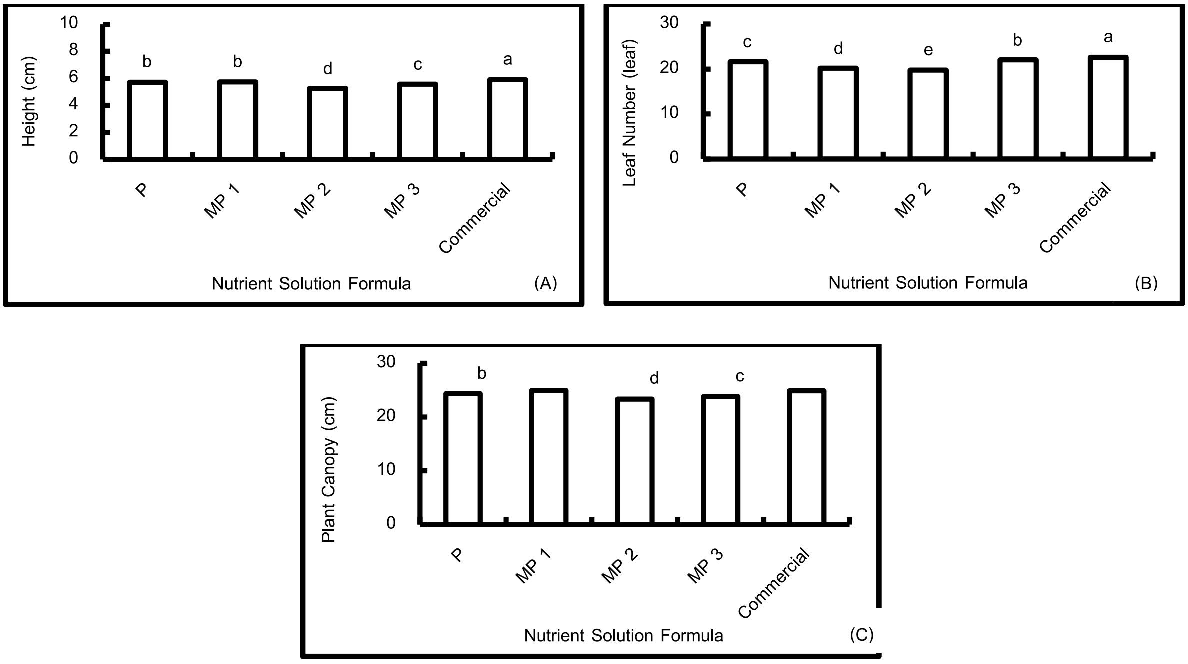


Figure 1 Height (A), leaf number (B) and plant canopy (C) of red oak lettuce cultured in hydroponic system containing the difference nutrient solution formulas in hydroponics system for 28 days after transplants.

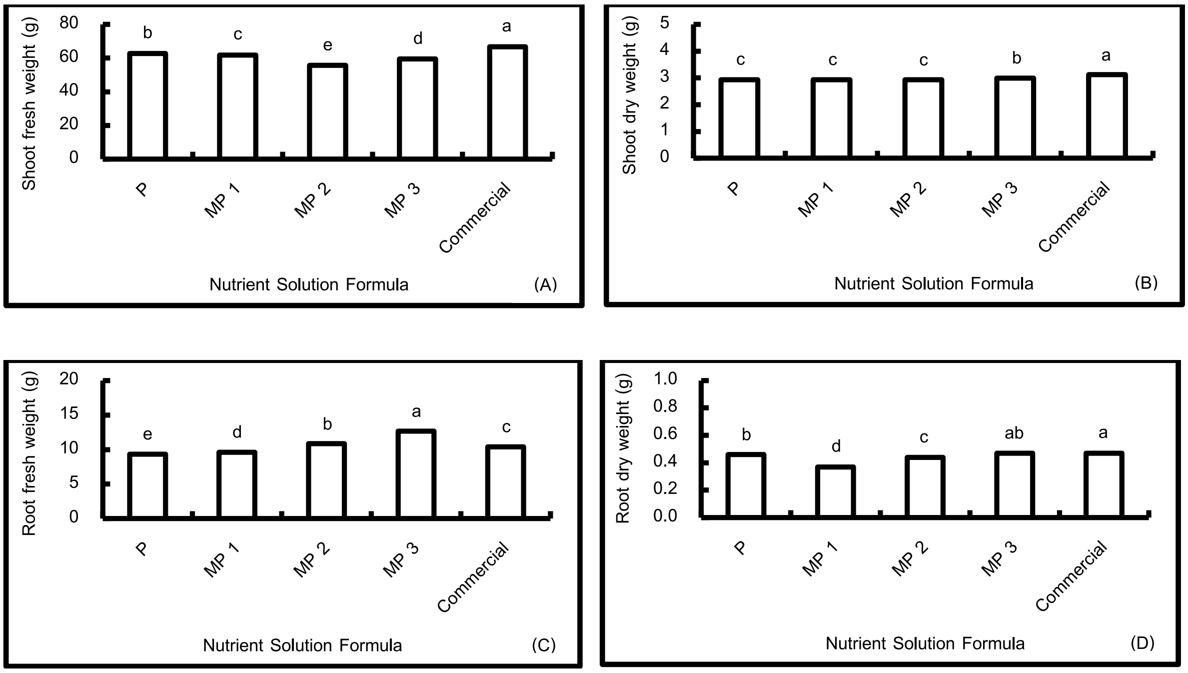


Figure 2 Shoot fresh weight (a), shoot dry weight (b), root fresh weight (c) and root dry weight (D) of red oak lettuce cultured in hydroponic system containing nutrient solution formulas in hydroponics system for 28 days after transplants.

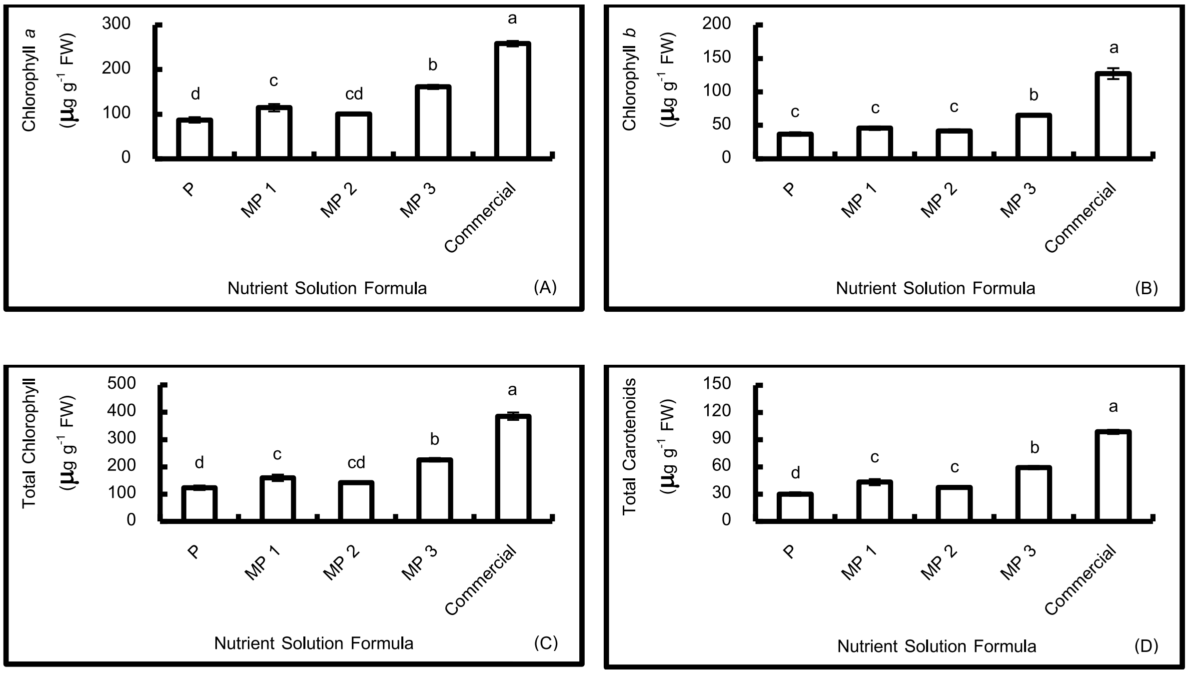


Figure 3 Chlorophyll *a* (A), chlorophyll *b* (B), total chlorophyll (C) and total carotenoids (D) in leaves of red oak lettuce cultured in hydroponic system containing nutrient solution formulas in hydroponics system for 28 days after transplants.

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 657-660 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 657-660 (2559)

การประเมินความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดฝักอ่อนโดยการวิเคราะห์พืช

Evaluating Nutrient Requirements of Baby Corn through Plant Analysis

ทิวาพร ผดุง[1] ภาณุมาศ โคตรพงศ์[2] ปัญจพร เลิศรัตน์[1] ศุภกาญจน์ หล่ายแปด[1] และ การิตา จงเจือกลาง[2]
Phadung, T.[1], Kotepong, P.[2], Lertrat, P.[1], Laipad, S[1]. and Chongchuaklang, K.[2]

Abstract

Plant analysis has been considered a valuable tool to assess nutrient requirements for applying corrective amount of fertilizer. Therefore, nutrient content in baby corn during the growing season and nutrient removal by yield were studied. Results demonstrated that the highest concentration of nitrogen (N) was found in all plant parts (stem leaves root and yield) followed by potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and phosphorus (P). The assessment of nutrient uptake showed that baby corn required high levels of N fertilizer throughout the growing period. The rate of K_2O uptake increased 2 times during flag leaf emergence, while increased of P_2O_5 uptake occurred after detasseling. In this study, the proper ratio of N-P-K for baby corn was 3:1:2. The amounts of N, P_2O_5 and K_2O required through the developmental stages were 15.32, 4.92, and 12.38 kg/rai. The N, P_2O_5 and K_2O removed by yield were 2.73, 1.02 and 1.55 kg/ton, respectively.
Keywords: baby corn, plant analysis, nutrient requirements

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์พืชเป็นเครื่องมือที่สำคัญซึ่งนำมาใช้ในการประเมินความต้องการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการให้ปุ๋ยที่ตรงกับความต้องการของพืช จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในระหว่างการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า ส่วนของลำต้น ใบ รากและผลผลิต มีปริมาณไนโตรเจน (N) สูงที่สุด รองลงมาคือ โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และฟอสฟอรัส (P) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความต้องการธาตุอาหาร พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนมีความต้องการปุ๋ย N สูงสุดและมีปริมาณใกล้เคียงกันทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนระยะที่มีใบธงมีความต้องการ K_2O เพิ่มขึ้น 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น ขณะที่ P_2O_5 มีความต้องการค่อนข้างต่ำ โดยข้าวโพดฝักอ่อนมีความต้องการธาตุอาหารในสัดส่วน 3:1:2 คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยธาตุอาหารหลักที่ใช้ในการเจริญเติบโต เท่ากับ 15.32-4.92-12.38 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และมีปริมาณปุ๋ยที่สูญเสียไปกับผลผลิต 1 ตัน เท่ากับ 2.73-1.02-1.55 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ตามลำดับ
คำสำคัญ: ข้าวโพดฝักอ่อน การวิเคราะห์พืช ความต้องการธาตุอาหาร

คำนำ

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงมีตลาดรองรับทั้งในรูปฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยมีการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนไปจำหน่ายยังต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชที่มีอายุสั้นการดูแลรักษามีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากสามารถปลูกหมุนเวียนได้ตลอดทั้งปีจึงทำให้เกษตรกรนิยมปลูกกันเป็นจำนวนมาก แม้ว่าการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีมากมายนัก(กรมส่งเสริมการเกษตร, 2535) แต่ปัจจุบันเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานและต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะปุ๋ยเคมีที่มีราคาสูงขึ้น ซึ่งการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนของเกษตรกร โดยทั่วไปจะมีการให้ปุ๋ยตามอัตราปุ๋ยที่แนะนำซึ่งเป็นอัตราการใช้ปุ๋ยอย่างกว้างๆ คือ ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 21-0-0 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (เสน่ห์ และ วันชัย, 2547) ซึ่งอัตราปุ๋ยที่แนะนำอาจไม่ตรงตามความต้องการของพืช เนื่องจากในแต่ละพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่เท่ากัน อีกทั้งในปัจจุบันพันธุ์พืชและสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกได้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งภาวะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

[1] กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Chatuchack, Bangkok, 10900
[2] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Chatuchack, Bangkok, 10900

อาจมีผลทำให้พืชไม่สามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างเหมาะสม (Ross และคณะ, 2013) การใช้วิธีวิเคราะห์พืชทำให้ทราบปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ไปในระหว่างการเจริญเติบโตและสูญเสียไปกับผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว ทำให้ประมาณการได้ว่าในแต่ละฤดูการผลิตพืชมีการใช้ธาตุอาหารไปมากน้อยเพียงใดเพียงใด ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำมาวางแผนการจัดการธาตุอาหารพืชโดยให้ปุ๋ยในปริมาณเท่ากับที่พืชใช้ไปในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการธาตุอาหารในแต่ละระยะการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการให้ปุ๋ยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกแปลงปลูกข้าวโพดฝักอ่อนที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน Good agricultural practice (GAP) ที่ผลิตเพื่อการส่งออกในพื้นที่ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จำนวน 3 แปลง สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกที่ระดับความลึก 0-15 และ 0-30 เซนติเมตร นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดิน (เนื้อดิน pH, EC, OM, Avail. P, Exch. K Ca และ Mg) ตามวิธี AOAC (1990) ประยุกต์โดยกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2544) ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ SG 20 ซุปเปอร์ ระยะปลูก 40x50 เซนติเมตร จำนวน 3 ต้นต่อหลุม การปฏิบัติดูแลรักษาแปลงเป็นไปตามวิธีของเกษตรกร ก่อนปลูกรองพื้นด้วยปุ๋ย 16-16-16 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นมีอายุ 15 วัน และ 40 วัน ให้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง และให้น้ำตามร่องปลูกเฉลี่ย 3 วันต่อครั้ง เก็บตัวอย่างข้าวโพดฝักอ่อน 3 ระยะ ได้แก่ ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth) ระยะใบธง (reproductive growth) และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (harvesting period) แปลงละ 30 ต้นต่อครั้ง แยกตัวอย่างพืชเป็นส่วนลำต้น ใบ รากและผลผลิต ล้างทำความสะอาดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน เมื่อตัวอย่างพืชแห้งและมีน้ำหนักคงที่นำไปบดละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม ตามวิธี AOAC (1990) ประยุกต์โดยกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน (2544) แล้วนำผลวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารไปคำนวณหาปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวโพดฝักอ่อนต้องการใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ

วิเคราะห์สมบัติของดินก่อนการทดลอง พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วน ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง มีค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) 1.92 dS/m ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก ส่วนโพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ปานกลาง (Table 1)

หลังการทดลองดินมีระดับ pH ลดลง ปฏิกิริยาดินเป็นด่างอ่อน ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ยังคงอยู่ในระดับสูงมาก โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและยังคงอยู่ในระดับปานกลาง (Table 1)

2. ความเข้มข้นธาตุอาหารพืช

วิเคราะห์ความเข้มข้นของ N P K Ca และ Mg ในลำต้น ใบและรากของข้าวโพดฝักอ่อนในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น พบว่า ลำต้นและใบมีความเข้มข้นของ N สูงที่สุดเฉลี่ย 3.10% รองลงมาคือ K 1.66% Ca 0.71% Mg 0.50% และมี P น้อยที่สุด 0.17% เช่นเดียวกับในรากที่พบว่า มีความเข้มข้นของ N สูงที่สุดเฉลี่ย 1.94% รองลงมาคือ K 0.79% Ca 0.28% Mg 0.14% และ P 0.10% ตามลำดับ (Table 2)

ระยะใบธง พบว่า ส่วนของใบธงมีความเข้มข้นของ N P และ K สูงกว่าในส่วนของลำต้น ใบและราก เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของธาตุอาหารในลำต้นและใบจะเห็นได้ว่ามีความเข้มข้นต่ำกว่าในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นทั้งๆ ที่มีมวลของต้นเพิ่มขึ้นนั้นน่าจะเกิดจากการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากส่วนของลำต้นและใบที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วไปยังส่วนของใบธงที่กำลังเจริญเติบโต สอดคล้องกับ ยงยุทธ (2543) ที่กล่าวว่า N จากใบแก่จะเคลื่อนย้ายไปยังเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนาและส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน (Table 2)

ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ฝักมีความเข้มข้นของ N P และ K สูงที่สุดเมื่อเทียบกับในส่วนของลำต้น ใบและราก โดยมีค่าเฉลี่ย N 3.52% P 0.58% และ K 1.66% ขณะที่ในส่วนของลำต้นมีความเข้มข้นเฉลี่ยของ N 1.56% P 0.22% และ K 1.08% ส่วนของรากมีความเข้มข้นเฉลี่ยของ N 1.17% P 0.14% และ K 0.59% (Table 2)

Table 1 Soil properties before planting and after harvesting baby corn.

	pH	EC_e (dS/m)	OM (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Before planting	8.08	1.92	1.40	272.53	77.75	3,259.47	139.88
After harvesting	7.50	1.98	1.77	274.19	63.83	3,148.52	142.28

Table 2 Means of nutrient concentration in different parts of baby corn during the growing season.

Growth stages	Plant part	Nutrient concentration (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Vegetative growth	stem and leaf	3.10	0.17	1.66	0.71	0.50
	root	1.94	0.10	0.79	0.28	0.14
	total	5.04	0.27	2.45	0.99	0.64
Reproductive growth	stem and leaf	1.62	0.11	1.15	0.44	0.34
	flag leaf	2.24	0.20	1.86	0.24	0.21
	root	1.45	0.10	0.72	0.21	0.12
	total	5.31	0.41	3.73	0.89	0.67
Harvesting	stem and leaf	1.56	0.22	1.08	0.42	0.28
	root	1.17	0.14	0.59	0.34	0.14
	ear	3.52	0.58	1.66	0.20	0.29
	total	6.25	0.98	3.33	0.96	0.71

3. การประเมินความต้องการธาตุอาหาร

นำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ N P K Ca และ Mg ที่วิเคราะห์ได้มาคำนวณเป็นปริมาณธาตุอาหารในส่วนลำต้นใบ รากและผลผลิตโดยน้ำหนักแห้ง เพื่อประเมินความต้องการธาตุอาหารในระหว่างการเจริญเติบโต โดยใช้หลักการว่าปริมาณธาตุอาหารที่ปรากฏในต้นที่แสดงถึงปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ (ประสิทธิ์ และสุนทรี, 2554) พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนมี N เป็นองค์ประกอบในส่วนของลำต้นและใบมากที่สุด รองลงมาคือ K Ca Mg และ P ตามลำดับ ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ข้าวโพดฝักอ่อน 1 ต้น มีปริมาณ N 0.261 กรัม P 0.014 กรัม K 0.138 กรัม Ca 0.059 กรัม และ Mg 0.041 กรัม ระยะใบธง ข้าวโพดฝักอ่อน 1 ต้น มีปริมาณ N 0.557 กรัม P 0.040 กรัม K 0.397 กรัม Ca 0.133 กรัม และ Mg 0.103 กรัม ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ข้าวโพดฝักอ่อน 1 ต้น มีปริมาณ N 0.854 กรัม P 0.121 กรัม K 0.560 กรัม Ca 0.220 กรัม และ Mg 0.143 กรัม (Table 3) สำหรับการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิต พบว่า ผลผลิตฝักสด 1 ตัน มีปริมาณ N P K Ca และ Mg เท่ากับ 2.734, 0.447, 1.289, 0.158 และ 0.227 กิโลกรัม (Table 3)

เมื่อพิจารณาความต้องการธาตุอาหาร พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อน มีความต้องการปุ๋ย N สูงสุดและมีปริมาณใกล้เคียงกันทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนระยะที่มีใบธงมีความต้องการ K_2O เพิ่มขึ้น 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น ขณะที่ P_2O_5 มีความต้องการค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับ Ross และคณะ (2013) ที่รายงานว่าข้าวโพดมีความต้องการ N และ K_2O คล้ายคลึงกันโดยปริมาณของ N และ K_2O กว่าสองในสามส่วนจะถูกนำมาใช้ในระยะก่อนหรือระหว่างออกไหม ขณะที่ P_2O_5 ปริมาณมากกว่าครึ่งจะถูกนำมาใช้หลังจากข้าวโพดออกไหมแล้วซึ่งความต้องการ N P_2O_5 และ K_2O จะเพิ่มขึ้นตลอดระยะการเจริญเติบโต โดยการสะสมธาตุอาหารจะเพิ่มถึงจุดสูงสุดในระยะที่ต้นเจริญเติบโตพร้อมเก็บเกี่ยว (Lei และคณะ, 2000)

จากผลการทดลองข้างต้นเมื่อนำปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของต้นข้าวโพดฝักอ่อนมาคำนวณปริมาณธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยธาตุอาหารหลัก พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนมีความต้องการใช้ปุ๋ยในการเจริญเติบโต เท่ากับ 15.32-4.92-12.38 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีปริมาณปุ๋ยที่สูญเสียไปกับผลผลิต 1 ตัน เท่ากับ 2.73-1.02-1.55 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ (Table 4) คิดเป็นสัดส่วนปุ๋ยประมาณ 3:1:2

Table 3 Means of nutrient content in different parts of baby corn during the growing season.

Growth stage	Plant part	Nutrient content (g/plant)				
		N	P	K	Ca	Mg
Vegetative growth	stem and leaf	0.250	0.014	0.134	0.057	0.040
	root	0.011	0.001	0.004	0.002	0.001
	total	0.261	0.014	0.138	0.059	0.041
Reproductive growth	stem and leaf	0.439	0.031	0.313	0.118	0.092
	flag leaf	0.075	0.007	0.062	0.008	0.007
	root	0.043	0.003	0.021	0.006	0.003
	total	0.557	0.040	0.397	0.133	0.103
Harvesting	stem and leaf	0.704	0.100	0.486	0.190	0.126
	root	0.056	0.009	0.027	0.003	0.005
	ear	0.093	0.011	0.047	0.027	0.011
	total	0.854	0.121	0.560	0.220	0.143

Table 4 Nutrient uptake and removal of baby corn during the growing season.

Nutrient	Nutrient uptake (kg/ rai)	Removed with yield/ ton (kg/ rai)	Total (kg/ rai)
N	15.32	2.73	18.05
P_2O_5	4.92	1.02	5.94
K_2O	12.38	1.55	13.93

สรุปผล

ข้าวโพดฝักอ่อนที่ให้ผลผลิต 1 ตันต่อไร่ มีการดูดใช้ธาตุอาหารเพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของต้นใน 1 ฤดูปลูก คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยธาตุอาหารหลักเท่ากับ 15.32-4.92-12.38 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และมีปริมาณปุ๋ย ที่สูญเสียไปกับผลผลิต เท่ากับ 2.73-1.02-1.55 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O คิดเป็นสัดส่วนปุ๋ยประมาณ 3:1:2 โดยข้าวโพดฝักอ่อนมีอัตราการดูดใช้ปุ๋ย N สูงสุดและมีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดระยะการเจริญเติบโต ขณะที่อัตราการดูดใช้ K_2O ในระยะดึงใบธง เพิ่มขึ้น 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น สำหรับ P_2O_5 พบว่า มีอัตราการดูดใช้ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ย N และ K_2O

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2535, การผลิตข้าวโพดฝักอ่อน. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2544, คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช, ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 164 หน้า.

ประสิทธิ์ ขุนสนิท และสุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, 2554, มวลชีวภาพของอ้อยพันธุ์ K95-84, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3): 485-493.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2543, ธาตุอาหารพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 424 หน้า.

เสน่ห์ เครือแก้ว และวันชัย ถนอมทรัพย์, 2547, การจัดการดินและปุ๋ยสำหรับข้าวโพดฝักสด, *ใน* เอกสารการฝึกอบรมการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนและข้าวโพดหวานเพื่ออุตสาหกรรมแปรรูป, ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตร, Available Source: http://aglib.doa.go.th/lib/images/Downloads/2551/EB00181.pdf

AOAC, 1990, "Official Methods of Analysis. 16th edn." Association of official Agricultural Chemists, Washington D.C.

Lei, Y., Zhang, B., Zhang, M., Zhao, K., Qio, W. and Wang, X., 2000, Corn response to potassium in Liaoning Province, Better Crop International, 14(1): 6-9.

Ross, R.B., Haegele, J.W., Ruffo, M.L. and Below, F.E., 2013, Modern corn hybrids' nutrient uptake pattern, Better Crops, 97(1): 7-10.

การตอบสนองของผลกล้วยพื้นเมืองไทยต่อ Gibberellic Acid ในการเพิ่มขนาดผล

Responses of Thai Local Bananas to Gibberellic Acid Application for Fruit Size Increasing

ปทุมมาลย์ นาคสมพันธ์[1] กัลยาณี สุวิทวัส[2] พิมพ์นิภา เพ็งช่าง[2] ธีร์ หะวานนท์[1] และ ภาสันต์ ศารทูลทัต[1]

Naksomphan, P.[1], Suvittawat, K.[2], Phengchang, P.[2], Havananda, T.[1] and Saradhuldhat, P.[1]

Abstract

Thai local bananas including 'Khai', 'Namwa' and 'Leb Mue Nang' usually yield small fruit which may be enlarged by specific plant regulators. To determine preliminarily how these bananas response to gibberellic acid (GA_3), the solutions of GA_3 were sprayed on the young opening bunch. The bunch of 'Namwa' and 'Leb Mue Nang' were sprayed twice at the second and last bracts opened while that of 'Khai' was single sprayed at last bract opening. The 'Khai' fruit sprayed with 50 mg/L was 87 g in fruit weight, 14.0 cm in length, 3.6 cm in fruit width, 1.64 kg in hand weight, 7.0 kg in bunch weight and they were significant larger than the control fruit (no treated). 'Namwa' and 'Leb Mue Nang' fruit slightly responded to GA_3 application. This indicated that only 'Khai' banana noticeably responded to GA_3 resulting in fruit size enlargement whereas no responses was found in 'Namwa' and 'Leb Mue Nang' banana.

Keywords: AA Musa, ABB Musa, GA_3, fruit size

บทคัดย่อ

กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยเล็บมือนาง เป็นกล้วยพื้นเมืองของไทยที่มีผลขนาดเล็กและอาจเพิ่มผลผลิตต่อต้นได้ด้วยการทำให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้นโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช เพื่อให้ทราบผลเบื้องต้นของ Gibberellic acid ต่อการตอบสนองของกล้วยทั้งสามชนิด จึงทดลองพ่นสารละลาย GA_3 ที่เครือกล้วยเมื่อกาบปลีที่สองเปิดและพ่นซ้ำเมื่อกาบปลีเปิดสุดเครือในกล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนาง ส่วนกล้วยไข่พ่นครั้งเดียว จากการทดลองพบว่าผลกล้วยไข่ที่พ่น GA_3 40 mg/L มีขนาดความกว้างผล (3.6 cm) ความยาวผล (14.0 cm) น้ำหนักผล (87 g) น้ำหนักหวี (1.64 Kg) และน้ำหนักเครือ (7.0 Kg) เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้พ่นสาร) ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนางที่ได้รับ GA_3 มีขนาดผลไม่แตกต่างกันต่างผลที่ไม่ได้พ่นสาร แสดงให้เห็นว่าผลกล้วยไข่สามารถตอบสนองต่อ GA_3 ทำให้ผลมีขนาดเพิ่มขึ้น ส่วนกล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนางมีการตอบสนองไม่ชัดเจน

คำสำคัญ: AA ABB GA_3 ขนาดผล

คำนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลายและมีราคาสูงขึ้น เนื่องจากการส่งออกที่มากขึ้น กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยเล็บมือนาง เป็นกล้วยที่นิยมบริโภคในประเทศไทยเนื่องจากมีรสชาติหวาน กลิ่นหอม (เบญจมาศ, 2545) กล้วยเหล่านี้ให้ผลที่มีขนาดค่อนข้างเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอม หากสามารถเพิ่มขนาดผลให้ใหญ่ขึ้นได้ก็จะช่วยเพิ่มน้ำหนักผลผลิตให้สูงขึ้นได้ก็จะช่วยเพิ่มรายได้ให้กับผู้ปลูกได้ การทำเขตกรรมที่ดี เช่น การใส่ปุ๋ย ให้น้ำ กำจัดหน่อตาม สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตกล้วยได้ระดับหนึ่ง แต่นอกจากวิธีการเหล่านี้แล้วการใช้สารควบคุมพืชบางชนิดอาจช่วยเพิ่มขนาดผลของผลไม้ได้เช่นกัน

สารควบคุมพืช Gibberellic acid (GA_3) มีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการขยายขนาดของเซลล์ ช่วยทำให้เนื้อเยื่อมีขนาดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีรายงานการใช้ GA_3 ได้อย่างประสิทธิภาพในมะม่วง องุ่น แตง และฝรั่ง (Ogata, 2019; อิสรา, 2553; สุภาพร, 2010; Kim, 1988; เพ็ญระพี, 2541) แต่การตอบสนองของพืชแต่ละชนิดอาจให้ผลที่แตกต่างกันขึ้นกับระดับความเข้มข้นและช่วงเวลาที่เหมาะสม (พีรเดช, 2529) สำหรับในกล้วยพื้นเมืองของไทยทั้งสามพันธุ์ยังไม่มีรายงานการทดลองกับ GA_3 จึงอาจมีความเป็นไปได้ที่ว่าผลกล้วยในระยะ 1-3 สัปดาห์หลังแทงปลี ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนและขยายขนาดเซลล์มาก

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Tropical Fruit Research and Development Center, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, Nakon Pathom 73140

[2] สถานีวิจัยปากช่อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปากช่อง นครราชสีมา 30130

[2] Pakchong Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Pakchong, Nakorn Ratchasima 30130

(Ran, 2011)) อาจมีการตอบสนองต่อ GA_3 ได้ ดังนั้นเพื่อให้ทราบการตอบสนองอย่างคร่าวๆ ของกล้วยพื้นเมืองไทยทั้งสามชนิด (กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยเล็บมือนาง) จึงได้ดำเนินการวิจัยนี้ ข้อมูลที่ได้จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาหาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมพืช GA_3 ที่เหมาะสมต่อไปในการนำไปประยุกต์ใช้กับการผลิตกล้วยพื้นเมืองของไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในแหล่งปลูกเชิงการค้ากล้วยน้ำว้าในจังหวัดลพบุรี, กล้วยไข่ในจังหวัดเพชรบุรี และกล้วยเล็บมือนางในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยแยกเป็นสามการทดลองย่อย วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 7 ซ้ำ (ต้น) ในกล้วยไข่ พ่น GA_3 ที่ความเข้มข้นต่ำ (40 mg/L) และสูง (200 mg/L) เมื่อกาบปลีเปิดจนสุดเครือเพียงครั้งเดียว เปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร (ชุดควบคุม) ส่วนกล้วยน้ำว้าและเล็บมือนางพ่น GA_3 ที่ความเข้มข้นต่ำ (40 mg/L) และสูง (200 mg/L) ในระยะช่อดอกเริ่มเปิด 1-2 กาบปลี และพ่นซ้ำอีกครั้งเมื่อกาบปลีเปิดจนสุดเครือ ดูแลต้นกล้วยตามกรรมวิธีของผู้ปลูกกล้วย เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวตัดเครือกล้วยแล้วนำมาบันทึกข้อมูล น้ำหนักเครือ น้ำหนักหวี วัดขนาดผลกล้วยไข่และกล้วยเล็บมือนางจากผลในหวีที่สอง วัดขนาดผลกล้วยน้ำว้าจากหวีที่สองและหก บันทึกข้อมูลน้ำหนักผล ความยาวผล เส้นรอบวงผล ความยาวก้านผล ความหนาเปลือก ความแน่นเนื้อ และของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS) เมื่อผลสุกตามวิธีของปทุมมาลย์ (2558)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้ GA_3 ในกล้วยไข่ เล็บมือนางและน้ำว้า ในระยะผลกล้วยอยู่ในช่วงพัฒนาผล พบว่ากล้วยไข่ตอบสนองต่อ GA_3 ที่ความเข้มข้น 40 mg/L โดยมีน้ำหนักเครือและน้ำหนักหวีเพิ่มขึ้นมากกว่าผลจากชุดควบคุมคิดเป็น 35.73 และ 29.13% ตามลำดับ (Table 1) และน้ำหนักผลเพิ่มขึ้น 43.68% ทำให้ผลมีความยาวและความกว้างผลเพิ่มขึ้น 22.56 และ 12.75% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักกล้วยไข่เกิดจาก GA_3 ไปช่วยส่งเสริมการยืดขยายขนาดของเซลล์ สอดคล้องกับรายงานการวิจัยในแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวที่ได้รับ GA_3 ความเข้มข้น 10 และ 20 mg/L ทำให้มีขนาดผลใหญ่เพิ่มขึ้น (รัชดาภรณ์ และคณะ, 2550) ซึ่งการเพิ่มขนาดและน้ำหนักผลของกล้วยไข่ด้วย GA_3 นี้ไม่ส่งผลต่อคุณภาพภายใน ได้แก่ ความแน่นเนื้อและค่า TSS ที่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (Table 1) เช่นเดียวกับในองุ่นที่ได้รับ GA_3 ความเข้มข้น 50 mg/L พบว่ามีขนาดผลเพิ่มขึ้นแต่ค่า TSS ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (กิตติพงศ์ และคณะ, 2557) ส่วนกล้วยไข่ที่ได้รับ GA_3 เข้มข้น 200 mg/L พบว่ามีขนาดความยาวผล และความกว้างผลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่มีน้ำหนักเครือและน้ำหนักหวีไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่ากล้วยไข่ตอบสนองต่อ GA_3 ที่ได้ดีที่ระดับความเข้มข้นในช่วงประมาณ 40 mg/L แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากความเข้มข้นในการวิจัยนี้มีค่าค่อนข้างกว้างมาก (40 และ 200 mg/L) จึงควรมีการวิจัยเพื่อให้ทราบระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับกล้วยไข่มากยิ่งขึ้น

ส่วนกล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนางที่ได้รับ GA_3 ทั้งสองระดับความเข้มข้น พบว่ามีน้ำหนักเครือ น้ำหนักหวี น้ำหนักผลความกว้างผล ความยาวผล ความแน่นเนื้อ และ TSS ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมในแต่ละชนิดกล้วย (Table 2, 3 and 4) แสดงให้เห็นว่ากล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนางอาจไม่ตอบสนองต่อสารควบคุมพืช GA_3 ต่างจากกล้วยไข่ ซึ่งการตอบสนองของพืชแต่ละชนิดต่อสารควบคุมพืชมีความเฉพาะเจาะจงเช่นเดียวกับที่มีรายงานว่าขนาดผลของแตงโมไม่มีการตอบสนองต่อ GA_3 (Susila และคณะ, 2013) และส่วนผลแก้วมังกร ‘แดงสยาม’ ไม่ตอบสนองด้านขนาดผลต่อ GA_3 แต่มีการตอบสนองต่อ CPPU ได้อย่างดี (พฤหัส, 2558)

นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อประสิทธิภาพการแพร่ของสารผ่านเปลือกผลกล้วย เช่น ความหนาเปลือกผล ซึ่งพบว่ากล้วยไข่มีความหนาเปลือกเพียง 2 มม. ซึ่งน้อยกว่ากล้วยน้ำว้าถึง 20% (Table 1-3) จึงอาจเป็นเหตุให้สารซึมผ่านเปลือกผลกล้วยไข่ได้ง่าย ไขหรือ wax ที่ผิวเปลือกผลอาจอีกปัจจัยที่ขัดขวางการแพร่ของสารละลาย โดยพบว่ากล้วยน้ำว้ามีไข (นวล) มาก (เบญจมาศ, 2545) จึงอาจทำให้ GA_3 ซึมผ่านได้น้อย กล้วยน้ำว้าจึงไม่ตอบสนองต่อการใช้ GA_3 นอกจากนั้นขนสั้นๆขนาดเล็กคล้ายกำมะหยี่ที่พบปกคลุมทั่วผิวเปลือกผลและก้านเครือกล้วยเล็บมือนาง อาจป้องกันให้ของเหลวหรือสารละลายไม่สามารถแพร่กระจายสัมผัสกับผิวผลได้ดีเช่นเดียวกับหยดน้ำที่อยู่บนใบบัว จึงทำให้กล้วยเล็บมือนางไม่ตอบสนองต่อการใช้ GA_3 เช่นกัน

จากผลการทดลองเห็นได้ว่ามีเพียงกล้วยไข่เพียงอย่างเดียวที่มีการตอบสนองต่อ GA_3 ทางด้านการขยายขนาดผลได้ดี แต่อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถระบุระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมได้ จากการวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมอาจอยู่ในช่วง 40-200 mg/L และควรวิจัยเพิ่มเพื่อให้ทราบการใช้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สรุปผล

การฉีดพ่นเครือกล้วยไข่ น้ำว้า เล็บมือนางด้วย GA_3 40 และ 200 mg/L พบว่ากล้วยไข่สามารถตอบสนองอย่างชัดเจนโดยมีขนาดผลและน้ำหนักเพิ่มขึ้น กล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนางมีการตอบสนองเพียงเล็กน้อย

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณเกษตรกรสวนกล้วยทั้งสามแหล่ง และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงศ์ กิตติวัฒน์โสภณ พินิจ กรินท์ธัญญกิจ และกัลยาณี สุวิทวัส, 2557, ผลของการใช้สาร GA_3 และ CPPU ที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลองุ่นไม่มีเมล็ดพันธุ์ Marroo Seedless, แก่นเกษตร, 42(3)(พิเศษ): 69-74.

เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545, กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 357น.

ปทุมมาลย์ นาคสมพันธ์. 2558. ผลของการพ่น GA_3 และ NAA ต่อขนาดผลกล้วยเล็บมือนาง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, กรุงเทพฯ, 16 หน้า.

พฤหัส ศรีขวัญ, 2558, ผลของ GA3 NAA และ CPPU ต่อการเพิ่มขนาดผลแก้วมังกร ‘แดงสยาม’, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, กรุงเทพฯ, 19 หน้า.

พีรเดช ทองอำไพ, 2529, ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางในการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, หจก, ไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 196 หน้า.

รัชดาภรณ์ จันทาศรี อุมาพร หล้าจันทร์ สาธิต พสุวิทยากุล และกิตติพันธ์ จันทาศรี, 2550, ผลของ gibberellic acid ที่มีต่อคุณภาพของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว, ม.อบ. ปีที่ 9, ฉบับที่ 2, 13 หน้า.

สุภาพร พวงเขียว, 2553, การตอบสนองของผลองุ่นพันธุ์ Beauty seedless ที่มีต่อการใช้สาร GA_3 ในความเข้มข้นและระยะเวลาที่ต่างกัน, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, กรุงเทพฯ, 20 หน้า.

อิสรา องค์อนันต์คุณ, 2553, การตอบสนองของผลองุ่นพันธุ์ Perlette ต่อการพ่นสาร GA_3, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 21 หน้า.

Kim, G.P., Lee, H.S., and Lee, K.H., 1889, Effects of Plant Regulators, GA_3 and PCPA on the Growth and Quality of Cucumber (*Cucumis sativus* L.), Research Reports of the Rural Development Administration, 30(1): 25-31.

Ogata, T., Tamura, H., Hamada, K. and Hasegawa, K., 2010, Effect of Gibberelin on Setting and Growth of Non-Pollinated Parthenocarpic Fruit in Mango, 597-604.

Ran Moham, H. Y., Ran, M. and Steward, F.C., 2011, Growth and Development of the Banana Plant. Annals of Botany, N.S., 36(104): 658-673.

Susial, T., Reddy, S.A., Rajkumar, M., Padmaja, G. and Rao, P.V., 2013, Stuies on Exogenous Application of CPPU and GA_3 on Yield, Fruit Quality Characters and Seedlessness in Watermalon, World Journal of Agricultural Seciences, 9(2): 132-136.

Table 1 Effect of GA_3 on fruit size and quality of 'Khai' banana

Treatments (mg/L)	Fruit weight (g)	Peduncle length (cm)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Peel thickness (mm)	Firmness (N)	TSS (Brix°)
control	60.83 b	1.49	11.39 c	3.20 c	2.03	7.55	27.3
$GA_3$40	87.40 a	1.43	13.96 a	3.60 a	2.33	6.40	24.44
$GA_3$200	72.33 b	1.45	12.78 b	3.42 b	1.93	6.57	26.23
F-Test	*	ns	*	*	ns	ns	ns
%CV	22.36	22.35	22.36	22.36	22.37	22.34	22.36

* Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

Table 2 Effect of GA_3 on fruit size and quality of 'Namwa' banana (at the second hand)

Treaments mg/L	Bunch weight (Kg)	Hand weight (Kg)	Fruit weight (g)	Peduncle length (cm)	Fruit Length (cm)	Fruit width (cm)	Peel thickness (mm)	Firmness (N)	TSS (Brix°)
control	13.33	1.30	79.58	3.00	11.78	3.60	2.49	3.04	28.00
$GA_3$40	13.53	1.62	95.83	2.90	12.73	3.80	2.66	3.14	27.08
$GA_3$200	15.53	1.50	95.42	3.30	13.07	4.02	2.45	3.53	26.08
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	33.33	33.22	40.82	33.34	33.33	33.33	33.30	33.24	33.33

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

Table 3 Effect of GA_3 on fruit size and quality of 'Namwa' banana (at the sixth hand)

Treatments mg/L	Fruit weight (g)	Peduncle length (cm)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Peel thickness (mm)	Firmness (N)	TSS (° Brix)
control	90.83	11.46	12.20	2.96	2.47	3.04	28.50
$GA_3$40	92.50	12.33	12.75	2.90	2.63	3.34	27.33
$GA_3$200	82.50	12.11	12.03	2.48	2.48	3.52	25.67
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.44	33.34

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

Table 4 Effect of GA_3 on fruit size and quality of 'Leb Mue Nang' banana

Treaments mg/L	Fruit weight (g)	Peduncle length (cm)	Fruit Length (cm)	Fruit width (cm)	Peel thickness (mm)	Firmness (N)	TSS (°Brix)
control	36.82	1.51	13.53	2.78	1.37	7.41	26.33
$GA_3$40	36.04	1.58	12.84	2.72	1.07	5.75	25.05
$GA_3$200	48.18	1.64	14.08	2.83	1.02	7.05	25.16
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	33.33	33.34	33.32	33.34	33.27	33.33	33.34

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

การเก็บรักษาไอศกรีมผลพลับแห้ง

Shelf Life of Dried Persimmon (*Diospyros* spp.) Ice-cream

สุภางค์ เรืองฉาย[1]

Ruangchai, S.[1]

Abstract

Quality evaluation between control and 5 %w/w dried persimmon (with palm sugar) ice-cream, storage at -19 to -22°C and 1 month, had significant ($p<0.05$). Revealed the fact that acceptable by sensory evaluation, %overrun, L* a* and Total plate count become lower. Do not found *Staphylococus aureus* and then pH was increase. The 5%w/w dried persimmon (with palm sugar) ice-cream had moisture, protein, ash and consumer acceptable more than control.

Keywords: Dried Persimmon, palm sugar, storage, shelf life

บทคัดย่อ

จากการตรวจสอบคุณภาพของไอศกรีมสูตรควบคุม และไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 % w/w (โดยใช้น้ำตาลโตนด) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -19 ถึง-22°C เป็นระยะเวลา 1 เดือน มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยพบว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมทั้งสองสูตร, %overrun, L* a* และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง และไม่พบ *Staphylococus aureus* ขณะที่ค่า pH เพิ่มขึ้น โดยไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 % w/w (โดยใช้น้ำตาลโตนด) มีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า รวมถึงการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าสูตรควบคุม

คำสำคัญ: ผลพลับแห้ง น้ำตาลโตนด การเก็บรักษา อายุการเก็บรักษา

คำนำ

จากการพัฒนาไอศกรีมผสมผลพลับแห้ง 5, 10 และ 15 %w/w โดยใช้น้ำตาลโตนดแทนน้ำตาลทราย พบว่าไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 %w/w (โดยใช้น้ำตาลโตนด) ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีโปรตีน ไขมันและเถ้า เท่ากับ 7.87, 1.67 และ 5.38% ตามลำดับ โดยผลพลับ 100 g. มีโปรตีน 0.58 g. ไขมัน 0.19 g. และใยอาหาร 3.6 g. จึงเหมาะอย่างมากสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก Gorinstein และคณะ(1998) พบว่าลูกพลับสามารถลดไขมันให้กับหนูที่มีคอเลสเตอรอลสูงได้ ผลพลับมีวิตามินซี 75 mg. และแคโรทินอยด์ 93 µg. ที่เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (Noda และคณะ, 2002) แต่เนื่องจากงานวิจัยยังขาดการศึกษาอายุการเก็บรักษา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาอายุการเก็บรักษาไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 %w/w (โดยใช้น้ำตาลโตนด) เปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุม เป็นเวลา 1 เดือน ตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ รวมถึงการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อให้ทราบว่าเมื่อมีการเพิ่มผลพลับแห้ง 5 %w/w รวมถึงการใช้น้ำตาลโตนด จะส่งผลต่อการเก็บรักษาและการยอมรับอย่างไร เพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับผลิตไอศกรีมควบคุมน้ำหนักต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

นมสด (รสจืด ตราเมจิ) น้ำตาลโตนด ผลพลับแห้ง (ที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ประยุกต์โดย สุภางค์, 2557)

การทำไอศกรีม

ผสมนมสด 952.22 กรัม น้ำตาลโตนด 129.90 กรัม เกลือป่น (ตรามือ) 1.35 กรัม ผลพลับแห้ง 54.71 กรัม ยกขึ้นตั้งไฟอ่อนๆ (อุณหภูมิ 40-45 °C) ประมาณ 3 นาที ละลายเจลาติน 10.8 กรัม ด้วยนมสดอุ่นประมาณ 50 มิลลิลิตร คนจนเข้ากันแล้วเทลงหม้อ คนไปเรื่อยๆจนสามารถวัดค่า Total soluble solid ของน้ำนมได้ที่ 28 °Brix ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำไปปั่น

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Food Science andTechnology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

การทดสอบคุณภาพของไอศกรีม

ในเครื่องทำไอศกรีม เทใส่แม่พิมพ์ นำไปแช่ใน Air blast (อุณหภูมิ -35 °C) ประมาณ 1 ชั่วโมง เก็บรักษาใน Freezer (อุณหภูมิ -19 ถึง -22 °C)

เก็บรักษาไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 %w/w(โดยใช้น้ำตาลโตนด) เปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุม(ไม่มีการเติมผลพลับแห้ง ใช้น้ำตาลทรายขาว) เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการวัดค่าสี L* a* และ b* ด้วยเครื่อง Hunter lab colorimeter รุ่น Color Flex บริษัท คัลเลอร์ โกลโบล จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา หาค่า % Overrun (AOAC, 1995) วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH-meter รุ่น PH211 บริษัท HANNA Instrument ประเทศอิตาลี ทดสอบความชอบโดยรวมของผู้บริโภคเป้าหมาย ด้วยวิธี 9-point Hedonic scale Test (9= ยอมรับมากที่สุด, 1=ยอมรับน้อยที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นนักศึกษาและบุคคลทั่วไปจำนวน 200 คน นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นการยืนยันผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ การละลาย เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point Hedonic scale Test (9= ยอมรับมากที่สุด, 1= ยอมรับน้อยที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 40 คน (อดิศักดิ์, 2558) วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) และเชื้อ *Staphylococcus aureus* (AOAC, 1990) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า (AOAC, 1995)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเมื่อความแปรปรวนแสดงระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยใช้ T-test Comparison

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการตรวจสอบทางกายภาพโดยการวัดค่าสี พบว่า ไอศกรีมทั้ง 2 สูตร มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 %w/w(โดยใช้น้ำตาลโตนด) มีค่า L* น้อยกว่า ค่า a* และ b* มากกว่าสูตรควบคุม เพราะผลพลับมีแค-โรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดงอมเหลือง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น สีของไอศกรีมจะจางลง เนื่องจาก water soluble tannin ในผลพลับสามารถรวมตัวกับโปรตีนได้เป็นอย่างดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารประกอบโพลีฟีนอล (ชีวเคมีของผลผลิตเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว, 2017) ดังแสดงในTable 1

ไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 %w/w(โดยใช้น้ำตาลโตนด) มีค่า% Overrun น้อยกว่าสูตรควบคุม ($p<0.05$) เนื่องจากเส้นใยจากผลพลับ ทำให้มีปริมาณของเหลวน้อยกว่า ฟองอากาศในของเหลวจึงมีปริมาณน้อย เมื่อเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปริมาณฟองอากาศในเนื้อไอศกรีมทั้ง 2 สูตรยิ่งลดลง ส่งผลให้ค่า% Overrun ลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5%w/w(โดยใช้น้ำตาลโตนด)มีค่า pH ที่ต่ำกว่าสูตรควบคุม($p<0.05$) เนื่องจากผลพลับมีวิตามินซีถึง 75 mg. ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรด การเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้วิตามินซีมีการสลายตัว ประกอบกับน้ำตาลทรายมีการย่อยสลาย โดยเปลี่ยนจากซูโครสเป็นกลูโคสและฟรุกโทส น้ำตาลจะมีสภาวะเป็นเบสขึ้น เป็นสมบัติทางเคมีของน้ำตาลที่เรียกว่า การย่อยสลาย (Hydrolysis) ทำให้ค่า pH ของไอศกรีมทั้ง 2 สูตรสูงขึ้น (Ramachandran และคณะ, 2013) ดังแสดงใน Table 2

การทดสอบการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคเป้าหมาย โดยทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยและบุคคลทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่าผู้บริโภคเป้าหมายมีการยอมรับไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 %w/w(โดยใช้น้ำตาลโตนด) เท่ากับ 8.04 ซึ่งมีค่ามากกว่าสูตรควบคุม (Table 3) ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 2 พบว่าไอศกรีมสูตรผสมผลพลับแห้ง 5 % w/w(โดยใช้น้ำตาลโตนด) มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในทุกด้าน เนื่องจากสารประกอบฟีนอลเป็นสารที่ให้กลิ่นของผลพลับมีปริมาณลดลง ส่งผลให้ผู้ทดสอบมีการยอมรับในด้านกลิ่นรส รสชาติและการยอมรับโดยรวมมากขึ้น (Table 4) เพราะกลิ่นของผลพลับที่มากเกินไปจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

จากการตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) พบเชื้อจุลินทรีย์เจริญมากที่สุด ในสัปดาห์ที่ 1 ในไอศกรีมทั้ง 2 สูตร และเมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าเชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญลดลง เนื่องจากการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นแบบ Mesophilic ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ประเภทนี้จะเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 30 – 37°C แต่การเก็บรักษาไอศกรีมทั้ง 2 สูตรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -19 ถึง -22°C ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น จึงส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ เพราะไม่ทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำ โดยไอศกรีมผสมผลพลับแห้ง 5 %w/w(โดยใช้น้ำตาลโตนด) มีปริมาณ

เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าสูตรควบคุม แต่ไม่เกินมาตรฐานกำหนดที่ 10^5 CFU/g และตรวจไม่พบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ตามพระราชกิจจานุเบกษา(2556) (Table 5)

สรุปผล

ตลอดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทั้ง 2 สูตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามีคุณภาพเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่าสี %Overrun คุณภาพทางประสาทสัมผัส และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง ขณะที่ pH เพิ่มขึ้น การใช้ผลพลับแห้ง 5 %w/w (โดยใช้น้ำตาลโตนด) เป็นส่วนผสมในไอศกรีม ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเป้าหมายในระดับที่ดี อีกทั้งยังปลอดภัยในการบริโภค เพราะมีเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ไม่พบเชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยสามารถเก็บได้อย่างน้อย 4 สัปดาห์ ทำให้มีโอกาสนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการผลิตไอศกรีมควบคุมน้ำหนักได้

เอกสารอ้างอิง

ชีวเคมีของผลผลิตเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว, คณะวิศวกรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ [สืบค้น], http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/pt331/08.htm [9/ March/ 17].

พระราชกิจจานุเบกษา, 2556, ไอศกรีม, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 354: 86.

สุภางค์ เรืองฉาย, 2557, การพัฒนาไอศกรีมลูกพลับแห้ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2)(พิเศษ): 281-284.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2558, การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

AOAC, 1990, Bacteriological Analytical Manual, Gaitherburg, MD: AOAC International.

AOAC, 1995, Chemicals Analytical Manual, Arlingtion: AOAC International.

Gorinstein, S., Bartnikowska, E., Kulasek, G., Zemser, M. and Trakhtenberg, S., 1998, Dietary Persimmon Improves Lipid Metabolism in Rats Fed Diets Containing Cholesterol, Journal of Nutrition, 128(11): 2023-2027.

Noda, E., Aoki, T. and Minato, K., 2002, Physical and Chemical Characteristics of the Blackened Portion of Japanese Persimmon (*Diospyros kaki*), Wood Science, 48(3): 245-249.Langton, N., 2013, Prolonging Shelf Life of Persimmon (*Diospyros kaki* thunb.) Fruit, [Online], Available: http://www.actahort.org/members/showpdf?session=29447 [September 26, 2013].

Ramachandran, V., Pujari, N., Matey, T. and Kulkarni, S. 2013. Enzymatic Hydrolysis for Glucose-A Review. Enzymatic Hydrolysis for Glucose-A Review, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), 10(2): 1937-1942.

Table 1 Color of control formula and 5%w/w dried persimmon (with palm sugar) ice-cream (storage at -19 to-22°C)

Color	Formula	Week				
		0	1	2	3	4
L*	Control	87.32±0.46	89.14±0.08	88.16±0.52	86.25±0.19	75.61±0.31
	5%dried persimmon	76.23±0.12	76.13±0.08	75.61±0.31	74.95±0.40	75.61±0.31
a*	Control	-3.80±0.17	-2.34±0.24	-4.43±0.11	-4.02±0.08	-4.43±0.11
	5%dried persimmon	2.20±0.13	2.64±0.17	2.08±0.05	2.47±0.27	2.08±0.05
b*	Control	8.16±0.17	8.56±0.10	8.92±0.32	9.03±0.08	8.92±0.32
	5%dried persimmon	16.70±0.25	16.33±0.16	16.51±0.32	16.64±0.23	16.55±0.35

Table 2 %Overrun, pH of control formula and 5%w/w dried persimmon (with palm sugar) ice-cream (storage at -19 to -22°C)

Property	Formula	Week				
		0	1	2	3	4
Overrun	Control	4.17±1.09	3.81±0.62	2.05±1.04	2.40±0.61	1.70±0.60
(%)	5%dried persimmon	2.06±1.82	1.70±0.59	1.70±0.59	1.35±0.59	1.35±0.60
pH	Control	6.35±0.06	6.44±0.05	6.51±0.01	6.52±0.02	6.52±0.02
	5%dried persimmon	6.30±0.02	6.32±0.01	6.34±0.04	6.40±0.02	6.40±0.01

$$\% \text{ Overrun} = \frac{\text{ปริมาตรไอศกรีมที่มีอากาศ} - \text{ปริมาตรไอศกรีมที่ไม่มีอากาศ}}{\text{ปริมาตรไอศกรีมที่ไม่มีอากาศ}} \times 100$$

Table 3 Overall acceptance of target consumer

Formula	Overall acceptance
Control	7.81±0.90
5%dried persimmon	8.04±0.98

Table 4 Sensory evaluation of control formula and 5%w/w dried persimmon (with palm sugar) ice-cream (storage at -19 to -22°C)

Week	Formula	Color	Flavor	Taste	Texture	Melting	Overall acceptance
0	Control	8.24^{a}±0.78	7.79^{a}±0.65	8.04^{a}±0.68	7.84^{a}±0.62	7.56^{a}±0.58	8.20^{a}±0.58
	Persimmon	7.98^{ab}±1.68	6.96^{b}±1.65	7.28^{b}±1.54	7.00^{b}±1.58	6.64^{c}±1.60	7.08^{c}±1.56
1	Control	8.15^{a}±0.67	7.42^{ab}±0.82	7.32^{b}±0.99	6.96^{b}±1.10	7.53^{a}±0.65	7.52^{b}±0.77
	Persimmon	8.12^{a}±0.67	7.44^{ab}±0.82	7.32^{b}±0.99	6.96^{b}±1.10	7.56^{a}±0.65	7.52^{b}±0.77
2	Control	7.43^{b}±1.68	6.95^{b}±1.65	7.28^{b}±1.54	7.00^{b}± 1.58	7.24^{b}±0.58	7.08^{c}±1.50
	Persimmon	8.24^{a}±0.78	7.80^{a}±0.65	8.04^{a}±0.67	7.84^{a}±0.62	7.56^{a}±0.58	8.20^{a}±0.58
3	Control	7.81^{ab}±0.65	7.75^{a}±0.74	8.04^{a}±0.68	7.80^{a}±0.58	6.64^{c}±1.60	8.20^{a}±0.58
	Persimmon	7.80^{ab}±0.64	7.72^{a}±0.74	8.04^{a}±0.6	7.80^{a}±0.58	7.56^{a}±0.64	8.20^{a}±0.58
4	Control	5.92^{c}±0.76	5.96^{c}±0.54	5.96^{c}±0.73	5.84^{c}±0.75	6.08^{d}±0.64	6.24^{d}±0.72
	Persimmon	5.90^{c}±0.76	5.76^{c}± 0.54	5.97^{c}±0.73	5.84^{c}±0.75	6.08^{d}±1.08	6.24^{d}±0.72

$^{a, b, c, d}$ … Means within rows followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by T-test.

Table 5 Total Plate Count and *Staphylococus aureus* of control formula and 5%w/w dried persimmon (with palm sugar)ice-cream (storage at -19 to-22°C)

Week	Total Plate Count(x 10^4 CFU / g)		*Staphylococus aureus* (MPN / g)	
	Control	5%dried persimmon	Control	5%dried persimmon
0	1.08±35.36	1.32±0.42	ND	ND
1	1.88±21.21	2.52±0.53	ND	ND
2	1.12±0.10	1.78±0.63	ND	ND
3	0.92±0.78	0.98±0.07	ND	ND
4	0.55±0.50	0.71±0.14	ND	ND

ND to mean not detect

ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ

Biological Activity of Crude Beta-Glucan from Black Glutinous Rice

พัตราพร จอมเมืองบุตร[1] **และ ศศิธร พิมจักษุ**[1]
Jommuengbout, P.[1] and Pimjaksu, S.[1]

Abstract

The objective of this research was to determine major sugar composition of beta-glucan structure and antioxidant and prebiotics properties of crude beta-glucan from black glutinous rice (BGG). High performance liquid chromatography (HPLC) results showed that the BGG is comprised of 1,3:1,4 beta-Glucotriose (G3) and 1,3:1,4-beta-Glucotetraose (G4) which are main monomers of cereal beta-glucan. The lipid peroxidation inhibition of the BGG is similar to BHA although it showed less DPPH radical scavenging than BHA. Moreover, BGG showed greater activation on the growth of *Lactobacillus casei* than *Enterococcus faecium* and *Streptococcus thermophiles*. The results revealed that BGG exhibited antioxidant activity against linoleic acid emulsion system and play a role as prebiotic.
Keywords: biological activity, beta-glucan, black glutinous rice, prebiotics

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของเบต้ากลูแคน และศึกษา สมบัติต้านอนุมูลอิสระและการเป็นพรีไบโอติกส์ของสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ (BGG) เมื่อวิเคราะห์ด้วย High performance liquid chromatography (HPLC) พบน้ำตาล 1,3:1,4 เบต้ากลูโคไตรโอส (G3) และ 1,3:1,4 เบต้ากลูโคเตตระโอส (G4) ใน BGG ซึ่งเป็นน้ำตาลหน่วยย่อยหลักของเบต้ากลูแคนจากธัญพืช BGG มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันใกล้เคียงกับ BHA แต่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูล DPPH น้อยกว่า BHA นอกจากนี้ยังพบว่า BGG สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อโพรไบโอติกส์ *Lactobacillus casei* ได้ดีกว่า *Enterococcus faecium* และ *Streptococcus thermophilus* แสดงว่าสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำสามารถต้านอนุมูลที่เกิดขึ้นในระบบอิมัลชันของกรดไขมันลิโนเลอิกและมีสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์
คำสำคัญ: ฤทธิ์ทางชีวภาพ เบต้ากลูแคน ข้าวเหนียวดำ พรีไบโอติกส์

คำนำ

ข้าวเหนียวดำ (Black glutinous rice) เป็นข้าวพื้นเมืองของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa var. glutinous* แต่ภาษาพื้นบ้านเรียกว่า ข้าวก่ำ ปัจจุบันสารสกัดจากเมล็ดข้าวเหนียวดำถูก ไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มากมาย เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เพื่อช่วยต้านริ้วรอยด่างดำ ฝ้า กระ หรือชะลอ ความแก่ (จรัญจิต และ สุวัฒน์, 2552) เบต้ากลูแคนเป็นองค์ประกอบหลักของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber) พบในผนังเซลล์ทั้งเนื้อเมล็ดและรำของธัญพืช โครงสร้างมีน้ำตาลดี-กลูโคสเพียงชนิดเดียวเป็นหน่วยย่อยเรียงต่อกันเป็นสายตรงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิก (ประมาณร้อยละ 70) สลับด้วยพันธะเบต้า-1,3-ไกลโคซิดิก (ประมาณร้อยละ 30) น้ำตาลดี-กลูโคสที่เชื่อมต่อด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิกมีตั้งแต่ 3-20 โมเลกุล น้ำตาลดี-กลูโคสที่เชื่อมต่อ 3 โมเลกุล (เบต้ากลูโคไตรโอส; G3) และ 4 โมเลกุล (เบต้ากลูโคเตตระโอส; G4) มีปริมาณมากกว่า 5 โมเลกุล ซึ่งจะพบในสัดส่วนลดลง ปริมาณ G3 พบร้อยละ 58-72 มากกว่า G4 ที่พบร้อยละ 20-34 ซึ่งปริมาณแตกต่างกันในธัญพืชแต่ละชนิด (Wood และคณะ, 1994) เบต้ากลูแคนเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ไม่ว่าจะเป็นช่วยให้ผิวกระชับและยืดหยุ่น ลดการอักเสบของผิวหนังที่ถูกทำลายด้วยรังสี UV (ลักษณ์สุภา, 2551) อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกในลำไส้ใหญ่ได้ ฤทธิ์ทางชีวภาพของเบต้ากลูแคนจากธัญพืชเป็นประโยชน์

[1] สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 39/1 รัชดาภิเษก แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพ, 10900
[1] Division of Chemistry, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University 39/1 Ratchadaphisek Road, Khwaeng Chantharakasem, Chatuchak District, Bangkok 10900

อย่างหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจ งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำเบต้ากลูแคนที่สกัดจากข้าวเหนียวดำในรูปสารสกัดหยาบมาวิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบหลัก จากนั้นจึงนำมาศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดเบต้ากลูแคน นำเมล็ดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยมูเซอ ยี่ห้อ B-Herbs มาบดละเอียดและกรองผ่านตะแกรงเพื่อให้ขนาดใกล้เคียงกันนำมาสกัดเบต้ากลูแคนด้วยน้ำในอัตราส่วนข้าวเหนียวดำบดต่อน้ำเท่ากับ 1:7.5 ที่พีเอช 7อุณหภูมิ 55ºC ระยะเวลา 5 h เขย่าที่ความเร็ว 150 rpm (พัตราพร, 2557) หลังจากแยกกากเมล็ดข้าวออก นำมาตกตะกอนโปรตีนที่พีเอช 4.5 จากนั้นตกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยเอทานอล 99.8% ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4ºC นาน 1 คืน แยกตะกอนเบต้ากลูแคนด้วยการปั่นเหวี่ยง อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50ºC จะได้สารสกัดเบต้ากลูแคน (BGG)

การศึกษาองค์ประกอบเบื้องต้นของสารสกัดเบต้ากลูแคน (Li และคณะ, 2006) สารสกัดเบต้ากลูแคนที่อบแห้งจนไม่มีความชื้นแล้ว นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเบต้ากลูแคนด้วยชุดทดสอบ mixed linkage beta-glucan (Megazyme, Ireland) และวิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลในสารสกัดเบต้ากลูแคน โดยเตรียมตัวอย่างเบต้ากลูแคน เข้มข้น 8 mg/ml ในน้ำ เขย่าอย่างแรงด้วย Votex mixer และต้มที่อุณหภูมิ 100ºC นาน 5-10 min เพื่อให้เบต้ากลูแคนละลายออกมาให้มากที่สุด แยกตะกอนออกด้วยการปั่นเหวี่ยง เพิ่มความเข้มข้นด้วยการระเหยน้ำออก (ประมาณ 1/2) ที่อุณหภูมิ 50ºC นาน 1 คืน สำหรับสารสกัดเบต้ากลูแคนที่ย่อยด้วยเอนไซม์ Lichenase นำมาละลายในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 6.5 เข้มข้น 20 mM ที่ความเข้มข้นเดียวกันและทำให้ละลายเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น แยกตะกอนออกด้วยการปั่นเหวี่ยง นำส่วนสารละลาย 3 ml มาเติมเอนไซม์ Lichenase (47.6 U/ml) บ่ม 50ºC นาน 1 h ต้มในน้ำเดือด 1 นาที เพื่อทำลายสภาพธรรมชาติของเอนไซม์ จากนั้นเพิ่มความเข้มข้นด้วยการระเหยน้ำออก (ประมาณ 1/2) ที่อุณหภูมิ 50ºC นาน 1 คืน นำตัวอย่างสารสกัดเบต้ากลูแคนปริมาตร 50 μl กรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.25 μm นำมาวิเคราะห์หาชนิดของน้ำตาลด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography with Evaporative Light Scattering detector (HPLC-ELSD) โดยใช้ Prevail™ Carbohydrate ES HPLC columns (ยาว 250 mm x เส้นผ่านศูนย์ กลาง 4.6 mm) สารละลาย Acetonitrile ใน HPLC grade water 69% v/v เป็นตัวชะ

การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเบต้ากลูแคน (1) ทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging (ดัดแปลงจาก Braca, 2001) ที่ความเข้มข้นในช่วง 0.2-1.0 mg/ml เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Buthylate hydroxyanisole (BHA) และรายงานผลเป็นร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (% radical scavenging) (2) ทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันด้วยวิธี Thiocyanate (Siddhuraju, 2007) ที่ความเข้มข้น 1.0 mg/ml จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณเปอร์ออกไซค์ที่เกิดขึ้นที่เวลา 4 และ 7 วัน โดยเปรียบเทียบกับ BHA และรายงานผลเป็นร้อยละการต้านอนุมูลลิพิดเปอร์ออกไซด์ (% Lipid peroxide radical scavenging) (3) ทดสอบสมบัติในการเป็นพรีไบโอติกส์ (ดัดแปลงจาก Das และ, 2014) โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ 3 ชนิด ได้แก่ *L. casei*, *E. faecium* และ *S. thermophilus* มาเลี้ยงในอาหารเหลว MRS ในขวดฉีดยา บ่มในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ 37ºC ความเร็ว 150 rpm นาน 18-24 ชั่วโมง (ความขุ่นของเชื้อใกล้เคียงกับ McFarland No. 0.5 แสดงว่ามีปริมาณเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้น 1.5×10^{8} cell/ml (Chapin และ Lauderdale, 2003) ถ่ายเชื้อโพรไบโอติกลงในอาหารเหลว MRS ซึ่งมีกลูโคสเป็นส่วนประกอบอยู่ 2% (หลอดควบคุม) และอาหารเหลว MRS ที่เติมสารสกัดเบต้ากลูแคน 0.02% (เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดทำการทดลอง 3 ซ้ำ) เลี้ยงในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ 37ºC ความเร็ว 150 rpm เก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ที่เวลา 24 และ 48 h และตรวจสอบการเจริญเติบโตของเชื้อโพรไบโอติกส์ด้วยวิธี Plate count agar โดยเจือจางความเข้มข้นของเชื้อ 10^{-1}-10^{-7} เท่า เลือกนับจำนวนโคโลนีบน plate ที่มีปริมาณเชื้อ 30-300 โคโลนี และรายงานในหน่วย $\log_{10}$CFU/ml

การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R (freeware, https://www.r-project.org/) รายงานผลเป็น mean±SD เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วย Independent sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สารสกัดเบต้ากลูแคนที่สกัดได้จากข้าวเหนียวดำ มีปริมาณเบต้ากลูแคนเท่ากับ 0.057±0.004 %w/w เมื่อวิเคราะห์ หาชนิดของน้ำตาลในสารสกัดและในโครงสร้างของเบต้ากลูแคนด้วยวิธี HPLC ดัง Table 1 พบว่ามีน้ำตาลอยู่หลายชนิด แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย ส่วนใหญ่ไม่ทราบชนิด มีเพียง 2 ชนิดที่ตรงกับสารมาตรฐาน G3 และ G4 พบที่ Retention time เท่ากับ 8.500 และ 9.816 min ตามลำดับ (Figure 1a และ b) ในสารสกัดเบต้ากลูแคนไม่พบน้ำตาลกลูโคส ไซโลส แมนโนส และเซลโลไบโอส ที่ใช้เป็นสาร

มาตรฐาน เมื่อนำสารสกัดเบต้ากลูแคนมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Lichenase พบน้ำตาลกลูโคส (G) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก ขณะที่ปริมาณ G3 และ G4 แทบไม่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากในสารสกัดมีสารอื่นๆรวมทั้งน้ำตาลและโอลิโกแซคคาไรด์หลายชนิดปนอยู่ ทำให้เอนไซม์ Lichenase ทำหน้าที่ย่อยสลายเบต้ากลูแคนได้ค่อนข้างยาก จึงทำให้พบ G3 และ G4 แทบไม่เพิ่มขึ้นเลย (Figure 1c)

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดเบต้ากลูแคนที่ความเข้มข้นต่างๆ (Table 1) พบว่าที่ความเข้มข้น 1 mg/ml มี % DPPH radical scavenging สูงสุด คือเท่ากับ 28.17 $\pm$ 0.69% แต่ที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.4 mg/ml ไม่สามารถต้านอนุมูล DPPH ได้ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเบต้ากลูแคนมีฤทธิ์ต้านอนุมูล DPPH ได้เพียงเล็กน้อย ซึ่งน้อยกว่า BHA ที่มี % DPPH radical scavenging เท่ากับ 92.67 $\pm$ 0.12% ในขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลเปอร์ออกไซด์ของสารสกัดเบต้ากลูแคนที่ความเข้มข้น 1 mg/ml มีค่าสูงกว่า BHA พบว่า % Lipid peroxide radical scavenging ของสารสกัดเบต้ากลูแคนที่เวลา 4 days มีค่าเท่ากับ 64.41 $\pm$ 3.04% ซึ่งมากกว่า BHA ที่มีค่าเท่ากับ 60.77 $\pm$ 0.67% โดยมีค่าสูงกว่าที่เวลา 7 days ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shafazila และ Lee (2011) พบว่าอนุมูลเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะค่อยๆ ลดลง เมื่อเพิ่มระยะในการเวลาบ่ม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่า % Lipid peroxide radical scavenging ที่เวลา 4 และ 7 days ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพบว่ามีความสามารถต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าอนุมูล DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว ดังนั้นสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ จึงน่าจะนำไปใช้ป้องกันการเกิดกลิ่นหืนของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ เช่น อาหารทอดแช่แข็ง เป็นต้น การศึกษาสมบัติการเป็นพรีไบโอติกส์ของสารสกัดเบต้ากลูแคน ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ 3 ชนิด (Table 2) พบว่าที่เวลา 24 h ปริมาณเชื้อ *L. casei* เพิ่มขึ้นจาก 9.02 $\pm$ 0.03 เป็น 9.29 $\pm$ 0.02 $\log_{10}$ CFU/ml ขณะที่ที่เวลา 48 h จำนวนเชื้อ *L. casei* เพิ่มขึ้นจาก 9.19 $\pm$ 0.02 เป็น 9.43 $\pm$ 0.01 $\log_{10}$ CFU/ml ขณะที่ที่เวลา 48 h พบว่าปริมาณเชื้อ *E. faecium* เพิ่มขึ้นจาก 9.06 $\pm$ 0.04 เป็น 9.20 $\pm$ 0.02 $\log_{10}$ CFU/ml สำหรับปริมาณเชื้อ *E. faecium* ที่เวลา 24 h และปริมาณเชื้อ *S. thermophiles* ที่เวลา 24 และ 48 h ในอาหารที่มีน้ำตาลกลูโคสและสารสกัดเบต้ากลูแคนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อ *L. casei* ได้ดีกว่า *E. faecium* แต่ไม่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. thermophiles* ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าพาสต้าที่ทำจากข้าวบาร์เลย์ที่มีปริมาณเบต้ากลูแคนสูง สามารถกระตุ้นเจริญเติบโตของเชื้อ *Lactobacillus* ทั้ง 4 สายพันธุ์ (Arena และคณะ, 2014)

สรุปผล

สารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำพบน้ำตาล G3 และ G4 ซึ่งเป็นน้ำตาลหน่วยย่อยในโครงสร้างของเบต้ากลูแคนจากธัญพืช องค์ประกอบต่างๆ รวมทั้ง G3 และ G4 ทำให้สารสกัดเบต้ากลูแคนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลเปอร์ออกไซด์สูงกว่าสารมาตรฐาน BHA และยังมีสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์ โดยสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อโพรไบโอติกส์ *L. casei* ได้ดีที่สุด ดังนั้นสารสกัดเบต้ากลูแคนจึงสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งทางด้านอาหารและเครื่องสำอาง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

เอกสารอ้างอิง

จรัญจิต เพ็งรัตน์ และ สุวัฒน์ เจียระคงมั่น, 2552, ข้าวเหนียวดำ, หลากประโยชน์ หลายแนวคิด เสริมเศรษฐกิจไทย สู่สากล, วารสารศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ, หน้า 325-342.

พัตราพร จอมเมืองบุตร, 2557, ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวเหนียวดำ, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, หน้า 153-156.

ลักษณ์สุภา ประภาวัต, 2551, การประยุกต์ใช้เบต้ากลูแคนจากยีสต์ในเครื่องสำอาง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.

Arena, M. P., Caggianiello, G., Fiocco, D., Russo, P., Torelli, M., Spano, G. and Capozzi, V., 2014, Barley β-Glucans-Containing Food Enhances Probiotic Performances of Beneficial Bacteria, International Journal of Molecular Sciences, 15: 3025-3029.

Braca, A., De Tommasi, N., Di Bari, L., Pizza, C., Politi, M. and Morelli, I., 2001, Antioxidant Principles from Bauhinia Terapotensis. Journal of Natural Product, 64: 892-895.

Chapin, K. C. and Lauderdale, T., 2003, Reagents, Stains, and MediaL bactertology, p. 358. In P.R, Murray, E. J. Baron, J. H. Jorgensen, M. A. Pfaller and R. H. Tolken (ed.).

Das, D., Baruah, R. and Goyal, A., 2014, A Food Additive with Prebiotic Properties of an β-D-Glucan from *Lactobacillus plantarum* DM5, International Journal of Biological Macromolecules. 69: 20-26.

Li, W., Cui, S.W. and Kakuda, Y., 2006, Extraction, Fractionation, Structural and Physical Characterization of Wheat β-D-Glucans, Carbohydrate Polymers. 63: 408-416.

Shafazila, T.S. and Lee, P.M., 2011, Inhibition of Lipid Peroxidation by Extract and Fractions Dendrobium Sonia 'Red Bom. 2nd International Conference on Biotechnology and Food Science. IACSIT Press Singapore, 2011.

Siddhuraju, P., 2007, Antioxidant Activity of Polyphenolic Compounds Extracted from Defatted Raw and Dry Heated *Tamarindus indica* Seed Coat, LWT - Food Science and Technology, 40: 982-990.

Wood, P.J., Weisz, J. and Blackwell, B.A., 1994, Structural Studies of (1/3) (1/4)-β-D-Glucans by ^{13}C-Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and by Rapid Analysis of Cellulose-Like Regions using High-Performance Anion Exchange Chromatography of Oligosaccharides Released by Lichenase, Cereal Chemistry, 71: 301-307.

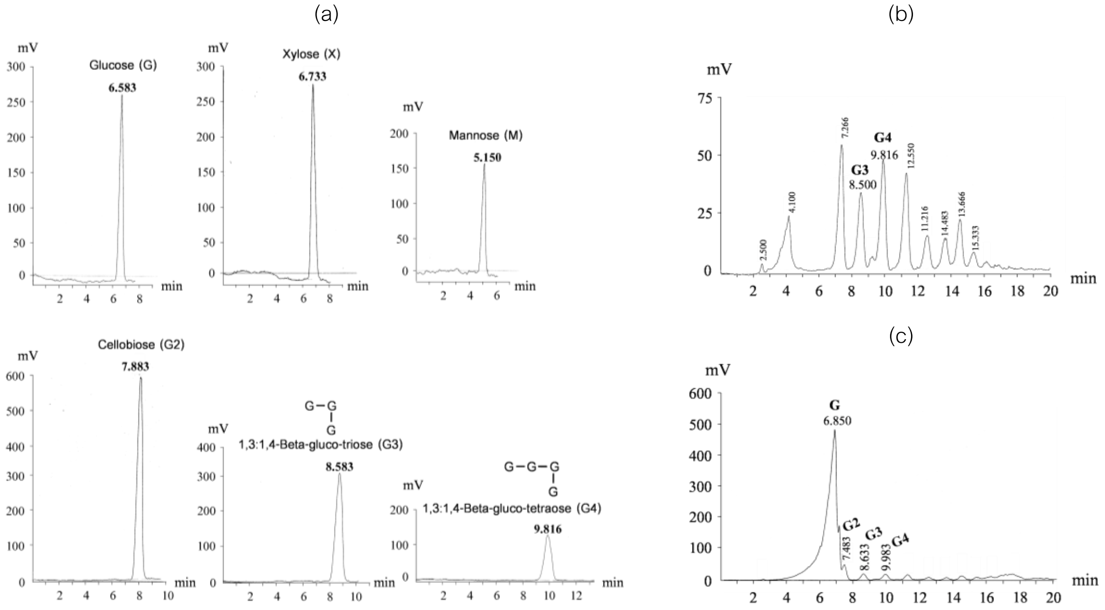


Figure 1 Sugar composition of BGG analyzed by HPLC (a) Sugar standard (b) BGG and (c) BGG hydrolyzed by Lichenase

Table 1 Scavenging effect on DPPH radical of BGG and BHA

Concentration	% DPPH radical scavenging	
(mg/ml)	BGG	BHA
1	28.17 ± 0.69^{a}	92.67 ± 0.12
0.8	18.37 ± 0.67^{a}	91.49 ± 0.43
0.6	6.93 ± 1.78^{a}	91.09 ± 0.20
0.4	0	90.30 ± 0.48
0.2	0	60.71 ± 4.12

[a] : Significantly different from the BHA (p≤0.05)

Table 2 Inhibition on lipid peroxidation of BGG and BHA at 1 mg/ml

Days	% Lipid peroxide radical scavenging	
	BGG	BHA
4	$64.41 \pm 3.04^{a,b}$	60.77 ± 0.67
7	$62.35 \pm 4.52^{a,b}$	58.43 ± 0.26

[a] : Significantly different from the BHA (p≤0.05)

[b] : Values with different letter in same column significantly different (p≤0.05)

Table 2 Growth of probitic bacteria in presence of glucose and BGG

Samples	Time (h)	Total counts of probiotic bacteria (log_{10} CFU/ml)		
		L. casei	*E. faecium*	*S. thermophilus*
Glucose	24	9.02 ± 0.03^{a}	8.98 ± 0.02^{a}	8.56 ± 0.05^{a}
	48	9.19 ± 0.02^{b}	9.06 ± 0.04^{a}	8.69 ± 0.04^{a}
BGG	24	9.29 ± 0.02^{b}	9.05 ± 0.01^{a}	8.94 ± 0.03^{a}
	48	9.43 ± 0.01^{c}	9.20 ± 0.02^{b}	9.06 ± 0.02^{a}

[a-c] : Values with different letter in same column significantly different (p≤0.05)

การสกัดไขมันจากเมล็ดเงาะด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต: แบบจำลองคณิตศาสตร์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Extraction of Fat from Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Seeds with Supercritical Carbon Dioxide: Mathematical Models and Antioxidant Activity

จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์[1] อุบล ฤกษ์อ่ำ[2] และ สุกิจ ขำเปรื่องดช[1]
Eiamwat, J.[1], Rerk-am, U.[2] and Kampruengdet, S.[1]

Abstract

Fat from rambutan (*Nephelium lappaceum*) seeds was extracted by supercritical carbon dioxide (SC-CO_2). The cumulative extraction yield curves were obtained at pressure of 35 MPa, and temperatures of 45, 55 and 65 °C and evaluated by an empirical model and the model of MartÍnez *et al.* (2003). The empirical model fits the extraction curve of 45 °C, but poorly predicts the cumulative yields of 55 and 65 °C. The MartÍnez model fairly fits to the experimental data over the conditions studied. Rambutan seed fat extract exhibited antioxidant activity based on β-carotene bleaching (BCB) assay with a food and cosmetic potential.

Keywords: fat, rambutan seeds, supercritical CO_2 extraction, antioxidant activity

บทคัดย่อ

การสกัดไขมันจากเมล็ดเงาะด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต ได้เส้นโค้งปริมาณไขมันเมล็ดเงาะสะสมที่ความดัน 35 MPa อุณหภูมิ 45, 55 และ 65 ºC และนำมาประเมินด้วยแบบจำลองอย่างง่าย และแบบจำลองของ Martínez และคณะ (2003) พบว่า แบบจำลองอย่างง่ายทำนายผลสอดคล้องกับเส้นโค้งที่ 45 ºC แต่ทำนายผลได้ไม่ดีกับเส้นโค้งที่ 55 และ 65 ºC. แบบจำลองของ Martínez และคณะ (2003) ทำนายผลการทดลองได้ดีกว่าในสภาวะที่ศึกษา. ไขมันเมล็ดเงาะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ β-carotene bleaching (BCB) ซึ่งมีศักยภาพการใช้ประโยชน์ทางอาหารและเครื่องสำอาง

คำสำคัญ: ไขมัน เมล็ดเงาะ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต การต้านอนุมูลอิสระ

Introduction

Rambutan (*Nephelium lappaceum*) is commonly consumed as a fresh fruit and used in the fruit canning industry. Rambutan seeds, about 4-9 g/100 g of rambutan fruit (Sirisompong *et al*., 2011), represent a large amount of unexploited waste that can cause disposal problem and has negative environmental impact.

Fat is a major component and accounts for 14-41 g/100 g of rambutan seeds (Sirisompong *et al*., 2011). Rambutan seed fat can be obtained by screw-pressing (Khairy *et al*., 2015), hexane extraction (Sirisompong *et al*., 2011; Solís-Fuentes *et al*., 2010; Yanty *et al*., 2013) and supercritical carbon dioxide (SC-CO_2) extraction (Eiamwat *et al.*, 2015; Yoswathana, 2013). The chemical composition and extraction yield of rambutan seed fat therefore depend on the method used to isolate it.

Rambutan seed fat could be potentially used in food and cosmetic applications (Sirisompong *et al*., 2011; Solís-Fuentes *et al*., 2010; Yanty *et al*., 2013). Defatting by CO_2 is an effective solvent and acceptably safe to the human health and environment (Reverchon and De Macro, 2006), whereas toxic solvent residues using the conventional method are undesirable and of concern in food and cosmetic use.

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
[2] ฝ่ายเภสัชและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
[1] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Technopolis, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120
[2] Pharmaceutical and Natural Products Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Technopolis, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

In this work, rambutan seed fat was obtained using SC-CO_2 extraction at pressure of 35 MPa, temperatures of 45, 55 and 65 °C and the experimental results were evaluated using the empirical model and the model of Martínez *et al*. (2003) through the extraction yield curves. Rambutan seed fat obtained with higher and lower extraction yields were chosen for determination of the antioxidant activity by β-carotene bleaching (BCB) assay.

Materials and Methods

Materials: Rambutan fruits were purchased from the local market (Pathum Thani, Thailand). After cleaning and de-seeding, these seeds were washed and dried in a hot air oven at 55 °C for 24 h. The dried seeds were ground using a blade grinder, followed by sieving through a 100 mesh stainless steel sieve. Carbon dioxide (purity 99.5%) was supplied by SI Technology Co., Ltd (Bangkok, Thailand).

SC-CO_2 extraction: For each extraction experiment, hundred grams of ground rambutan seeds were weighed and loaded into the 300 mL extraction vessel in the Speed SFE instrument (Applied Separations Inc., USA). Carbon dioxide from a CO_2 cylinder was pressurized and pumped into the system. The flowrate of CO_2 was maintained at 2 L/min. During the extraction process, samples were collected at regular intervals of 4 h and weighed. The experiments were repeated two times for each extraction condition. The extraction yield was calculated as a ratio of weight of the fat extract to weight of the ground rambutan seeds on dry basis.

Fat content: The fat content of ground rambutan seeds was determined by Soxhlet's extraction using petroleum ether (40 to 60 °C for 5 h), followed by the oven method (105 °C for 12 h). The experiments were done in triplicate. The average fat content was 33.05% on dry basis.

Mathematical models: The cumulative extraction yield curves at pressure of 35 MPa, temperatures of 45, 55 and 65 °C were evaluated by the empirical model and the model of Martínez *et al*. (2003) as follows:

I. Empirical model

A model based on the Langmuir adsorption isotherm equation with one adjustable parameter is used by Esquivel *et al*. (1999) to predict extraction yield curves. The model equation is as follows:

$$m = x_0 F\left(\frac{t}{b_e + t}\right) \quad (1)$$

where m is mass of extract, F is mass of solid material, x_0 is initial solute mass ratio in the solid phase, t is extraction time and b_e is adjustable parameter.

II. Martínez model

This model is based on differential mass balance equations along the extraction bed and considers the solute as a single compound. Martínez *et al*. (2003) neglected the accumulation and axial dispersion of the solute in the fluid phase, resulting in the analytical solution with two tuning parameters of the model equation expressed as:

$$m = \frac{m_t}{\exp(b_i \cdot t_{mi})}\left\{\frac{1 + \exp(b_i \cdot t_{mi})}{1 + \exp[b_i(t_{mi} - t)]} - 1\right\} \quad (2)$$

where m is mass of extract, m_t is total initial mass of solid in the extraction bed, t is extraction time, while b_i and t_{mi} are temporal dimension parameters.

Antioxidant activity: Rambutan seed fat samples obtained with higher and lower yields were chosen for antioxidant activity determination in the β-carotene-linoleic acid emulsion system according to a modified method of Kawaree *et al*. (2008). The β-carotene bleaching inhibition was calculated according to the following formula:

$$\%\ \beta\text{-carotene bleaching inhibition} = (A_{s\ 450\ nm\ (t\,=\,60)} - A_{c\ 450\ nm\ (t\,=\,60)}) / (A_{c\ 450\ nm} - A_{c\ 450\ nm\ (t\,=60)}) \times 100 \quad (3)$$

where $A_{s\ 450\ nm\ (t\,=\,60)}$ is the absorbance of the test sample at t = 60 min, $A_{c\ 450\ nm\ (t\,=\,60)}$ is the absorbance of the

control at t = 60 min, $A_{c\ 450\ nm}$ is the absorbance of the control at t = 0 min. The β-carotene bleaching test was carried out in three replicate experiments and the results were averaged.

Statistical analysis: The minimum average absolute relative deviation (AARD) between the experimental extraction yield and predicted extraction value was used to determine the best fit of parameter values for the model equation. Average absolute relative deviation is given as:

$$AARD\ (\%) = \frac{100}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{yield_{calc} - yield_{exp}}{yield_{exp}}\right|$$

Results and Discussion

SC-CO_2 extraction curves:

Preliminary extractions of fat from rambutan seeds by SC-CO_2 showed the extraction yields increased progressively with increasing temperatures from 45 to 65 °C at constant pressure of 35 MPa. Figure 1 shows the effect of extraction temperature on the yields of rambutan seed fat indicating the increased solubility of rambutan seed fat in SC-CO_2 at the higher temperature. The maximum yield was 32.5% observed at 65 °C and 35 MPa, in agreement with the result from Yoswathana (2013).

Modeling of the extraction curves:

Figure 2 shows the comparison between the experimental data and the predicted extraction yield using the empirical model from Eq. (1) for a pressure of 35 MPa and temperatures of 45, 55 and 65 °C. A parity of plot to compute the extent of error of the predicted results from the experimental data is drawn in Figure 3. The calculated results match with the experimental values at 45 °C and 35 MPa within +6% to –3% error. However, the model prediction gave very poor fit for the conditions of 55 and 65 °C and 35 MPa within +17 to –19% of the experimental data.

The cumulative extraction yield computed using the model of Martínez *et al*. (2003) presented by Eq. (2) are compared with the experimental data points as shown in Fig. 4, together with a parity of plot in Figure 5. The predicted results bear a resemblance to the experimental results at 55 and 65 °C and 35 MPa within +5 to –12% error. The maximum deviation of the calculated results from the experimental data is found to be about 24% for the condition of 45 °C and 35 MPa.

The adjusted parameters of the empirical model and the model of Martínez *et al*. (2003) are presented in Table 1. The empirical model showed the lowest AARD value for the experimental condition of 35 MPa and 45 °C, meaning quite a good fit. The Martínez model gives a fair fit to the experimental data, together with lower AARDs than the empirical model at higher temperatures. It can be observed from Table 1 that with increasing temperature from 45 to 65 °C at 35 MPa the overall trend of parameters b_e decreased, while the values of b_i and t_{mi} increased. This means that at higher temperatures the extraction was faster to reach its maximum.

Antioxidant activity of rambutan seed fat

In Figure 6, the extract obtained at 65 °C with a higher yield exhibited higher antioxidant activity compared to the extract at 45 °C with a lower yield. These results show that the temperature effect has the influence on the antioxidant activity. It is observed that rambutan seed fat extracts exhibit antioxidant activity in a concentration dependent manner, with a higher inhibition percent of β-carotene bleaching at a higher temperature.

Summary

This study showed the application of SC-CO_2 technology in obtaining rambutan seed fat. The empirical model fits the extraction curve of 45 °C, but poorly predicts the cumulative yields of 55 and 65 °C. The model of Martínez *et al*. (2003) gives a fair fit to the experimental data over the conditions studied. The observed antioxidant activity show that rambutan seed fat has a food and cosmetic potential.

Acknowledgements

This work is part of an in-house project supported by Thailand Institute of Scientific and Technological Research.

Literature cited

Eiamwat, J., Wanlapa, S., Sematong, T., Reungpatthanapong, S., Phanthanapatet, W., Hankhuntod, N. and Kampruengdet, S., 2015, Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Seed Flour Prepared by Fat Extraction of Rambutan Seeds with SC-CO2, Isan Journal of Pharmaceutical Sciences, 10(Suppl.): 138-146.

Esquível, M.M., Bernardo-Gil, M.G. and King, M.B., 1999, Mathematical Models for Supercritical Extraction of Olive Husk Oil, Journal of Supercritical Fluids, 16(1): 43-58.

Kawaree, R., Okonogi, S., Chowwanapoonphon, S. and Phutdhawong, W., 2008, Chemical Composition and Antioxidant Evaluation of Volatile Oils from Thai Medicinal Plants, In Proceedings of the International Workshop on Medicinal and Aromatic Plants, Acta Horticulture, 786: 209-215.

Khairy, H.A., Yang, T.A. and Saadoon, F.A., 2015, Study on Color and Antioxidant Properties of Rambutan Seed Fat as Cocoa Butter Alternative, International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 5(2): 34-38.

Martínez, J., Monteiro, A.R., Rosa, P.T.V., Marques, M.O.M. and Meireles, M.A.A., 2003, Multicomponent Model to Describe Extraction of Ginger Oleoresin with Supercritical Carbon Dioxide, Industrial and Engineering Chemical Research, 34(11): 1471-1474.

Reverchon, E. and De Macro, I., 2006, Supercritical Fluid Extraction and Fractionation of Natural Matter, Journal of the Supercritical Fluids, 38: 146–166.

Sirisompong, W., Jirapakkul, W. and Klinkesorn, U., 2011, Response Surface Optimization and Characteristics of Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Kernel Fat by Hexane Extraction, LWT – Food Science and Technology, 44: 1946-1951.

Solís-Fuentes, J.A., Camey-Ortíz, G., Hernández-Medel, M.D.R., Pérez-Mendoza, F. and Durán-de-Bazúa, C., 2010, Composition, Phase Behavior and Thermal Stability of Natural Edible Fat from Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Seeds, Bioresource Technology, 101: 799-803.

Yanty, N.A.M., Marikkar, J.M.N., Long, K. and Ghazali, H.M., 2013, Physicochemical Characterization of the Fat from Red-skin Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Seeds, Journal of Oleo Science, 62(6): 335-343.

Yoswathana, N. 2013. Optimization of Supercritical Carbon Dioxide (SC-CO2) Extraction of Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Seed Oil Using Surface Response Methodology, International Journal of Chemical Engineering and Applications, 4(4): 187-190.

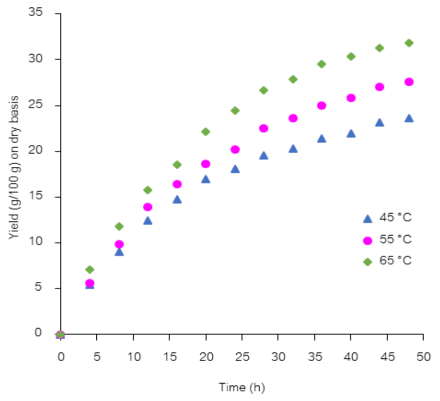


Figure 1 Experimental extraction curves of rambutan seed fat at 35 MPa.

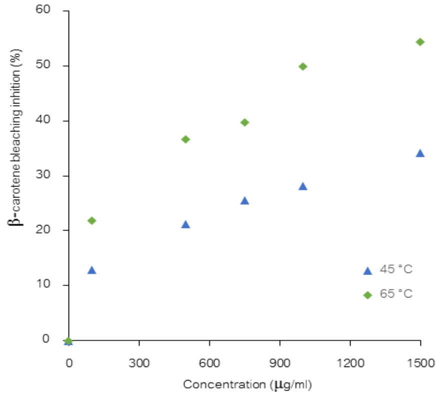


Figure 6 Antioxidant activity of rambutan seed fat extract on extraction temperature.

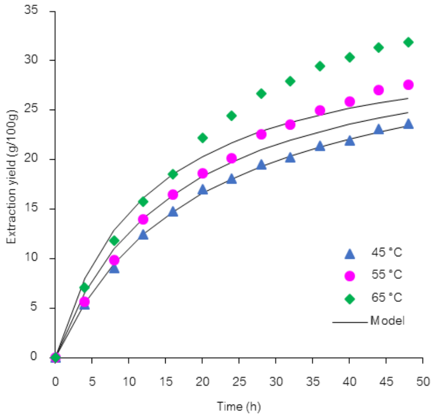


Figure 2 Comparison between experimental data and Empirical model prediction.

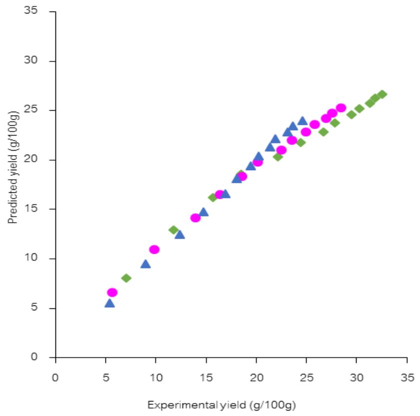


Figure 3 Predicted data from Empirical model and experimental data.

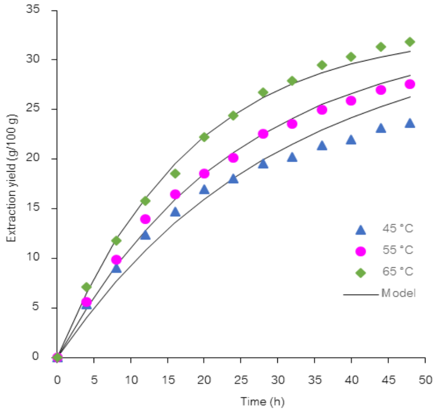


Figure 4 Comparison between experimental data and Martínez model prediction.

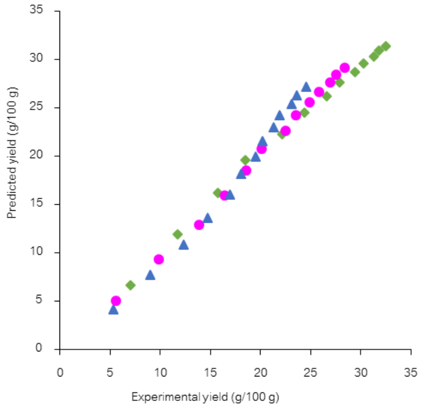


Figure 5 Predicted data from Martínez model and experimental data.

Table 1 Model parameters and deviations for SC-CO2 extraction of rambutan seed fat

P (MPa)	T (K)	Empirical		Martínez *et al.* (2003)		
		b_e (h)	ARRD (%)	b_i (h^{-1})	t_{mi} (h)	AARD (%)
35	318	19.845	1.48	0.033	-420.0	9.45
35	328	16.125	7.33	0.041	-370.5	3.67
35	338	12.522	12.36	0.057	-61.7	2.65

where the adjusted parameters were be of the Esquivel model, bi and tmi of the Martínez model.

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 678-680 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 678-680 (2559)

ผลของพาโคลบิวทราโซล การควั่นกิ่ง และเอทีฟอน ต่อการออกดอกนอกฤดูของมะขามป้อม

Effect of Paclobutrazol, Ringing, and Ethephon Application on Off-season Flowering of Indian Gooseberry

สดศรี เนียมเปรม[1] กุศล เอี่ยมทรัพย์[1] และ จุติณัฏฐ์ ธนกิจวนิชกุล[1]
Neamprem, S.[1], Iamsub, K.[1] and Thanakitvanichakul, J.[1]

Abstract

This experiment was aimed to study the effect of soil drenched with paclobutrazol, stem ringing, and leaf removal with ethephon on off-season flowering of Indian gooseberry. Results showed that untreated plants did not flower, but foliar sprayed with ethephon, stem ringing, soil drenched with paclobutrazol, stem ringing + foliar sprayed with ethephon, and soil drenched with paclobutrazol + foliar sprayed with ethephon resulted in percentage of flowering of 8.6, 19.4, 20.3, 63.6 and 78.1 respectively. The experiment indicated that paclobutrazol, stem ringing, and ethephon could potentially induce off-season flowering in Indian gooseberry.
Keywords: flowering, leaf removal, off-season

บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและผลของพาโคลบิวทราโซล การควั่นกิ่ง และการพ่นเอทีฟอน เพื่อช่วยปลิดใบ ต่อการออกดอกนอกฤดูของมะขามป้อม ได้ผลการทดลอง ดังนี้ ต้นควบคุมไม่พบการออกดอก ต้นที่พ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน, ต้นที่ควั่นกิ่ง, ต้นที่ราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล, ต้นที่ควั่นกิ่ง ร่วมกับ พ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน และ ต้นที่ราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ร่วมกับ พ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน พบการออกดอกร้อยละ 8.6, 19.4, 20.3, 63.6 และ 78.1 ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าทั้ง พาโคลบิวทราโซล การควั่นกิ่ง และเอทีฟอน มีศักยภาพในการชักนำการออกดอกนอกฤดูของมะขามป้อม
คำสำคัญ: การออกดอก การร่วงของใบ นอกฤดู

คำนำ

มะขามป้อม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Phyllanthus emblica* Linn. เป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารสำคัญหลายชนิด เช่น วิตามินซี แทนนิน กรดแกลลิก มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ลดอาการบวมและอาการอักเสบ มะขามป้อม มีสรรพคุณช่วยให้ร่างกายแข็งแรง บำรุงอวัยวะแทบทุกส่วนในร่างกาย ได้แก่ เส้นผม สมอง ดวงตา คอ หลอดลม ปอด หัวใจ กระเพาะอาหาร ลำไส้ ตับ ไต ตับอ่อน ผิวหนัง บำรุงเลือด ช่วยลดความดันโลหิตสูง ลดน้ำตาล และลดไขมันในเส้นเลือด (พานิชย์, 2559 และพวงพรรณ และคณะ, 2549) ปัจจุบันมีการนำมะขามป้อมไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทั้งในรูปผลสดและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ จนทำให้บางช่วงผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและผลของพาโคลบิวทราโซล การควั่นกิ่ง และการพ่นเอทีฟอนเพื่อช่วยปลิดใบ ต่อการออกดอกนอกฤดูของผลมะขามป้อม ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการผลิตเพื่อลดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบได้อย่างถูกต้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ใช้ต้นมะขามป้อมพันธุ์ปราจีนบุรี ที่มีอายุประมาณ 5 ปี วางแผนการทดลองแบบ Randomiged Complete Block Design วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มี 6 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้ คือ

---

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี
[1] Agricultural Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathumthani.

1. ต้นควบคุม
2. ต้นที่พ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 2,000 ppm (เป็นความเข้มข้นที่ผ่านการคัดเลือก)
3. ต้นที่ควั่นกิ่ง (เส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งประมาณ 2 นิ้ว ควั่นรอบกิ่งยาว 1.5 นิ้ว ลอกเปลือกแต่ไม่ขูดเยื่อเจริญ)
4. ต้นที่ราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ในอัตรา 200 กรัม/ต้น (เป็นความเข้มข้นที่ผ่านการคัดเลือก)
5. ต้นที่ควั่นกิ่งร่วมกับพ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 2,000 ppm โดยพ่นหลังจากการควั่นกิ่งเป็นเวลา 2 สัปดาห์
6. ต้นที่ราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ในอัตรา 200 กรัม/ต้น ร่วมกับการพ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 2,000 ppm โดยพ่นภายหลังการราดสารเป็นเวลา 2 สัปดาห์

ทำการประเมินผลร้อยละการออกดอกภายหลังการทดลองเป็นเวลา 45 วัน (ทุกสิ่งทดลองมี 4 ซ้ำ หรือ 4 ต้น ต้นละ 10 กิ่ง การนับจำนวนดอก นับจากปลายกิ่งเข้ามาจนถึง 1.5 เมตร)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของพาโคลบิวทราโซล การควั่นกิ่ง และเอทีฟอนต่อการออกดอกนอกฤดูของมะขามป้อม พบว่าหลังทำการทดลอง 45 วัน มะขามป้อมต้นควบคุม ไม่มีการออกดอก ส่วนมะขามป้อมต้นที่พ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 2,000 ppm มีการออกดอกร้อยละ 8.6 ต้นที่ควั่นกิ่ง มีการออกดอกร้อยละ 19.4 ต้นที่ราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ในอัตรา 200 กรัม/ต้น มีการออกดอกร้อยละ 20.3 ต้นที่ควั่นกิ่งร่วมกับพ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 2,000 ppm มีการออกดอกร้อยละ 63.6 และต้นที่ราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ในอัตรา 200 กรัม/ต้น ร่วมกับการพ่นสารทางใบ ด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 2,000 ppm มีการออกดอกร้อยละ 78.1 (ตารางที่ 1) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการพ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน การราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล หรือ การควั่นกิ่ง ปัจจัยเหล่านี้เพียงปัจจัยเดียวก็มีผลทำให้มะขามป้อมออกดอกแต่มีจำนวนน้อย แต่เมื่อได้ทำการทดลองร่วมกัน พบว่า มะขามป้อมมีการออกดอกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่ว่ามะขามป้อมจะมีการออกดอกได้ดีกับใบที่เกิดใหม่ การควั่นกิ่งหรือการราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล เพียงปัจจัยเดียวถึงแม้ว่าสามารถทำให้เกิดการออกดอกได้แต่มีจำนวนน้อยเนื่องจากไม่มีการเกิดใบอ่อน แต่การใช้สารเอทีฟอนพ่นทางใบร่วมด้วยทำให้มีการออกดอกจำนวนมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากเมื่อพืชมีการปรับกระบวนการสรีรวิทยาพร้อมออกดอกและมีการปลิดใบเพื่อทำให้เกิดใบใหม่ ซึ่งใบอ่อนหรือใบใหม่นี้เองทำให้พืชมีการหายใจและคายน้ำสูงจึงทำให้มีการดึงสารที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกผ่านทางซอกใบซึ่งเป็นจุดที่เกิดดอกใน มะขามป้อม ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ กุศล และ สดศรี (2558) พาวิน และคณะ (2543) และ Berova และ Zlatev (2000) ที่ได้รายงานผลของการใช้สารพาโคลบิวทราโซล การควั่นกิ่ง และ เอทีฟอน ซึ่งพบว่า ช่วยทำให้เกิดการออกดอกเพิ่มมากขึ้น

สรุปผล

จากการศึกษาวิธีการต่างๆของการกระตุ้นการออกดอกนอกฤดูของมะขามป้อม ได้แก่ การพ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน การควั่นกิ่ง และการราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล เพียงปัจจัยเดียวก็มีผลทำให้มะขามป้อมออกดอกได้ แต่เมื่อได้ทำการทดลองร่วมกัน พบว่า มะขามป้อมมีการออกดอกเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะต้นที่ราดสารทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ในอัตรา 200 กรัม/ต้น ร่วมกับการพ่นสารทางใบด้วยเอทีฟอน ความเข้มข้น 2,000 ppm มีการออกดอกมากที่สุด คือ ร้อยละ 78.1 ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่า สารพาโคลบิวทราโซล มีผลในการสร้างตาดอก แต่เอทีฟอนมีผลช่วยปลิดใบและทำให้เกิดใบใหม่ จนมีการดึงสารไปที่ใบได้มากขึ้นจึงทำให้มีการออกดอกมากขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณปรีชา กิจพิพัฒน์ เกษตรกรผู้ปลูกมะขามป้อมที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงทดลอง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆจนการดำเนินงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กุศล เอี่ยมทรัพย์ และสดศรี เนียมเปรม, 2558, ผลของการฉีดพ่นปุ๋ยยูเรีย เอ็นเอเอ เอทีฟอนและการปลิดใบต่อการออกดอก คุณภาพ และผลผลิตหม่อนกินผล, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, ฉ.46(3):867-869.

พวงพรรณ ยงรัตนา สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ ปทุม บุญนะฤธี, 2549, ชีพลักษณ์ ลักษณะดอกและผล และความสำเร็จการสืบพันธุ์ของไม้มะขามป้อม, รายงานผลการวิจัยประจำปี, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พานิชย์ ยศปัญญา, 2559, เทคโนโลยีการเกษตร, [สืบค้น], http://info.matichon.co.th/techno.php?srctag=0504015025 &srcday=&search=no [26/ July /16]

พาวิน มะโนมัย วรินทร์ สุทนต์ วินัย วิริยะอลงกรณ์ เสกสันต์ อุสสหตานนท์ และนพพล จรัสสัมฤทธิ์, 2543, ผลของการควั่นกิ่งต่อการออกดอกของลำไยพันธุ์เพชรสาครทะวาย, วารสารเกษตร, ฉ.16(2): 117-123.

Berova, M and Zlatev, Z., 2000, Physiological Response and Yield of Paclobutrazol Treated Tomato Plants *(Lycopersicon esculentum* Mill), Plant Growth Regulator, 30(2): 117-123.

Grossi, J.A.S. de Moraes, P.J. Tinoco, S.A. Barosa, J.G. Finger, F.L. and Cecon, P.R., 2005, Effects of Paclobutrazol on Growth and Fruiting Characteristics of 'Pitanga Ornamental Pepper, Acta Horticulturae, 683: 333-336.

Table 1 Percentage flowering of Indian gooseberry 45 days after applied with foliar sprayed with ethephon, soil drenched with paclobutrazol and stem ringing.

Treatments	Percentage flowering at 45 days after application
Untreated plants	0.0 [e]
Foliar sprayed with ethephon	8.6 [d]
Stem ringing	19.4 [c]
Soil drenched with paclobutrazol	20.3 [c]
Stem ringing + foliar sprayed with ethephon	63.6 [b]
Soil drenched with paclobutrazol + foliar sprayed with ethephon	78.1 [a]
F-test	*
% CV	12.8

การสกัดสารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยด้วยการสกัดเชิงกล

Mechanical Extraction of Colorant and Volatile Compounds from Pandan Leaves (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

นิศานันท์ ตามกาล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Tamkal, N.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchochuen, O.[1]

Abstract

The optimal extracted condition for colorant and volatile compounds from pandan leaves by mechanical extraction was conducted. Fresh pandan leaves were blended with various ratios of water to ethanol (100:0, 75:25, and 50:50 v/v) at 70, 80 and 90°C for 30 minutes. The best condition by the Response Surface Methodology (RSM), for pandan leaf extracts without heating was at 100:0 of water to ethanol ratio (v/v) at 80°C for 30 minutes, resulted in an emerald dark green color, and L*, a*, b*, chroma and hue values were of 41.85, -10.43, 45.54, 46.71 and 102.88, respectively. However, pandan extract of the best extraction condition was identified by Solid Phase Microextraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry (SPME/GC-MS), and twenty-seven volatile were found including 1-hexanol, 2-penten-1-ol, 2(5H)-furanone, and 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY); the key odor compound of pandan extract which its relative peak area percentage (%RPA) was 1.84×10^{7}.

Keywords: pandan leaves, colorant, volatile compound, extraction

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดใบเตยด้วยวิธีสกัดเชิงกล เตรียมตัวอย่างใบเตยสดโดยนำมาบด โดยแปรสัดส่วนตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอล (100:0 75:25 และ 50:50 โดยปริมาตรต่อปริมาตร) และแปรอุณหภูมิสกัด (70 80 และ 90 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาที พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีและกลิ่นจากใบเตยเมื่อวิเคราะห์ด้วย Response Surface Methodology (RSM) คือ การใช้เครื่องบดแบบไม่มีความร้อนร่วมกับใช้น้ำต่อเอทานอล 100:0 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที สารสกัดที่ได้มีสีเขียวมรกต ให้ค่าสี L* a* b* chroma และ hue เท่ากับ 41.85, -10.43, 45.54, 46.71 และ 102.88 ตามลำดับ อีกทั้งที่ภาวะนี้เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (SPME/GC-MS) พบสารหอมระเหยทั้งหมด 27 ชนิด ได้แก่ 1-hexanol, 2-penten-1-ol และ 2 (5H)-furanone โดยสารให้กลิ่นหลักที่สำคัญ คือ 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) มีค่าร้อยละ relative peak area (%RPA) เท่ากับ 1.84×10^{7}

คำสำคัญ: ใบเตย สารให้สี สารหอมระเหย การสกัด

คำนำ

เตยหอมเป็นพืชในวงศ์ Pandanaceae ปลูกกันแพร่หลายในทวีปเอเชียรวมทั้งประเทศไทย โดยทั่วไปนิยมนำสารสกัดจากใบเตยหอมมาใช้เป็นสารปรุงแต่งสีและกลิ่นรสในอาหารหวาน อย่างไรก็ตามสารสกัดสีและกลิ่นรสจากใบเตยยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้คือ ความไม่คงตัวของสีเขียว เมื่อได้รับความร้อน อีกทั้งสารหอมระเหยที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นใบเตย คือ 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) แต่หากใช้อุณหภูมิสูงหรือเวลาสกัดนานเกินไป ทำให้ ACPY ระเหยไปได้ง่าย (Wongpornchai และคณะ, 2003) การสกัดสีและกลิ่นรสจากใบเตยมีหลายวิธี เช่น supercritical carbondioxide (SC-CO_2) วิธีนี้ได้สารหอมระเหยคุณภาพดี แต่ต้นทุนการผลิตสูง ส่วนการกลั่นด้วยไอน้ำ เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว แต่ yield ต่ำ ส่วนการสกัดเชิงกลเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากใช้มีความร้อนเกิดขึ้นน้อย ไม่ยุ่งยาก และประหยัด (Sowndhararajan และคณะ, 2016) สำหรับการสกัดด้วยตัวทำละลาย วิธีนี้ได้ yield สูง กลิ่นดี แต่อาจเกิดการตกค้างของตัวทำละลายทำให้เกิดกลิ่น

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

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

รสที่ไม่พึงประสงค์ (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) สารละลายที่นิยมใช้ในการสกัดใบเตย คือน้ำและเอทานอล อย่างไรก็ตามการสกัดสารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยโดยใช้ตัวทำละลายยังมีความยุ่งยากและซับซ้อน เนื่องจากคลอโรฟิลล์ในใบเตยละลายในเอทานอลได้ดีกว่าในน้ำ ในขณะที่ ACPY ละลายในน้ำได้ดีกว่าในเอทานอล (Fabra และคณะ, 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดใบเตยด้วยตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอล ร่วมกับวิธีสกัดเชิงกล เพื่อให้ได้สารสีและสารหอมระเหยจากใบเตยที่สามารถนำไปใช้อุตสาหกรรมอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำใบเตยจากอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ตัดหั่นส่วนโคนใบทิ้ง ล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง และหั่นให้มีขนาดยาวประมาณ 1 เซนติเมตร แปรวิธีการสกัดเชิงกลโดยใช้เครื่องบดต่างชนิดกัน ได้แก่ 1) เครื่องบดแบบธรรมดา (Blender 8011BU, Waring) และ 2) เครื่องบดวัตถุดิบแบบไม่มีความร้อน (QS505, Universal Fritter) บดนาน 30 วินาที จากนั้นสกัดสีและสารหอมระเหยโดยแปรความเข้มข้นของ น้ำ:เอทานอล เท่ากับ 100:0, 75:25 และ 50:50 โดยเติมตัวทำละลายลงในเครื่องบดเพื่อปั่นผสมนาน 30 วินาที อัตราส่วนใบเตยต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:5 น้ำหนักต่อปริมาตร บรรจุตัวอย่างใบเตยที่ปั่นผสมกับตัวทำละลายลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปเขย่าในอ่างควบคุมอุณหภูมิ แปรอุณหภูมิสกัดที่ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส สกัดนาน 30 นาที กรองแยกน้ำและกากใบเตยด้วยไนลอนขนาด 100 เมซ นำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์ดังนี้

วัดค่าสี L*, a*, b*, chroma และ hue ด้วยเครื่อง Miniscan EZ (Hunter Associates Laboratory, USA) Minolta รุ่น CR-10 ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (Version 9.0)

วิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารหอมระเหย ด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction Gas Chromatography/ Mass Spectrometry ด้วยเครื่อง gas chromatography – mass spectrophotometry (รุ่น 7890A MS, China) สภาวะในการวิเคราะห์ ดังนี้ ฉีดตัวอย่างแบบ splitless ปริมาตรการฉีด 3 ไมโครลิตร แยกสารหอมระเหยโดยใช้คอลัมน์แคปิลลารี DB-WAX ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็น carrier gas อุณหภูมิที่ใช้ในการแยกสารเริ่มต้นที่ 40 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียส ต่อนาทีจนอุณหภูมิถึง 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิคงที่ 5 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 15 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนอุณหภูมิถึง 220 องศาเซลเซียส บ่งชี้ชนิดของสารหอมระเหยโดยเปรียบเทียบข้อมูล mass spectrum ของสารหอมระเหยแต่ละชนิดกับ Wiley 275 library และ NIST05a

นำค่าสีและปริมาณสารหอมระเหยจากวิธีการใช้เครื่องบดธรรมดาและเครื่องบดแบบไม่มีความร้อนที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดใบเตย โดยใช้โปรแกรม Statistica version 10.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสกัดใบเตยด้วยเครื่องบดแบบธรรมดาและเครื่องบดแบบไม่มีความร้อนให้ผลในทิศทางเดียวกัน (Figure 1 และ 2) คือ สัดส่วนของตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอล เวลา และอุณหภูมิในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าสี L*, a*, b*, c* และ h° ของสารสกัดใบเตย ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ตัวทำละลายผสมที่มีอัตราส่วนของเอทานอลมากขึ้น สารสกัดใบเตยที่ได้มีสีเขียวมากขึ้น เนื่องจากเอทานอลสามารถสกัดคลอโรฟิลล์ในใบเตยได้ดี (Fabra และคณะ, 2009) และเมื่อสกัดใบเตยโดยใช้อุณหภูมิสูงขึ้น สารสกัดใบเตยมีสีเขียวลดลง อาจเนื่องจากปฏิกิริยา pheophytinization ซึ่งแมกนีเซียมไอออนในคลอโรฟิลล์ถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจน ทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นสีเขียวแกมเหลืองมากขึ้น เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยจากสารสกัดใบเตยที่ได้จากการบดทั้งสองวิธีพบว่าทุกภาวะการสกัดมี ACPY ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสหลักในใบเตย และพบสารหอมระเหยที่สำคัญ อื่นๆ เช่น 1-hexanol, 2-penten-1-ol และ 3-methyl-2(5H)-furanone โดยปริมาณ ACPY มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงจนถึง 90 องศาเซลเซียส ปริมาณ ACPY มีค่าลดลง เนื่องจาก ACPY เกิดขึ้นขณะที่ใช้ความร้อนในขั้นตอน Strecker degradation ของปฏิกิริยา Maillard reaction ซึ่งสารตั้งต้นจำพวกกรดอะมิโน ทำปฏิกิริยากับน้ำตาล ทำให้เมื่ออุณหภูมิที่ใช้สกัดสูงขึ้นปริมาณ ACPY จึงพบปริมาณสูงขึ้น แต่หากอุณหภูมิสูงเกินไป ACPY ซึ่งมีจุดเดือดและน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (111.14 $gmol^{-1}$) ระเหยไปได้ง่าย ส่งผลให้สารสกัดกลิ่นรสใบเตยมีปริมาณ ACPY ลดลง (Wongpornchai และคณะ, 2003) ซึ่งการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายผสมน้ำต่อเอทานอล 100:0 สามารถสกัดสารหอมระเหยในใบเตยสดได้ดีกว่าการใช้ตัวทำละลายสัดส่วนอื่นๆ เนื่องจาก ACPY เป็นสาร

heterocyclic มีขั้วสูง จึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ และเอทานอล เป็นต้น (Fabra และคณะ, 2009) อย่างไรก็ตามค่า polarity index (p.i.) ของน้ำ = 9 สูงกว่าเอทานอลที่ค่า p.i. = 5.2 ทำให้สกัด ACPY ได้ดีกว่าเอทานอล (Hemwimol และคณะ, 2006) เมื่อทำนายภาวะการสกัด พบว่า ภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสีและกลิ่นรสใบเตยด้วยวิธีการบดทั้งสองวิธี คือ การใช้น้ำ (100:0) สกัดที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำภาวะที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละวิธีการบดลดขนาดมาเปรียบเทียบกัน พบว่าการสกัดใบเตยที่บดด้วยเครื่องบดแบบไม่มีความร้อนสามารถสกัดสารให้สีและ ACPY ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหลักได้ดีกว่าวิธีการบดด้วยเครื่องบดธรรมดา (Table 1) เนื่องมาจากเมื่อบดใบเตยด้วยเครื่องบดแบบธรรมดาขนาดอนุภาคของใบเตยที่ได้เท่ากับ 0.2×0.4 cm แต่เมื่อบดใบเตยด้วยเครื่องบดปราศจากความร้อนขนาดอนุภาคของใบเตยที่ได้เท่ากับ 0.1×0.2 cm ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าส่งผลให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสสูงขึ้นการสกัดจึงมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Pourmortazavi และ Hajimirsadeghi, 2007)

สรุปผล

การสกัดสารสีและกลิ่นรสจากใบเตยด้วยเครื่องบดแบบไม่มีความร้อนร่วมกับการใช้น้ำต่อเอทานอลสัดส่วน 100:0 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 30 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุด สารสกัดที่ได้มีสีเขียวเข้มและมีปริมาณ ACPY สูงเท่ากับ 1.84×10^7

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Fabra, M. J., Hambleton, A., Talens, P., Debeaufort, F., Chiralt, A. and Voilley, A., 2009, Influence of interactions on water and aroma permeabilities of i-carrageenan-oliec acid-beeswax films used for flavour encapsulation, Carbohydrate Polymers, No. 76, pp. 325-332.

Hemwimol, S., Pavasavt, P., and Shotipruk, A., 2006, Ultrasound-Assisted Extraction of Anthraquinones from Roots *of Morinda citrifolia*, Ultrasonics Sonochemistry, Vol. 13, pp. 543-548.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Supercritical carbon dioxide extraction of 2-acetyl-1-pyrroline and volatile components from pandan leaves, Flavor and Fragrance Journal, Vol. 19, pp. 251-259

Pourmortazavi, S. M. and Hajimirsadeghi, S. S., 2007, Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis, Journal of Chromatography A, No. 1163, pp. 2-24.

Sowndhararajan, K., Chin, L. N., Yusof, A. Y., Lai, L. L. and Mustapha, A. W., 2016,Effect of Blender and Blending Time on Color and Aroma Characteristics of Juice and Its Freeze-Dried Powder of *Pandanus amaryllifolius* Roxb. Leaves (Pandan), International Journal of Food Engineering, Vol. 12, pp. 75-81.

Wongpornchai, S., Sriseadka, T. and Choonvisase, S., 2003, Identification and quantitation of the rice aroma compound, 2-acetyl-1-pyrroline, in bread flowers (*Vallaris glabra* Ktze), Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 51, No. 2, pp. 457–462.

Table 1 Physicochemical properties of pandan leaves extract with different extraction methods.

Extraction Methods	Color					Appearance	%RPA ($\times 10^7$) ACPY	Particle Size after blending
	L*	a*	b*	chroma	hue			
Normal blender	71.15	-4.38	19.88	20.54	102.18	light green	1.13	0.2×0.4 cm
Universal Fritter (without heat)	162.33	-37.62	49.42	62.10	127.18	dark green	1.84	0.1×0.2 cm

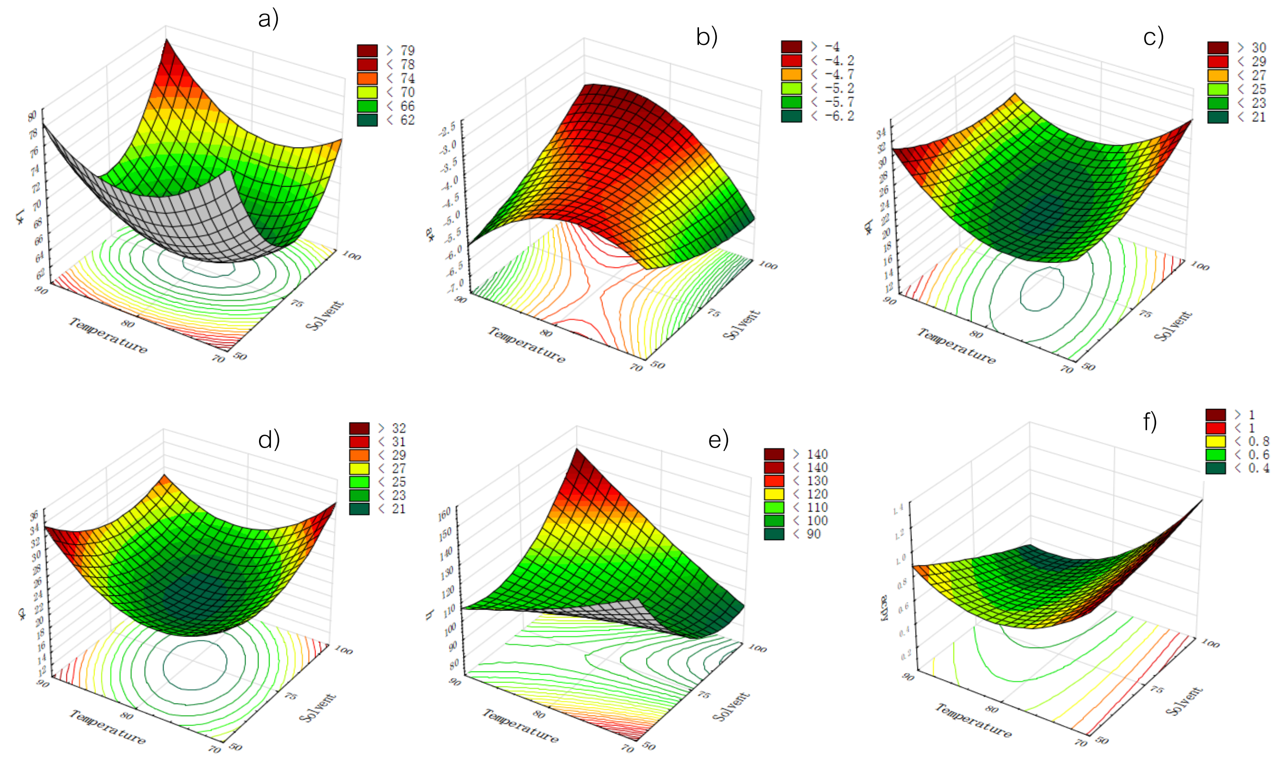


Figure 1 Response surfaces for the effect ratio (pandan leaves : water) and temperature (°C) on color values a) L*, b) a*, c) b*, d) chroma, e) hue, and f) ACPY content of pandan leaves extracted with normal blender.

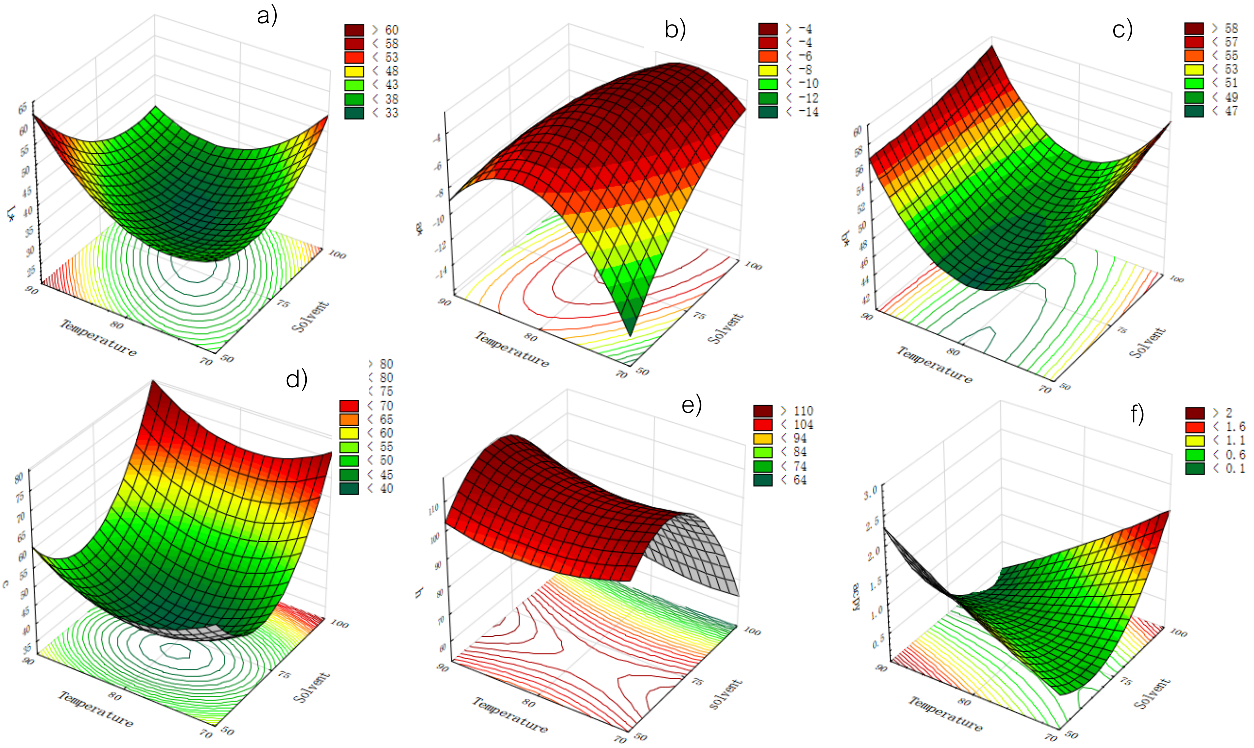


Figure 2 Response surfaces for the effect ratio (pandan leaves:water) and temperature (°C) on on color values a) L*, b) a*, c) b*, d) chroma, e) hue, and f) ACPY content of pandan leaves extracted with Universal Fritter (without heat).

การสกัดไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่
Extraction of Xylooligosaccharides from Riceberry Bran

ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ แฟรงก์ บี. มาททา[2]
Srinorasing, T.[1], Laohakunjit, N.[1], Keardchoecheun, O.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

In this research, extraction of xylan and xylooligosaccharides extracted from xylan of riceberry bran was conducted. The xylan was extracted with various concentrations of NaOH 1, 2 and 4N, at 121ºC for 15 min. It was found that xylan extracted with 4N NaOH gave the highest yield (86.61% dry-weight basis). However, xylooligosaccharide was extracted from xylan at various concentrations of H_2SO_4 0.25, 0.50 and 1N, at 100ºC, for 10, 30 and 60 min. It was found that 1 N H_2SO_4 for 60 min resulted in the highest reducing sugar (95.40 mg/g of xylan), xylose, xylobiose, and xylotriose of 19.95 17.89 and 17.74 mg/g xylan, respectively. The reducing sugar of xylooligosaccharide extracted with 0.25 N H_2SO_4 for 10 min was the lowest (74.07 mg/g of xylan), and xylose, xylobiose, xylotriose, xylotetraose, xylopentaose, and xylohexaose were at 17.17, 16.30, 16.03, 16.36, 10.76 and 11.30 mg/g xylan, respectively.
Keywords: xylan, riceberry bran, xylooligosaccharides

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการสกัดไซแลน และสกัดไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากไซแลนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งไซแลนสกัดจากรำข้าวโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1, 2 และ 4 นอร์มัล อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที พบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 นอร์มัลสามารถสกัดไซแลนจากรำข้าวได้ผลผลิตสูงสุด (ร้อยละ 86.61 โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อนำมาไซแลนมาสกัดไซโลโอลิโกแซคคาไรด์โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.25, 0.50 และ 1 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที พบว่าที่ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัล เวลา 60 นาที ได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด (95.40 มิลลิกรัมต่อกรัมไซแลน) พบน้ำตาลไซโลส ไซโลไบโอส และไซโลไตรโอส 19.95, 17.89 และ 17.74 กรัมต่อกรัมไซแลน แต่ที่ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก 0.25 นอร์มัล เวลา 10 นาที ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำสุด (74.07 มิลลิกรัมต่อกรัมไซแลน) มีไซโลส ไซโลไบโอส ไซโลไตรโอส ไซโลเตตระโอส ไซโลเพนตะโอส และไซโลเฮกซะโอส 17.17, 16.30, 16.03, 16.36, 10.76 และ 11.30 มิลลิกรัมต่อกรัมไซแลน
คำสำคัญ: ไซแลน รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ ไซโลโอลิโกแซคคาไรด์

คำนำ

ไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ (xylooligosaccharides) เป็นแซคคาไรด์ (saccharides) ชนิดโอลิโกเมอร์เมอร์ (oligomermer) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลมอนอแซคคาไรด์ (monosaccharides) ชนิดน้ำตาลไซโลส (xylose) ซึ่งเป็นน้ำตาลอัลโดเพนโตส (aldopentose) จับกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่ตำแหน่งเบต้า 1-4 (ß-1,4-glycosidic linkage) จำนวน 2-10 โมเลกุล ไซโลโอลิโกแซคคาไรด์สามารถสกัดได้จากไซแลนที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชจำพวกไม้ยูคาลิปตัส ชานอ้อย และพืชวงศ์ข้าว เป็นต้น รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ (riceberry bran) เป็นส่วนที่เหลือทิ้งเป็นปริมาณมากจากกระบวนขัดสีขัดสีข้าวไรซ์เบอรรี่ รำข้าวที่เหลือทิ้งนิยมนำไปผลิตเป็นน้ำมันรำข้าว หรือผลิตเป็นอาหารสัตว์ แต่รำข้าวมีโครงสร้างหลักของ O-acetyl-arabino-4-O-methylglucuronoxylan ซึ่งมีประมาณร้อยละ 20 ของผนังเซลล์พืช (Nabarlaz และคณะ, 2007; Aachary และ Prapulla, 2011)

ไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากรำข้าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความหวาน และผลิตภัณฑ์อาหารเสริมพรีไบโอติกที่ดีต่อสุขภาพ (Samata และคณะ, 2015;;Ayyappan, 2013) จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับรำข้าว

[1] **คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150**
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49, Tein-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, MS State, Mississippi, 39762, USA

เหล่านี้ การสกัดไซโลโอลิโกแซคคาไรด์มีหลากหลายวิธี ได้แก่ การสกัดด้วยวิธีทางกายภาพ ทางชีวภาพ และทางเคมี เป็นต้น การสกัดด้วยวิธีทางกายภาพนิยมใช้วิธี autohydrolysis นิยมใช้น้ำในการสกัดที่อุณหภูมิ และความดันสูง ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ และได้ปริมาณน้อย การสกัดทางชีวภาพ นิยมใช้เอนไซม์ในการสกัด เป็นวิธีที่ได้ขนาดของโอลิโกแซคคาไรด์ตามต้องการ แต่ต้องควบคุมสภาวะการสกัด รวมทั้งเอนไซม์มีราคาแพง ส่วนวิธีทางเคมีนิยมใช้กรดซัลฟูริกที่อุณหภูมิสูงในการสกัด ซึ่งได้ปริมาณมาก แต่ได้ผลิตภัณฑ์อื่นร่วมด้วย เช่น เฟอร์ฟูรัล เป็นต้น เนื่องจากเนื่องจากวิธีที่นิยมสกัดให้ได้ปริมาณไซโลโอลิโกแซคคาไรด์มากคือ วิธีทางเคมี (Samanta และคณะ, 2015)(Samanta และคณะ, 2015) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาการสกัดไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้กรดซัลฟูริก

อุปกรณ์และวิธีการ

นำรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาบดด้วยเครื่องบด IKA รุ่น M20 ร่อนแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh และอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (Vansoest และ Wine, 1968)

นำรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่บดและอบแห้งมาสกัดไซแลนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 4 นอร์มัล ในอัตราส่วนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1:10 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการสกัดที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 xg เป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนของแข็งออกจากของเหลวและตกตะกอนไซแลนด้วย 95% เอทิลแอลกอฮอล์ปริมาตร 2 เท่าของปริมาตรของไซแลน นำไปปั่นเหวี่ยงแยกของเหลวออกจากของแข็ง แล้วนำไปประเหยแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณไซแลนที่สกัดได้ (%true recovery = [น้ำหนักไซแลนแห้งที่สกัดได้ (g) /น้ำหนักเปลือกข้าว (g)] X 100) วิเคราะห์ชนิดและปริมาณองค์ประกอบน้ำตาลในไซแลนที่สกัดได้ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography โดยใช้ดีเทคเตอร์ Evaporative Light Scattering Detector (HPLC-ELSD) (Agilent, USA) ชนิดคอลัมน์ ZORBAX Carbohydrate ใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นอะซิโตไนไตรล์และน้ำในอัตราส่วน 80:20 อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสเป็นน้ำตาลมาตรฐานอ้างอิง (Montesano และคณะ, 2016)

การสกัดไซโลโอลิโกแซคคาร์ด์ นำไซแลนที่ผ่านสกัดด้วยด่างจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่แล้วมาไฮโดรไลซ์ด้วยกรด โดยแปรความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ 0.25, 0.5 และ 1 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที กรองแยกส่วนของแข็งด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับสภาพสารละลายให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2 นอร์มัล นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-NelsonSomogyi (1952) วิเคราะห์ชนิดไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ด้วย Thin Layer Chromatography โดยใช้เฟสเคลื่นที่ butanol:acetic acid:water ในอัตราส่วน 2:1:1 หลังจากนั้นขูดลอกแถบออกมาวิเคราะห์ปริมาณไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยใช้น้ำตาลไซโลส และไซโลโอลิโกแซคคาไรด์เป็นน้ำตาลมาตรฐานอ้างอิง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินร้อยละ 6.58, 10.62 และ 5.71 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (Table 1) จากการศึกษาการสกัดไซแลนจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าที่โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที สามารถสกัดไซแลนได้ปริมาณร้อยละ 86.61 (Table 2) ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งได้ปริมาณไซแลนมากกว่าสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิสูงช่วยเร่งอัตราการการแพร่ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเซลลูโลสและไซแลน และทำลายพันธะเอสเทอร์ระหว่างไซแลนและลิกนิน (Samanta และคณะ, 2013) ทำให้ผนังเซลล์ของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ปลดปล่อยไซแลนออกมาปริมาณมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Jayapal และคณะ (2013)

ไซแลนประกอบด้วยน้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสร้อยละ 17.63, 15.49 และ 5.34 ตามลำดับ (Table 3) นำไซแลนที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4 นอร์มัล อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที มาสกัดไซโลอิโกแซคคาไรด์ด้วยกรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัล เวลา 60 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด 95.40 มิลลิกรัมต่อกรัมไซแลน (Figure 1a) พบไซโลส ไซโลไบโอส และ

ไซโลไตรโอส ปริมาณ 19.95 17.89 และ 17.74 มิลลิกรัมต่อกรัมไซแลน (Figure 2) แต่การใช้ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก 0.25 นอร์มัล อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที พบไซโลไบโอส ไซโลไตรโอส ไซโลเตตระโอส ไซโลเพนตะโอส และไซโลเฮกซะโอส 16.30, 16.03, 16.36, 10.76 และ 11.30 มิลลิกรัมกรัมต่อกรัมไซแลน (Figure 2) เนื่องจากความเข้มข้นของกรด เวลา และอุณหภูมิในการสกัดที่เพิ่มขึ้นสามารถเร่งอัตราการแพร่ของกรดให้สามารถไฮโดรไลซ์พันธะเบต้าไกลโคซิดิกแบบสุ่มในโครงสร้างของไซแลนให้ได้น้ำตาลมอนอแซคคาไรด์ และโอลิโกแซคคาไรด์สายสั้นเพิ่มมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Akpinar และคณะ (2009)

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไซแลนจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่คือ ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 นอร์มัล อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที และการสกัดไซโลโอลิโกแซคคาไรด์จากไซแลนด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.25 นอร์มัล อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที พบไซโลไบโอส ไซโลไตรโอส ไซโลเตตระโอส ไซโลเพนตะโอส และไซโลเฮกซะโอสมากที่สุด 16.30, 16.03, 16.36, 10.76 และ 11.30 มิลลิกรัมกรัมต่อกรัมไซแลน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Aachary, A.A., and Prapulla, S.G., 2011, Xylooligosaccharides (XOS) as an emerging prebiotic: microbial synthesis, utilization, structural characterization, bioactive properties, and applications, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10(1): 2-16.

Akpinar, O., Erdogan, K. and Bostanci, S., 2009, Production of xylooligosaccharides by controlled acid hydrolysis of lignocellulosic materials, Carbohydrate Research, 344: 660-666.

Ayyappan, P., 2013, Production of prebiotic xylooligosaccharides (XOS) from rice bran and finger millet, International Conference and Exhibition on Food Processing andand Technology, October 28-30, 2013, Kansas city, United States, p. 1.

Jayapal, N., Samanta, A.K., Kolte, A.P., Senani, S., Sridhar, M., Suresh, K.P., and Sampath, K.T., 2013, Value addition to sugarcane bagasse: Xylan extraction and its process optimization for xylooligosaccharides production, Industrial Crops and Products, 42: 14-24.

Montesano, D., Cossignani, L., Giua, L., Urbani, E., Simonetti, M.S. and Blasi, F., 2016, A simple HPLC-ELSD method for sugar analysis in Goji Berry, Chemistry, 2016(2016): 1-5.

Nabarlatz, D., Ebringerova, A. and Montane, D., 2007, Autohydrolysis of agricultural by-products for the production of xylo-oligosaccharides, Carbohydrate Polymers, 69: 20-28.

Samanta, A.K., Jayapal, N., Jayaram, C., Roy, S., Kolte, A.P., Senani, S. and Sridhar, M., 2015, Xylooligosaccharides as prebiotics from agricultural by-products: Production and applications, Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 5: 62-71.

Vansoest, P.J. and Wine, R.H., 1968, Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with Permanganate, Journal - Association of Official Analytical Chemists, 51: 780-785.

Table 1 Chemical compositions of riceberry bran

Chemical compositions	(% dry weight basis)
Cellulose	6.58
Hemicellulose	10.62
Lignin	5.71

Table 2 True recovery of xylan from riceberry bran

Extraction	True recovery (% dry weight basis)		
	1 N NaOH	2 N NaOH	4 N NaOH
30°C, 24 h	21.68±0.04	21.78±0.03	57.85±0.28
121°C, 15 min	23.52±0.68	32.63±0.76	86.61±0.68

Table 3 Sugar composition of xylan from riceberry bran extracted at 121°C, 15 min

Sugar composition	(g/g xylan)
Xylose	2.08
Arabinose	1.59
Glucose	3.36

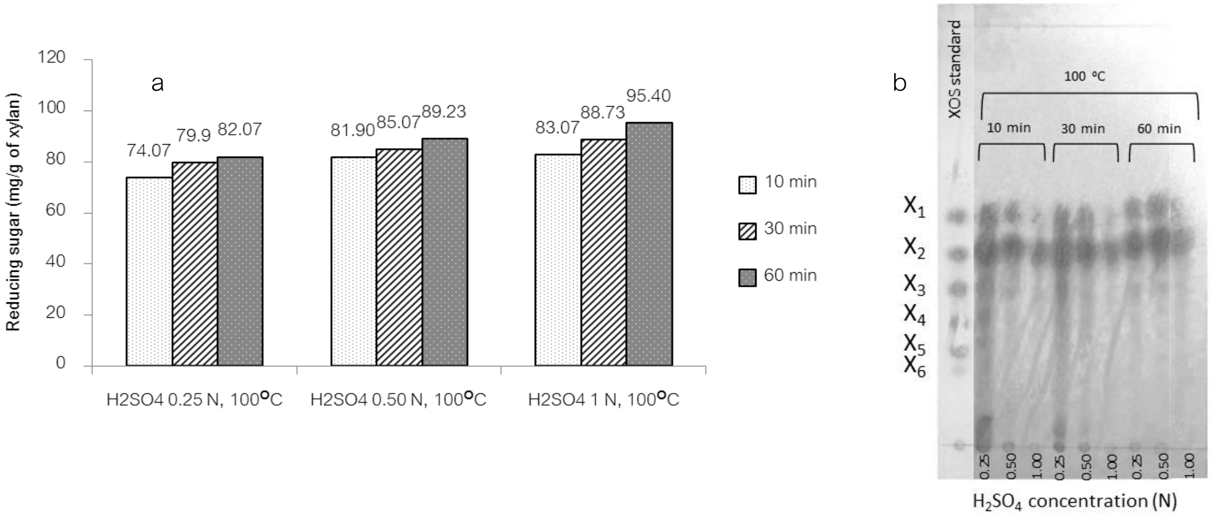


Figure 1 Reducing sugar of xylooligosaccharides from xylan of riceberry bran extraction by acid hydrolysis and types of xylooligosaccharides analyzed by Thin Layer Chromatography (b)

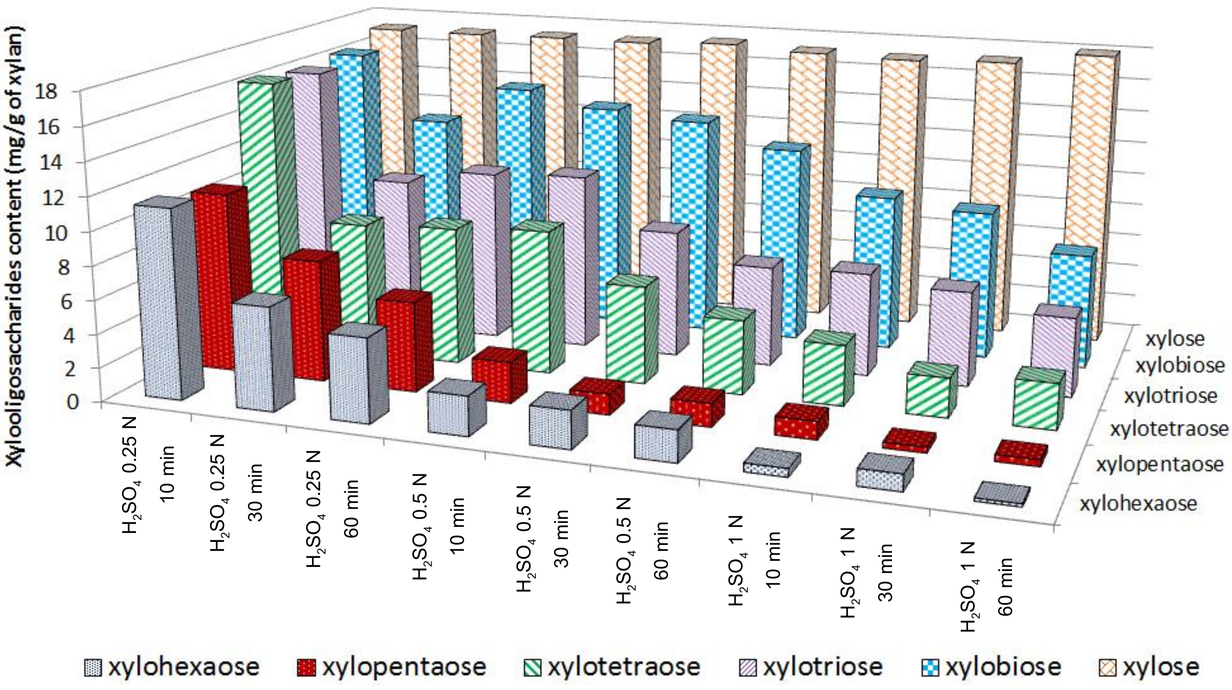


Figure 2 Xylooligosaccharides content of xylan from riceberry bran extracted by H_2SO_4 0.25-1 N, for 10-60 min, at 100 °C

Agricultural Sci. J. 47(2)(Suppl.): 689-692 (2016) ว. วิทย์. กษ. 47(2)(พิเศษ): 689-692 (2559)

การเปรียบเทียบการพรีทรีตด้วยวิธีดั้งเดิม และอัลตร้าซาวด์ในสกัดไซแลนจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่
Comparison of Conventional and Ultrasound Pretreatment for Extracted of Xylan from Riceberry Bran

ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ แฟรงก์ บี. มาทา[2]
Srinorasing, T.[1], Laohakunjit, N.[1] Keardchoecheun, O.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

Extraction of xylan from riceberry bran pretreated with NaOH by the conventional technique compared to extraction with ultrasonic technique was conducted. The concentration of 1, 2 and 4 N NaOH was used for extraction at 30ºC, for 60 min and xylan was further extracted at 121ºC, 15 lb/inch^2, for 15 min. The best condition for xylan extraction from riceberry bran (64.62% dry weight basis) was pretreatment with 4 N NaOH in ultrasonic compartment: protein content was 8.03% of xylan and total phenolic content was 48.26% of xylan. Sugars found in xylan were xylose, arabinose and glucose (17.63, 15.49 and 5.34%, respectively). Antioxidant activities of xylan as determined by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl and 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) assays were 73.25% and 29.12%, respectively.
Keywords: conventional techniques, ultrasonic, xylan, riceberry bran

บทคัดย่อ

การสกัดไซแลนจากรำข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่เพื่อนำมาพรีทรีตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยเทคนิคดั้งเดิม (conventional technique) เปรียบเทียบกับคลื่นอัลตร้าโซนิคโดยแปรความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 1, 2 และ 4 นอร์มัล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที นำไปสกัดต่อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที พบว่าการพรีทรีตด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิคที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 นอร์มัล ได้ไซแลนมากที่สุดถึงร้อยละ 64.62 โดยน้ำหนักแห้ง มีโปรตีนร้อยละ 8.03 ของไซแลน ปริมาณฟีนอลิกร้อยละ 48.26 พบน้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสในโครงสร้างไซแลน (17.63, 15.49 และ 5.34 ตามลำดับ) และไซแลนมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl และ 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ร้อยละ73.25 และ 29.12 ตามลำดับ
คำสำคัญ: เทคนิคดั้งเดิม อัลตร้าโซนิค ไซแลน รำข้าวไรซ์เบอร์รี่

คำนำ

ไซแลน (xylan) เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลไซโลสเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่ตำแหน่งเบต้า 1,4 (ß-1,4-glycosidic linkage) และมีองค์ประกอบของสารอื่น เช่น น้ำตาลอะราบิโนส (arabinose) และกรดเฟอร์รูริก (ferulic acid) เป็นต้น ไซแลนพบในเฮมิเซลลูโลสของผนังเซลล์พืชทุกชนิดทุกชนิดรวมทั้งรวมทั้งในรำข้าว ซึ่งข้าว (*Orazy sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (riceberry) เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารสำคัญ เช่น วิตามินอี แกมมา-โอไรซานอล โพลีฟีนอล แร่ธาตุ เช่น เหล็ก สังกะสี และรงควัตถุ โดยเฉพาะแอนโธไซยานิน (anthocyanin) ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (ณัฐภูมิ, 2550) หลังจากกระบวนการผลิตข้าวจากโรงสีทำให้เหลือรำข้าว มักถูกนำไปผลิตเป็นน้ำมันรำข้าว อาหารสัตว์ และพลังงานชีวภาพ เป็นต้น นอกจากนี้รำข้าวยังประกอบไปด้วยเฮมิเซลูโลส (hemicellulose) ประมาณร้อยละ 20 รวมทั้งยังมีสารพอลิฟีนอล และแอนโทไซยานินปริมาณสูง (Worasuwannarak และคณะ, 2007) ในรำข้าวมีไซแลนเป็นโครงสร้างหลัก(ร้อยละ 20) ซึ่งมีโครงสร้างหลักของอะราบิโนไซแลน (arabinoxylan) สามารถนำมาผลิตเป็นพลาสติกย่อยสลายได้ (biodegradable plastic) และไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ (xylooligosaccharide) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) (Ebringerova และคณะ, 2008) นอกจากนี้ยังพบสารฟีนอลิก และลิกนินในโครงสร้างของไซแลน ทำให้ไซแลนมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Lu และคณะ,

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49, Tein-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2]Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, MS State, Mississippi, 39762, USA

1998) ซึ่งการสกัดไซแลนจากรำข้าวเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับรำข้าว วิธีการสกัดไซแลนที่นิยม คือ การพรีทรีตด้วยกรด เช่น กรดซัลฟูริก หรือด่าง เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งกรด หรือด่างสามารถเข้าไปทำลายโครงสร้างของผนังเซลล์พืช ให้ปลดปล่อยไซแลนในส่วนของเฮมิเซลลูโลสออกมา แต่อย่างไรก็ตามมีวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดไซแลน โดยการพรีทรีต (pretreatment) ด้วยเทคนิคต่างๆ ได้แก่ เทคนิคดั้งเดิม (conventional technique) และเทคนิคอัลตร้าโซนิค (ultrasonic technique) (Wade และคณะ, 2009; Ebringerova และคณะ, 2007 และ Hromadkova และคณะ, 1999) เป็นต้น ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการสกัดไซแลนจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยการพรีทรีตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ดีในการเข้าทำปฏิกิริยากับผนังเซลล์พืชได้ดีกว่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และกรดซัลฟูริกร่วมกับเทคนิคดั้งเดิม หรือเทคนิคอัลตร้าโซนิค

อุปกรณ์และวิธีการ

นำรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาบดด้วยเครื่องบด IKA รุ่น M20 ร่อนแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh และอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (Vansoest และ Wine, 1968)

การพรีทรีตรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ นำรำข้าวไรซ์เบอร์รี่บดและอบแห้งมาพรีทรีตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 4 นอร์มัล ในอัตราส่วนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1:10 ด้วยเทคนิคดั้งเดิม (conventional technique) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที เปรียบเทียบกับเทคนิคอัลตร้าโซนิค (ultrasonic technique) ที่ความถี่ 35 กิโลเฮิร์ต อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที การสกัดไซแลนจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการพรีทรีตมาสกัดไซแลนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 xg เป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนของแข็งออกจากของเหลวและตกตะกอนไซแลนด้วย 95% เอทิลแอลกอฮอล์ ปริมาตร 2 เท่าของปริมาตรของไซแลน นำไปปั่นเหวี่ยงแยกของเหลวออกจากของแข็ง แล้วนำไประเหยแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวิเคราะห์ปริมาณไซแลนที่สกัดได้ (%true recovery = [น้ำหนักไซแลนแห้งที่สกัดได้ (g) /น้ำหนักรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ (g)] X 100) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl (AOAC, 2000) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu (ดัดแปลงจาก Iqbal และคณะ, 2005) วิเคราะห์ชนิดและปริมาณองค์ประกอบน้ำตาลในไซแลนที่สกัดได้ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography โดยใช้ดีเทคเตอร์ Evaporative Light Scattering Detection (HPLC-ELSD) (Agilent, USA) ชนิดคอลัมน์ ZORBAX Carbohydrate ใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นอะซิโตไนไตรล์และน้ำในอัตราส่วน 80:20 อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสเป็นน้ำตาลมาตรฐานอ้างอิง (Montesano และคณะ, 2016) และวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และวิธี 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) (ดัดแปลงจาก Iqbal และคณะ, 2005)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินประมาณร้อยละ 6.58, 10.62 และ 5.71 ตามลำดับ และประกอบด้วยน้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสร้อยละ 7.66, 2.29 และ 3.20 ตามลำดับ (Table 1) การพรีทรีตรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 4 นอร์มัล ร่วมกับการใช้เทคนิคดั้งเดิม หรือร่วมกับเทคนิคอัลตร้าโซนิค ก่อนนำไปสกัดไซแลนต่อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที มีผลต่อปริมาณไซแลน โปรตีน และฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าการพรีทรีตรำข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4 นอร์มัลร่วมกับเทคนิคอัลตร้าโซนิค ได้ปริมาณไซแลนสูงสุดร้อยละ 64.62 มีปริมาณโปรตีน และฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดถึงร้อยละ 8.03 และ 48.26 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการพรีทรีตด้วยด่างทุกความเข้มข้นร่วมกับเทคนิคดั้งเดิม นอกจากนี้ยังพบน้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสในไซแลน ร้อยละ 17.63, 15.49 และ 5.34 ตามลำดับ (Table 2) จากการสกัดไซแลนด้วยการพรีทรีตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิสูงร่วมกับเทคนิคอัลตร้าโซนิคทำให้โครงสร้างผนังเซลล์พืชถูกทำลาย ยังทำให้สามารถสกัดไซแลนจากผนังเซลล์ได้มาก (Vinatoru, 2001 และ Jayapal และคณะ, 2013) รวมทั้งได้ปริมาณโปรตีน และพอลิฟีนอลิก (กรดเฟอร์รูริก และลิกนิน) เพิ่มมากขึ้น (Coughlan และ Hazlewood, 1993) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wade และคณะ (2009) และ Ebringerova และคณะ (2008)

เมื่อนำไซแลนที่สกัดได้จากการพรีทรีตในทุกทรีตเมนท์มาทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH และ ABTS พบว่าไซแลนที่สกัดได้ด้วยการพรีทรีตด้วยด่างความเข้มข้น 4 นอร์มัล ร่วมกับเทคนิคอัลตร้าโซนิคมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดร้อยละ 73.25 และ 29.12 ตามลำดับ (Figure 1) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารเฟอร์รูริกในโครงสร้างของไซแลนที่สกัดได้มีปริมาณมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sun และ Tomkinson (2002)

สรุปผล

ไซแลนที่สกัดได้จากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการพรีทรีตด้วย 4 N NaOH ร่วมกับเทคนิคอัลตร้าโซนิคที่คลื่นความถี่ 35 กิโลเฮิร์ต อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และนำไปสกัดที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ได้ปริมาณไซแลนสูงสุดร้อยละ 64.62 และมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH สูงสุดร้อยละ 73.25

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ณัฐภูมิ สุดแก้ว, 2550, หอมนิล ไรซ์เบอร์รี่ สินเหล็ก พันธุ์ข้าวโภชนาการสูง อาหารเลิศค่ายาเลิศคุณ, เกษตรกรรมธรรมชาติ, 10(6): 29-33.

นวลพรรณ นงค์เยาว์ นันท์นภัส แก้วประดับ พรรณี รัตนชัยสิทธ์ และจิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, 2014, การวิเคราะห์องค์ประกอบแอนโทไซยานินในรำข้าวสี, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 10: 649-660.

Coughlan, P.M. and Hazlewood, P.G., 1993, Review; β-1,4-D-Xylan-Degrading Enzyme Systems: Biochemistry, Molecular Biology and Applications, Biotechnology and Applied Biochemistry, 17: 259-289.

Ebringerová, A., Hromádková, Z., Košťálová, Z., and Sasinková, V., 2007, Chemical valorization of agricultural by-products: isolation and characterization of xylan-based antioxidants from almond shell biomass, BioResources, 3(1): 60-70.

Hromadkova, Z., Kováčiková, J., and Ebringerová, A., 1999, Study of the classical and ultrasound-assisted extraction of the corn cob xylan, Industrial Crops and Products, 9(2): 101-109.

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.

Jayapal, N., Samanta, A. K., Kolte, A. P., Senani, S., Sridhar, M., Suresh, K. P., and Sampath, K. T., 2013, Value addition to sugarcane bagasse: Xylan extraction and its process optimization for xylooligosaccharides production, Industrial Crops and Products, 42: 14-24.

Lu, F.J., Chu, L.H., and Gau, R.J., 1998, Free radical-scavenging properties of lignin, Nutrition and Cancer, 30(1): 31-38.

Montesano, D., Cossignani, L., Giua, L., Urbani, E., Simonetti, M.S. and Blasi, F., 2016, A simple HPLC-ELSD method for sugar analysis in Goji Berry, Chemistry, 2016(2016): 1-5.

Sun, R., and Tomkinson, J., 2002, Comparative study of lignins isolated by alkali and ultrasound-assisted alkali extractions from wheat straw, Ultrasonics Sonochemistry, 9(2): 85-93.

Vansoest, P.J., and Wine, R.H., 1968, Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate, Journal - Association of Official Analytical Chemists, 51: 780-785.

Vinatoru, M., 2001, An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs, Ultrasonics Sonochemistry, 8: 303-313.

Wade, Y., Ajapur, V. K., Krishnamurthy, K., Hao, F., Ruijin, Y., and Rababah, T. M., 2009, Expedited extraction of xylan from corncob by power ultrasound, International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2(4): 76-83.

Worasuwannarak, N., Sonobe, T., and Tanthapanichakoon, W. 2007, Pyrolysis behaviors of rice straw, rice husk, and corncob by TG-MS technique, Analytical and Applied Pyrolysis, 78(2): 265-271.

Table 1 Chemical compositions of riceberry bran.

Chemical compositions	(% dry weigh)
Cellulose	6.58
Hemicellulose	10.62
Lignin	5.71
Xylose	7.66
Arabinose	2.29
Glucose	3.20

Table 2 True recovery of xylan, protein contents, sugar composition and arabinose/xylose ratio in each pretreatment.

Conc. of NaOH	Pretreatment techniques	Xylan (% dry weight)	Protein (% dry weight)	Total phenolic (% xylan)	Types of sugar (% xylan)		
					Xylose	Arabinose	Glucose
1 N	Conventional 30^{o}C, 60 min	1.74	0.15	1.69	2.27	0.57	4.78
	Ultrasonic 35 kHz, 30^{o}C, 60 min	41.80	5.05	29.16	12.45	5.26	18.88
2 N	Conventional 30^{o}C, 60 min	2.03	0.19	2.10	6.56	4.81	10.41
	Ultrasonic 35 kHz, 30^{o}C, 60 min	49.70	7.74	40.62	14.77	11.23	1.89
4 N	Conventional 30^{o}C, 60 min	2.29	0.12	2.19	14.53	8.81	2.36
	Ultrasonic 35 kHz, 30^{o}C, 60 min	64.62	8.03	48.26	17.63	15.49	5.34

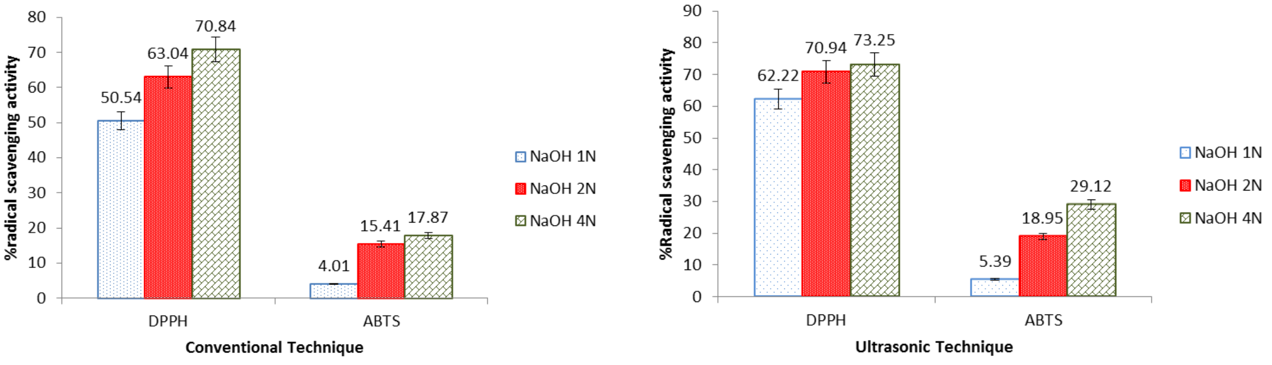


Figure 1 Radical scavenging activities of xylan from riceberry bran extracted by conventional technique (a) and ultrasonic technique (b).

การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีและสารหอมระเหยจากใบเตย (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) โดยใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง

The Optimized Condition for Extraction of Colorants and Volatile Compounds from Pandan Leaves (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Using Response Surface Methodology

นิศานันท์ ตามกาล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ แฟรงก์ บี. มาทา[2]

Tamkal, N.[1], Laohakunjit, N.[1] Kerdchochuen, O.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

This research was to study the optimal condition for extraction colorant and flavor from pandan leaves by water which ratio of pandan leaves and water was varied at 1:1, 1:2.5, 1:5, 1:7.5 and 1:10 w/v, at 70, 80 and 90°C, for 30 minutes. It was found that all three factors were significantly affected on colorant and volatile compounds ($p \leq 0.05$). The best extraction condition obtained by Response Surface Methodology (RSM) was at pandan leaves to water ratio at 1:1 (w/v), at 80°C for 30 minutes, resulting in a dark green color , with L*, a*, b*, chroma and hue values of 94.63, -27.43, 101.46, 106.10 and 105.13, respectively. It was found twenty-seven volatiles identified by Solid-Phase Microextraction Gas-Chromatography Mass-Spectrometry (SPME/GC-MS) including 1-hexanol, 2-penten-1-ol and 2(5H)-furanone. The key odor compound in pandan leaves was 2-Acetyl-1-Pyrroline (ACPY), which its presented percentage relative peak area (%RPA) was 1.68×10^7.

Keywords: pandan leaves, colorant, volatile compounds, extraction

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีและสารหอมระเหยจากใบเตยด้วยน้ำ โดยแปรอัตราส่วนใบเตยต่อน้ำที่ (1:1 1:2.5 1:5 1:7.5 และ 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และแปรอุณหภูมิที่ใช้สกัด (70 80 และ 90 องศาเซลเซียส) ควบคุมเวลาสกัดนาน 30 นาที พบว่า อัตราส่วน อุณหภูมิ และเวลามีอิทธิพลร่วมกันต่อการสกัดสีและสารหอมระเหย ($p \leq 0.05$) ภาวะที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ด้วย Response Surface Methodology (RSM) คือ อัตราส่วนใบเตยต่อน้ำ 1:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สารสกัดที่ได้มีค่าสีเขียวเข้ม ให้ค่าสี L* a* b* chroma และ hue เท่ากับ 94.63 -27.43 101.46 106.10 และ 105.13 ตามลำดับ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Solid-Phase Microextraction Gas-Chromatography Mass-Spectrometry (SPME/GC-MS) พบสารหอมระเหยทั้งหมด 27 ชนิด เช่น 1-hexanol, 2-penten-1-ol และ 2(5H)-furanone โดยสารให้กลิ่นหลักที่สำคัญ คือ 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) มีค่าร้อยละ relative peak area (%RPA) เท่ากับ 1.68×10^7

คำสำคัญ: ใบเตย สารให้สี สารหอมระเหย การสกัด

คำนำ

ใบเตย เป็นพืชที่ชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นิยมใช้เป็นสารปรุงแต่งสีและกลิ่นรสในอาหารต่างๆ (Routary และ Rayaguru, 2010) อย่างไรก็ตามสีเขียวที่ได้จากใบเตยมีความเสถียรต่ำ เมื่อได้รับความร้อนหรือตั้งทิ้งไว้นานๆ มักเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนหรือสีเขียวมะกอก (Pinsirodom, 2003) รวมทั้งสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นหลักในใบเตย คือ 2-acetyl-1pyrroline (ACPY) มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ระเหยง่าย มักสูญเสียไปเนื่องจากความร้อนในกระบวนการสกัดและการแปรรูปอาหาร (Wakte และคณะ, 2012) นอกจากนี้สีเขียวจากใบเตยส่วนใหญ่เป็นรงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) โครงสร้างมีหมู่เมทิล ($-CH_3$) เป็นองค์ประกอบ ละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้ว (เอทานอล) ได้ดีกว่าตัวทำละลายมีขั้ว (น้ำ) แต่การใช้ตัวทำละลายไม่มีขั้วในการสกัดอาจส่งผลต่อความปลอดภัยหรือการยอมรับของผู้บริโภค (Hurst,

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

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

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762

2002) อีกทั้ง ACPY เป็นสารประกอบพวก hydrophilic ละลายในน้ำได้ง่าย (Yahya และคณะ, 2010) น้ำจึงเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีและกลิ่นจากใบเตย แม้การใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความปลอดภัยแต่หากใช้น้ำปริมาณมากอาจส่งผลให้สีเขียวและACPY ที่ได้จากสารสกัดใบเตยเจือจาง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากความสัมพันธ์หลายตัวแปร เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (พรรณทิพย์ และ ราตรี, 2558) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยด้วยน้ำ โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนของใบเตยต่อน้ำ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการสกัด ทำนายภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วย RSM เพื่อให้สภาวะที่เหมาะสมของการสกัดสีและสารหอมระเหยจากใบเตยดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยด้วยน้ำ โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนของใบเตยต่อน้ำ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการสกัด ทำนายภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) เพื่อให้ได้สารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยที่สามารถนำไปประกอบอาหารและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

นำใบเตยจากอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ล้างให้สะอาดและเช็ดให้แห้ง จากนั้นหั่นใบเตยให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร บดด้วยเครื่องบดปราศจากความร้อน (Universal Fritter รุ่น QS505) ที่ระดับความเร็ว 1 เป็นเวลา 30 วินาที เติมน้ำลงไปแล้วบดต่อ 30 วินาที โดยแปรอัตราส่วนใบเตยต่อน้ำโดยน้ำหนักต่อปริมาตร เท่ากับ 1:1, 1:2.5, 1:5, 1:7.5 และ 1:10 ตามลำดับ บรรจุตัวอย่างใบเตยที่ปั่นผสมกับน้ำแล้วลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปสกัดโดยเขย่าในอ่างควบคุมอุณหภูมิ แปรอุณหภูมิสกัดที่ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส สกัดนาน 30 นาที นำมากรองแยกกากและน้ำใบเตยออกจากกันด้วยผ้าไนลอนที่มีขนาดรูพรุน 100 เมซ เก็บสารละลายสีเขียวที่สกัดได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพโดยการวัดค่าสี *L**, *a**,*b**, chroma และ hue ด้วยเครื่อง Miniscan EZ (Hunter Associates Laboratory, USA) ด ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial 4×3×1 in Randomized Complete Block Design วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (Version 9.0)

วิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารหอมระเหย โดยเทคนิค Solid Phase Microextraction Gas Chromatography/ Mass Spectrometry ด้วยเครื่อง gas chromatography – mass spectrophotometry (รุ่น 7890A MS, China) สภาวะในการวิเคราะห์ตามงานวิจัยของ นิศานันท์ ตามกาล และคณะ (2558) และเปรียบเทียบปริมาณสารหอมระเหยโดยพิจารณาจากค่า %RPA ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ปริมาณ ACPY เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา (Wakte และคณะ, 2012) สภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้ ฉีดตัวอย่างแบบ splitless ปริมาตรการฉีด 3 ไมโครลิตร แยกสารหอมระเหยโดยใช้คอลัมน์แคปิลลารี DB-WAX ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็น carrier gas อุณหภูมิที่ใช้ในการแยกสารเริ่มต้นที่ 40 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนอุณหภูมิถึง 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิคงที่ 5 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 15 องศาเซลเซียส ต่อนาทีจนอุณหภูมิถึง 220 องศา-เซลเซียส บ่งชี้ชนิดของสารหอมระเหยโดยเปรียบเทียบข้อมูล mass spectrum ของสารหอมระเหยแต่ละชนิดกับ Wiley 275 library และ NIST05a library และเปรียบเทียบปริมาณสารหอมระเหยโดยพิจารณาจากค่า %RPA ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ปริมาณ ACPY เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา (Wakte และคณะ, 2012)

นำค่าสีและปริมาณสารหอมระเหยมาใช้สร้างสมการถอดถอยกำลังสองดังสมการที่ 1 และนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดใบเตย โดยใช้โปรแกรม Statistica version 10.0

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \qquad (1)$$

ให้ y = the responses, x_1 = ratio of pandan leaves and water, x_2 = temperature, b_0 = intercepts, b_1 และ b_2 = linear effects, b_{11} และ b_{22} = quadratic effects, b_{12} = interaction effects

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดสารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยด้วยน้ำ พบว่าอัตราส่วนใบเตยต่อน้ำ อุณหภูมิ และเวลาในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าสีและสารหอมระเหย ($p \leq 0.05$) เมื่อนำค่าสีและปริมาณ ACPY ที่ได้จากการทดลองมาสร้างสมการถดถอยกำลังสอง ได้สมการที่เหมาะสมและน่าเชื่อถือ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เข้าใกล้ 1 ดังนี้

$$L^* = 2399.642 + 100.002x_1 – 66.463x_2 – 2.390x_1x_1 - 0.943x_1x_2 + 0.459 x_2x_2 (R^2=0.997) \quad (2)$$
$$a^* = -1755.397 – 13.881x_1 + 44.886x_2 + 0.337x_1x_1 + 0.140x_1x_2 - 0.287x_2x_2 (R^2=0.996) \quad (3)$$
$$b^* = 3425.193 + 27.672x_1 – 85.628x_2 + 1.528x_1x_1 - 0.597x_1x_2 + 0.548x_2x_2 (R^2=0.9460) \quad (4)$$
$$\text{chroma} = 3877.902 + 31.763x_1 – 97.337x_2 + 1.391x_1x_1 - 0.614x_1x_2 + 0.624x_2x_2 (R^2=0.9460) \quad (5)$$
$$\text{hue} = 735.852 + 6.850x_1 – 17.013x_2 – 0.653x_1x_1 - 0.002x_1x_2 + 0.111x_2x_2 (R^2=0.997) \quad (6)$$
$$\text{ACPY} = 38.127 + 0.928x_1 – 0.999x_2 + 0.012x_1x_1 - 0.014x_1x_2 + 0.007 x_2x_2 (R^2=0.999) \quad (7)$$

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละเทอมในสมการ พบว่าสมการที่ 2, 4, 5, 6 และ 7 ค่าสัมประสิทธิ์ในเทอม x_1 มีค่ามากที่สุด แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนใบเตยต่อน้ำมีอิทธิพลมากที่สุดต่อค่าสี *L** (ความสว่าง), *b** (ความเป็นสีเหลือง), chroma (ความบริสุทธิ์), hue (เฉดสี) และปริมาณ ACPY ส่วนสมการที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ในเทอม x_2 มีค่ามากที่สุดแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการสกัดมีอิทธิพลมากที่สุดต่อค่าสี *a** (ความเป็นสีแดง) เมื่อนำสมการที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) เพื่อทำนายภาวะที่เหมาะสมในการสกัดใบเตย พบว่า เมื่ออัตราส่วนของใบเตยต่อน้ำและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้สารสกัดใบเตยที่ได้มีสีเขียวเจือจางมากขึ้น (Figure 1) เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่เป็นองค์ประกอบในใบเตยมีความสามารถในการละลายต่างกัน โดยคลอโรฟิลล์ เอ โครงสร้างมีหมู่เมทิล ($-CH_3$) เป็นองค์ประกอบ ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น เอทานอล และอะซิโตน เป็นต้น ส่วนคลอโรฟิลล์ บี โครงสร้างมีหมู่อัลดีไฮด์ (-CHO) เป็นองค์ประกอบ ละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขั้ว เช่น น้ำ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในการสกัดมากขึ้นคลอโรฟิลล์ บี ซึ่งเป็นรงควัตถุให้สีเขียวแกมเหลืองจึงละลายออกมาในน้ำที่มีค่าดัชนีความมีขั้ว (polarity index) สูงเท่ากับ 9 ได้ดีมากขึ้น สารสกัดที่ได้จึงมีสีเขียวอ่อนลง (Hurst, 2002) อีกทั้งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้นสารสกัดสีเขียวที่ได้เปลี่ยนเป็นสีเขียวอมน้ำตาล สีเขียวมะกอกหรือสีเขียวอมเหลืองมากขึ้น อาจมีสาเหตุมาจากการเกิดปฏิกิริยาฟีโอไฟทิไนเซชัน (pheophytinization) ส่วนคลอโรฟิลล์ซึ่งโครงสร้างประกอบด้วยพอร์ไฟริน (porphyrin) และมีโลหะแมกนีเซียมจับอยู่ เมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้นแมกนีเซียมถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนกลายเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ซึ่งมีสีน้ำตาล เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยพบว่าทุกภาวะการสกัดปริมาณ ACPY ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหลักในใบเตยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนใบเตยต่อน้ำและอุณหภูมิที่ใช้สกัดเพิ่มขึ้น (Figure 1f) เนื่องจาก ACPY เป็นสารประกอบพวก hydrophilic ชอบรวมตัวกับน้ำ เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในการสกัดมากขึ้น ACPY จึงละลายในน้ำได้มากขึ้น (Yahya และคณะ, 2010) รวมทั้งปริมาณ ACPY มากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการสกัด อาจเนื่องมาจากกรดอะมิโนพวกโพรลีน หรือออร์นิทีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่ผลิตกลิ่น ACPY เกิดขึ้นได้เมื่อได้รับความร้อน โดยเกิดจากปฏิกิริยา maillard reaction ผ่านทางขั้นตอน strecker degradation แต่การใช้อุณหภูมิสูงมากเกินไป ACPY ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จึงระเหยไปได้ง่าย

เมื่อนำกราฟค่าสีและปริมาณ ACPY มาซ้อนทับ (overlay) พบภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยคือ อัตราส่วนใบเตยต่อน้ำ 1:1 w/v สกัดที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 30 นาที สารสกัดที่ได้มีสีเขียวเข้ม (Figure 2) ให้ค่าสี L*, a*, b*, chroma และ hue เท่ากับ 94.63, -27.43, 101.46, 106.10 และ 105.13 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเทคนิค SPME/GC-MS ที่ภาวะเหมาะสมที่สุด พบสารหอมระเหยทั้งหมด 27 ชนิด เช่น 1-hexanol, 2-penten-1-ol และ 3-methyl-2(5H)-furanone โดยสารให้กลิ่นหลักที่สำคัญคือ ACPY ให้กลิ่นหอมคล้ายข้าวโพดคั่ว มีค่า %RPA เท่ากับ 1.68×10^7 (Figure 3)

สรุปผล

การสกัดสารให้สีและสารหอมระเหยจากใบเตยด้วยน้ำโดยใช้อัตราส่วนใบเตยต่อน้ำ 1:1 w/v สกัดที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยให้สารสกัดสีเขียวเขียวเข้ม และให้ปริมาณสารหอมระเหย ACPY สูงที่สุด มีค่า %RPA เท่ากับ 1.68×10^7 สามารถนำไปใช้เป็นสารปรุงแต่งสีและกลิ่นรสต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม และ ราตรี ซุ่ยหิรัญ, 2558, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากกลีบดอกอัญชันโดย

ใช้ วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง, การประชุมวิชาการระดับชาติ, 30 – 31 มีนาคม 2558, ครั้งที่ 7, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, หน้า 1-8.

นิศานันท์ ตามกาล, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2558, “คุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) สกัดด้วยน้ำ”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 46, ฉบับที่ 3 (พิเศษ), หน้า 145-148.

Hurst, W.J., 2002, Chlorophylls, Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals, CRC Press LLC, New York, pp. 161-180.

Pinsirodom, P., 2003, “Effect of temperature, pH and $ZnCl_2$ on the green color stability of pandan (*Pandanus tectorius*) leaf extract”, Food, Vol. 33, No. 4, pp. 277-282.

Routray, W., and Rayaguru, K., 2010, “Chemical constituents and post-harvest prospects of *Pandanus amaryllifolius* leaves: a review”, Food Reviews International, Vol. 26, pp.230-245.

Wakte, K., et al., 2012. Identification of elite population of *Pandanus amaryllifolius* Roxb. for higher 2-acetyl-1-pyrroline and other volatile contents by HS-SPME/GC-FID from Peninsular India. Food Anal. 5:1276-1288.

Yahya, F., Lua, T., Santosa, R.C.D., Fryera, P.J. and Bakalisa, S., 2010, “Supercritical carbon dioxide and solvent extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from Pandan leaf: The effect of pre-treatment”, The Journal of Supercritical Fluids, Vol. 55, pp. 200-207.

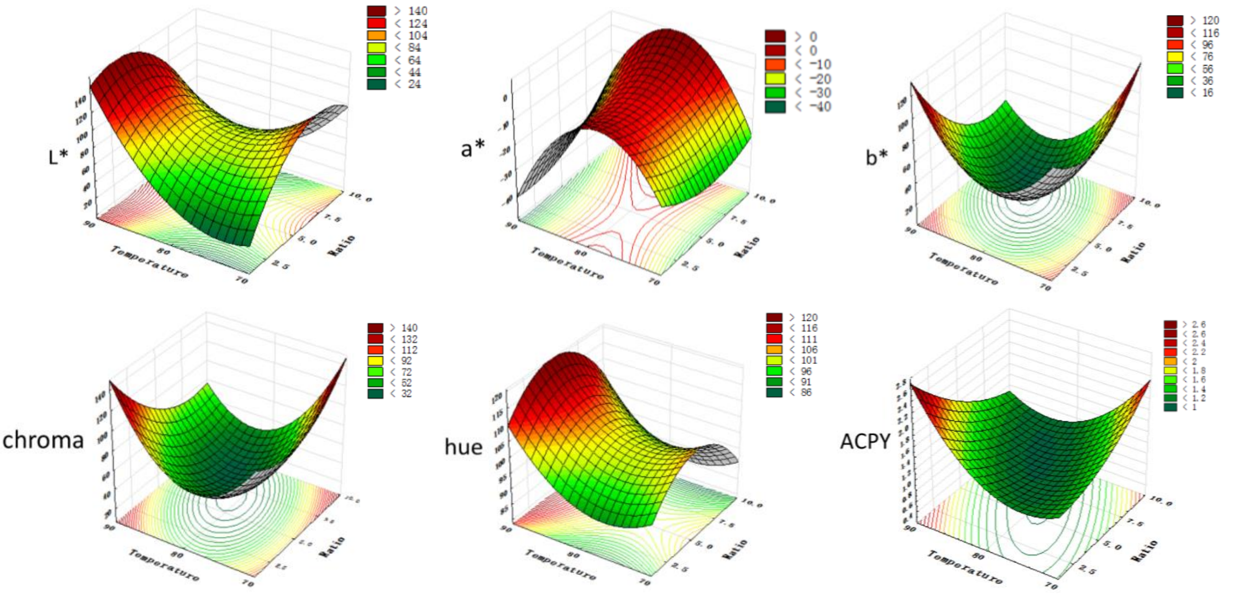


Figure 1 Response surfaces for the effect ratio (pandan leaves:water) and temperature (°C) on a) L*, b) a*, c) b*, d) chroma, e) hue and f) ACPY content of pandan leaves extraction

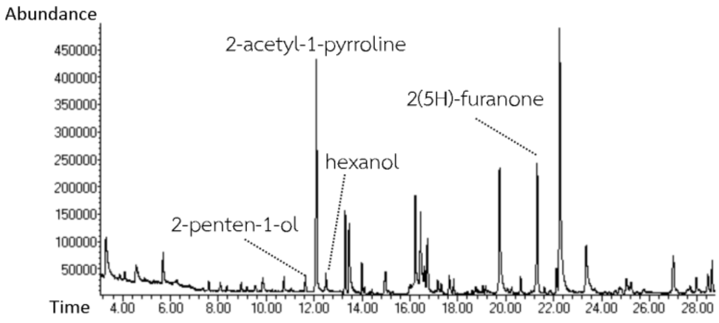


Figure 2 Chromatogram of volatile compounds extracted by pandan leaves to water ratio at 1:1 w/v, at 80°C for 30 minutes.

Figure 3 Color of pandan leaves extracted by pandan leaves to water ratio at 1:1 w/v, at 80°C for 30 minutes.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนีเพื่อสุขภาพจากผงแก่นตะวัน

The Development of a Healthy Brownie Product by Using Jerusalem Artichoke Powder

ดวงใจ มาลัย[1] ปทุมรัตน์ อมรศิลป์[1] ยศพงศ์ ปลัดสิงห์[1] และ พัชราวดี เลิศปัญญาพล[1]

Malai, D.[1], Amornsil, P.[1], Paladsing, Y.[1] and Lertpanyaphol, P.[1]

Abstract

Brownies are a popular dessert high in calories, fat and sugar. This project aims to develop healthy brownies by using Jerusalem artichoke powder (JAP) as fat substitute and replacing sugar with sucralose. The percentages of JAP substance to replace fat were 10, 20, 30, 40, and 50. The ratios of sweetness of sugar to sucralose (SS) were 25:75, 50:50, and 75:25. Results showed replacement of fat by JAP at 10%, 20%, and 40% resulted in the highest overall acceptance score ($p<0.05$). The highest overall acceptance score were at 25:75 and 50:50 of SS ($p<0.05$). However, the ratio of SS at 25:75 had preference score of flavor and moistness higher than at 50:50. In conclusion, the best recipe for healthy brownie was JAP at 40% and a ratio of SS of 25:75.

Keywords: Jerusalem artichoke powder, brownie, fat substitute, sucralose

บทคัดย่อ

บราวนีเป็นขนมที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ซึ่งให้พลังงาน ไขมัน และน้ำตาลสูง งานชิ้นนี้มุ่งเพื่อพัฒนาบราวนีสุขภาพโดยใช้ผงแก่นตะวันเป็นสารทดแทนไขมันและใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย การทดแทนระดับไขมันด้วยผงแก่นตะวันที่ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 การใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่สัดส่วนความหวานซูคราโลสต่อน้ำตาลทราย 25:75, 50:50, และ 75:25 ผลพบว่าการทดแทนไขมันด้วยผงแก่นตะวันที่ร้อยละ 10, 20 และ 40 ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด ($p<0.05$) อัตราส่วนความหวานที่ 25:75 และ 50:50 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ($p<0.05$) แต่ที่อัตราส่วน 25:75 ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและความชุ่มชื้นมากกว่าที่ 50:50 ดังนั้นสูตรบราวนีสุขภาพที่ดีที่สุดคือการใช้ผลแก่นตะวันที่ร้อยละ 40 และสัดส่วนความหวานของซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายที่ 25:75

คำสำคัญ: ผงแก่นตะวัน บราวนี การทดแทนไขมัน ซูคราโลส

คำนำ

การบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรีเป็นอาหารว่างได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากสะดวกต่อการบริโภค และได้รับอิทธิพลการบริโภคอาหารจากตะวันตก จากการสำรวจความนิยมการบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรีของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครพบว่าขนมปังได้รับความนิยมมากที่สุด (ร้อยละ 44.5) รองลงมาคือเค้กและคุกกี้ (ร้อยละ 32.0 และ 8.5 ตามลำดับ) (เฉลิมพล, 2549) บราวนีเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก และจัดอยู่ในกลุ่มของคุกกี้ ซึ่งมีเนื้อสัมผัสอยู่ระหว่างเค้กและคุกกี้ ผลิตภัณฑ์เบเกอรีส่วนใหญ่ให้พลังงาน ไขมัน และน้ำตาลสูง แต่ให้ใยอาหารน้อย ดังนั้นการบริโภคอาหารประเภทนี้บ่อยๆ จึงเป็นสาเหตุของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคอ้วน โรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด และเบาหวาน (นันทยา และคณะ, 2550) ประกอบกับผู้บริโภคให้ความสนใจดูแลสุขภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในเรื่องการลดพลังงาน ไขมัน และน้ำตาลในผลิตภัณฑ์บราวนี เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยการใช้ผงแก่นตะวัน (Jerusalem artichoke powder, JAP) ซึ่งมีใยอาหารและอินนูลินสูง (Judprasong และคณะ, 2011) และสามารถนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้เป็นอย่างดี (พธิญดา, 2552) เพื่อลดพลังงานและปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ และยังช่วยเพิ่ม ใยอาหาร ส่วนการลดน้ำตาลมีแนวคิดในการใช้ซูคราโลสมาแทน ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวาน มีรสชาติคล้ายคลึงกับน้ำตาลทราย แต่มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายถึง 600 เท่า และไม่ให้พลังงาน จึงเหมาะสำหรับใช้ในอาหารควบคุมน้ำหนัก อีกทั้งไม่ทำให้ฟันผุ (Shankar และคณะ, 2013) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเป็นสารทดแทนไขมันของผงแก่นตะวันในบราวนี และศึกษาการใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายในบราวนี

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถ.ราชวิถี ราชเทวี กทม. 10400

[1] Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University 420/1 Ratchawithe Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียม JAP ทำโดยใช้หัวแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus*) พันธุ์ KKU Ac 008 ซื้อจากร้านค้าในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร นำมาล้าง แล้วปอกเปลือก จากนั้นนำมาสไลด์เป็นแผ่นหนา 2 มม. แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 24 ชั่วโมง ในตู้อบลมร้อน (tray dryer) ทิ้งให้เย็น แล้วบดให้เป็นผงละเอียด นำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 35 เมช (mesh) บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-7 °ซ เพื่อนำไปศึกษา ดังนี้

1. การศึกษาสมบัติของผงแก่นตะวัน โดยวัดความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (moisture analyser) และวิเคราะห์หาสารประกอบหลัก (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้นด้วยวิธี hot air oven ไขมันด้วยวิธี Soxhlet โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method กากอาหาร (crude fiber) เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC 1990 ทดลอง 3 ซ้ำ

2. การศึกษาการใช้ผงแก่นตะวันเป็นสารทดแทนในบราวนี นำผงแก่นตะวันไปทดแทนไขมันในสูตรการผลิตบราวนี ตามสูตรที่ดัดแปลงจากของคุณพัชรี เลิศปัญญาพล (พัชรี, 2558) ดังนี้ แป้งอเนกประสงค์ เนยจืด เนยเค็ม ไข่ไก่ กลิ่นวานิลลา ผงโกโก้ และน้ำตาลทรายร้อยละ 12.0,12.6,12.6, 22.0,1.6, 5.5 และ 33.7 ตามลำดับ ขั้นตอนคือนำเนยจืดและเนยเค็มมาให้ความร้อนจนเดือด ยกลงแล้วเติมน้ำตาลทรายผสมให้เข้ากัน เติมกลิ่นวานิลลาและไข่ไก่ คนส่วนผสมให้เข้ากัน เติมผงโกโก้และแป้งอเนกประสงค์ คนให้เข้ากัน แล้วเทส่วนผสมใส่ถาด นำเข้าเตาอบไฟฟ้า อบที่ 180 °ซ นาน 18 นาที นำมาทิ้งให้เย็น แล้วตัดให้มีขนาด 3x3x1.5 ซม.^{3} (ก.xย.xส.) บราวนีที่ผลิตได้นี้คือสูตร JA00 การผลิตบราวนีที่ใช้ผงแก่นตะวันทดแทนไขมัน โดยลดปริมาณไขมัน (เนยจืดและเนยเค็ม) ในสูตรลง แล้วเพิ่มปริมาณผงแก่นตะวันที่อัตราส่วนเดียวกัน แปรผงแก่นตะวันเป็น 5 ระดับคือ ร้อยละ 10, 20, 30 40 และ 50 ของปริมาณไขมัน ก่อนทดแทนด้วยผงแก่นตะวัน (JA10-JA50) แล้วนำไปประเมิน ดังนี้

2.1 การประเมินทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบเพื่อหาความชอบ (hedonic test) แบบ 5 สเกล (คะแนน 1= ไม่ชอบมาก และ คะแนน 5 = ชอบมาก) ในเรื่องสี กลิ่นรสปกติของบราวนี ความหวาน ความชุ่มชื้น ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม และให้คะแนนคุณลักษณะ (scoring test) ด้วยสเกล 5 ระดับ (คะแนน 5 = มีคุณลักษณะนั้นมากที่สุด และ คะแนน 1 = มีคุณลักษณะนั้นน้อยที่สุด) ในเรื่องเดียวกับการทดสอบเพื่อหาความชอบ ใช้ผู้ทดสอบประเภทกึ่งฝึกฝน จำนวน 30 คน (นักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล) เสริฟตัวอย่างละ 1 ชิ้น (บรรจุในถุงพลาสติกใส) ติดรหัส 3 ตัว จัดตัวอย่างให้ผู้ทดสอบแบบสมดุล (balance order)

2.2 การศึกษาสมบัติของบราวนี โดยวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab รุ่น ColorFlex® EZ วัด 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตำแหน่ง วิเคราะห์หาสารอาหารหลัก เช่นเดียวกับข้อ 1 และค่าพลังงานโดยการคำนวณจากสารอาหารที่เป็นส่วนประกอบ วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA.XT plus ใช้ aluminum cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. เพื่อวัด firmness, chewiness, cohesiveness, adhesiveness, springiness และ gumminess ทดสอบ 9 ซ้ำ

3. การศึกษาการใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายในบราวนี ใช้สูตรการผลิตบราวนีซึ่งแทนที่ไขมันด้วยผงแก่นตะวัน ที่ได้รับการคัดเลือกจากคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสและผลของสมบัติของบราวนีในข้อ 2 มา 1 สูตร แปรอัตราส่วนความหวานของซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายเป็น 3 ระดับ คือ 25:75, 50:50 และ 75:25 (SS25, SS50 และ SS75) แล้วนำไปประเมินเช่นเดียวกับข้อ 2.1 และ 2.2

การวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ $p<0.05$ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS version 18

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาสมบัติของผงแก่นตะวัน

ผงแก่นตะวันที่ได้มีค่าความเป็นกรดเล็กน้อยคือ 6.32$\pm$0.01 ส่วนปริมาณสารอาหารหลัก ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน กากอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดตรต มีร้อยละ 7.30$\pm$0.03, 1.44$\pm$0.29, 9.04$\pm$0.19, 4.95$\pm$0.08, 4.93$\pm$0.02 และ 71.91$\pm$0.41 ตามลำดับ (ไม่แสดงผล)

2. การศึกษาการใช้ผงแก่นตะวันเป็นสารทดแทนในบราวนี

การแทนที่ JAP มากขึ้น พบว่าสีของบราวนีมีความเข้มลดลง โดยที่ JA50 ระดับความเข้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับ JA00 และ JA10-JA40 ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการวัดค่าด้วยเครื่องวัดสีคือมีค่าความสว่างมากขึ้นเมื่อเพิ่ม JAP (เพิ่มจาก 24.01 เป็น 31.21 ของ JA00 และ JA50 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ (ไม่แสดงผล) กลิ่นรสปกติของบราวนี พบว่า มีคะแนนลดลง เนื่องจาก JAP มีกลิ่นเฉพาะตัว โดยมีกลิ่นคล้ายควันเทียนของเทียนอบที่เป็นเอกลักษณ์ของขนมไทย ซึ่งเป็นกลิ่นที่คนไทยคุ้นเคยและยอมรับ ประกอบกับในสูตรมีวัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสคือ วานิลลา และผงโกโก้ที่สามารถกลบกลิ่นของ JAP (Celik และคณะ, 2013) อาจส่งผลต่อคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ทำให้มีคะแนนลดลง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ส่วนความหวาน ความแน่นเนื้อ และความชุ่มชื้น พบว่า JA50 มีความหวานมากขึ้น โดยมาจากฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ใน JAP ที่เพิ่มขึ้น สำหรับความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการลดปริมาณไขมันในสูตรลง ซึ่งไขมันสามารถทำหน้าที่เป็นตัวจับอากาศระหว่างการตีไขมันกับน้ำตาล จึงทำให้ขนมฟู มีความเบา (จิตธนา และคณะ, 2539) ซึ่งตรงกันข้ามกับค่า firmness (Table 3) ที่พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การที่บราวนี่มีความชุ่มชื้นมากขึ้น เนื่องจากอินนูลินและอินนูโลโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีใน JAP มีความสามารถในการจับกับน้ำและดูดความชื้นได้ดี จึงนำมาใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารไขมันต่ำ ซึ่งอินนูลินมีความสามารถในการเกิดเป็นเจล แสดงลักษณะคล้ายไขมัน จึงถูกนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ (Glibowski และ Glibowska, 2009) การแทนที่ JAP ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ได้รับความชอบโดยรวมมากที่สุดสี่ลำดับแรก (Table 1) และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงเลือก JA40 เพื่อศึกษาในขั้นต่อไป

3. การศึกษาการใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายในบราวนี

การใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลในบราวนีพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนความหวานของซูคราโลสต่อน้ำตาลทรายจะทำให้สี กลิ่นรสปกติของบราวนี และความชุ่มชื้นลดลง แต่มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (Table 2) โดยเฉพาะสูตร SS75 ซึ่งใช้ซูคราโลสในอัตราส่วนที่มากสุด พบว่ามีคะแนนสีน้อยกว่าสูตรอื่น เนื่องจากความเข้มสีของบราวนีลดลงอย่างนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับค่าสีจากเครื่องวัดสีคือ เมื่อเพิ่มซูคราโลสจะทำให้บราวนีมีความสว่างมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า L* เพิ่มจาก 21.07 เป็น 23.84 ของ SS25 และ SS75 ตามลำดับ (ไม่แสดงผล) การลดปริมาณน้ำตาลทรายจะทำให้การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดลดลง ทำให้ค่า L* มากขึ้น (Sedaghat และคณะ, 2015) กลิ่นรสปกติของ บราวนีมีคะแนนลดลง อาจเป็นอิทธิพลของ JAP ซึ่งมีกลิ่นเฉพาะตัว เมื่อลดปริมาณน้ำตาลลงทำให้สัดส่วนของของแข็งที่มาจาก JAP มากขึ้น จึงอาจส่งผลต่อการรับรู้กลิ่นรสที่เพิ่มขึ้น ความชุ่มชื้นพบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akesowan (2009) ที่ศึกษาการแทนที่น้ำตาลทรายด้วยอีริทรีทอล-ซูคราโลส พบว่าเมื่อแทนที่น้ำตาลมากขึ้นความชุ่มชื้นของเค้กจะลดลง ความแน่นเนื้อพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งค่าความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้นนี้สอดคล้องกับค่า firmness (Table 3) และงานวิจัยของ Sedaghat และคณะ (2015) ที่อธิบายว่าความแน่นเนื้อของเค้กมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น เค้กที่ไม่มีน้ำตาลมีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ และไม่มีความหนืด จึงทำให้ฟองอากาศออกไปจากผิวหน้าได้อย่างรวดเร็ว ส่วนความหวานมีคะแนนลดลงและไม่แตกต่างกันทางสถิติ

บราวนีสูตร SS25 และ SS50 ได้รับความชอบโดยรวมมากที่สุดสองลำดับแรก และไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสปกติของบราวนี และความชุ่มชื้นของ SS25 มีค่ามากกว่า (ไม่แสดงผล) จึงเลือกใช้ SS25 เป็นสารให้ความหวานในบราวนีเพื่อสุขภาพจากผงแก่นตะวัน

การวัดเนื้อสัมผัสของบราวนีพบว่าการทดแทนไขมันด้วยผงแก่นตะวันจะทำให้บราวนีมีค่า adhesiveness และ firmness เพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่า springiness, cohesiveness, gumminess และ chewiness ลดลง และเมื่อแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสมากขึ้น ค่าของเนื้อสัมผัสทุกค่ายิ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น adhesiveness ที่ลดลง

การวิเคราะห์หาสารอาหารหลักของบราวนีสูตรที่ดีที่สุด (SS25) เทียบกับสูตร JA00 พบว่ามีปริมาณไขมัน และพลังงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากร้อยละ 44.88 เป็น 36.99 และ 190.22 เป็น 169.72 กิโลแคลอรีต่อ 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม) ตามลำดับ โดยไขมันลดลงร้อยละ 11.89 และพลังงานลดลง 20.5 กิโลแคลอรี มีปริมาณโปรตีน กากอาหาร และเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ไม่แสดงผล) จึงทำให้ได้บราวนีที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น ข้อเสนอแนะควรวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในผงแก่นตะวันเพื่อจะได้ทราบประโยชน์ที่จะได้รับ และศึกษาการใช้สัดส่วนความหวานของสารให้ความหวานอื่นเพิ่มเติม

สรุปผล

บราวนีเพื่อสุขภาพสูตรที่ดีที่สุดคือ สูตรที่ใช้ผงแก่นตะวันทดแทนไขมันร้อยละ 40 และใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วนความหวานซูคราโลสต่อน้ำตาล 25:75 ทำให้ได้บราวนีที่ลดน้ำตาลลงร้อยละ 25 เป็น "บราวนีลดน้ำตาล" มีไขมันและพลังงานลดลง อีกทั้งมีกากอาหารและโปรตีนเพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาโภชนวิทยา นักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเป็นผู้ทดสอบชิม อ.ณัฐิรา อ่อนน้อม ตลอดจนอาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้การสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ อรอนงค์ นัยวิกุล และปริศนา สุวรรณาภรณ์, 2539, ผลิตภัณฑ์ขนมอบ, ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ หน้า 380-404.

เฉลิมพล นิรมล, 2549, พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิตสาขาการจัดการการตลาด, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพมหานคร.

นันทยา จงใจเทศ ภัทธรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล ปิยนันท์ เผ่าม่วง และวารีทิพย์ พึ่งพันธ์, 2550, ปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารอบและทอด, รายงานการศึกษาวิจัยปี 2550, กองโภชนาการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข กรุงเทพฯ, 14 หน้า.

พริญดา แก้วสวี, 2552, การใช้สารทดแทนไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีทางอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

พัชรี เลิศปัญญาพล, 2558, ร้านพัชรี, เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร.

Akesowan, A., 2009, Quality of reduced-fat chiffon cakes prepared with erythritol-sucralose as replacement for sugar, Pakistan Journal of Nutrition, (9):1383-1386.

Celik, I., Isik, F., Gursoy, O. and Yilmaz, Y., 2013, Use of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers as a natural source of inulin in cake. Journal of Food Processing & Preservation, 37(5):483-488.

The association of official analytical chemistry, Inc., 1990, Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry, Vol.2, 15th ed., United States, 1220 p.

Judprasong, K., Tanjor, S., Sungpuag, P. and Puwastien, P., 2011, Investigation of Thai plants as potential sources of fructan and inulin main fractions, J Food Comp Anal., 24(4- 5):642-649.

Glibowski, P. and Glibowska, A., 2009, Effect of calcium chloride on rheological properties and structure of inulin – whey protein gels, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 3: 284-288.

Sedaghat, F., Movahhed, S. and Mostaghim, T., 2015, Possibility of producing dietary cakes by using stevia and sucralose, International Journal of Review in Life Science, 5: 996-1002.

Shankar, P., Ahuja, S. and Sriram, K., 2013, Non-nutritive sweeteners: review and update, Nutrition, 29 (11–12):1293-1299.

Table 1 Sensory attribute[1] and overall liking score[2] of brownies that replaced fat with JAP (n = 30)

sample	color	Flavor	sweetness	firmness	moistness	overall liking
JA00	3.97±0.81[a]	3.87±0.78[a]	3.33±0.66[a]	3.17±0.65[b]	3.40±1.04[a]	4.20±0.41[a]
JA10	4.03±0.72[a]	3.53±1.04[ab]	3.23±0.94[a]	3.60±0.5[a]	3.43±0.73[a]	3.96±0.57[ab]
JA20	3.70±0.75[a]	3.23±1.01[b]	3.33±0.71[a]	3.4±0.9[ab]	3.47±1.01[a]	3.73±0.64[b]
JA30	3.97±0.81[a]	3.43±1.04[b]	3.43±0.73[a]	3.57±0.77[ab]	3.57±0.63[a]	3.70±0.70[b]
JA40	3.23±1.01[b]	3.47±0.68[ab]	3.27±0.74[a]	3.60±1.04[a]	3.60±1.07[a]	3.73±0.74[b]
JA50	2.97±0.64[b]	3.18±0.76[b]	3.44±0.68[a]	3.49±0.81[ab]	3.59±1.13[a]	3.30±0.60[c]

Mean in the same column with different superscripts are different ($p<0.05$)
[1] score from scoring test, [2] score from hedonic test

Table 2 Sensory attribute and overall liking score of brownies with different ratio of sweetness of sucralose to sugar, SS (n = 30)

sample	color	Flavor	sweetness	firmness	moistness	Overall liking
Control (JA40)	3.23±1.01[a]	3.97±0.96[a]	3.27±0.74[a]	3.73±1.11[b]	3.60±1.07[a]	3.73±0.74[a]
SS25	3.20±0.61[a]	3.80±0.71[ab]	3.23±0.77[a]	3.83±0.75[ab]	3.10±0.76[b]	3.63±0.72[a]
SS50	3.13±0.57[a]	3.83±0.60[ab]	3.20±0.75[a]	4.00 ±0.59[ab]	2.97±0.50[bc]	3.37±0.72[ab]
SS75	2.70±0.47[b]	3.47±0.68[b]	3.17±1.03[a]	4.20±0.71[a]	2.67±0.66[c]	3.00±0.98[b]

Mean in the same column with different superscripts are different ($p<0.05$)
[1] score from scoring test, [2] score from hedonic test

Table 3 Texture of brownies with different formula

sample	adhesiveness	springiness	cohesiveness	gumminess	chewiness	firmness
JA 00	-10.68±0.71[a]	0.67±0.01[b]	0.40±0.02[c]	808.94±6.05[c]	538.66±23.18[c]	2,205.81±46.10[c]
JA 40	-51.87±38.00[a]	0.42±0[c]	0.33±0.01[d]	729.98±19.49[d]	309.76±6.23[d]	1,957.84±48.29[d]
SU 25	-891.30±28.58[b]	0.65±0.02[b]	0.44±0[b]	1,156.99±28.17[b]	774.60±12.74[b]	2,670.19±137.10[b]
SU 50	-328.61±113.09[c]	0.96±0.06[a]	0.55±0[a]	2,278.93±64.48[a]	2,001.48±69.82[a]	4,085.88±53.98[a]

Mean in the same column with different superscripts are different ($p<0.05$)

การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แมลงและสารพิษตกค้างในระบบการผลิตผักหลังการเก็บเกี่ยว

Monitoring Microbial Contamination, Insects, and Toxic Residues in Vegetable Production System after Harvesting

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[1] การิตา จงเจือกลาง[1] และ ทิวาพร ผดุง[2]
Kotepong, P.[1], Chongchuaklang, K.[1] and Phadung, T.[2]

Abstract

The European Union (EU) warned Thailand about phytosanitary and insect plant pests of vegetables exported to Europe. Therefore, examination of the contamination from microbes, insects and toxic residues in postharvest production system of 4 vegetables, cilantro, holy basil, sweet basil and marsh mint, was conducted. There was no microbial (*Escherichia coli*, *Salmonella* spp.) contamination and toxic residues, but insect plant pests (tobacco whiteflies) from the field were discovered. After transporting to the packaging house, the vegetables were washed, cut and packaged. The packaging house process reduced the numbers of tobacco whiteflies from the field. During vegetable storage, cilantro, holy basil, sweet basil and marsh mint were stored for 18 days, 9 days, 12 days, and 15 days, respectively. Furthermore, *Escherichia coli* was found in small amount in every type of vegetables, according to the notification of the Department of Agriculture (2005). There was no *Salmonella* spp. found during storage.

Keywords: microbial contamination, insect, toxic residues, vegetables

บทคัดย่อ

จากปัญหาการแจ้งเตือนด้านสุขอนามัยพืชและแมลงศัตรูพืชของผักที่ส่งออกไปยังสหภาพยุโรปจึงมีความจำเป็นต้อง ตรวจสอบการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักสำหรับใช้เป็นข้อมูลยืนยันกับประเทศคู่ค้าในการส่งออกผักไปจำหน่ายยังต่างประเทศว่ามีความปลอดภัยทางด้านสุขอนามัยและแมลงศัตรูพืชในผัก 4 ชนิด ได้แก่ ผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพา และสะระแหน่ พบว่า ภายหลังการเก็บเกี่ยวผักทั้ง 4 ชนิด ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. และสารพิษตกค้าง แต่พบแมลงศัตรูพืช ได้แก่ แมลงหวี่ขาวยาสูบ จากนั้นขนส่งผักไปยังโรงคัดบรรจุผ่านกระบวนการล้าง ตัดแต่ง และบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ซึ่งในขั้นตอนล้างเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สามารถลดแมลงหวี่ขาวยาสูบในผักที่ติดมาจากแปลงปลูกได้ภายหลังการเก็บรักษาผัก พบว่า ผักชีฝรั่งสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 18 วัน กะเพรา 9 วัน โหระพา 12 วัน และสะระแหน่ 15 วัน โดยในระหว่างเก็บรักษายังพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ในผักแต่ละชนิดในปริมาณน้อยแต่ไม่เกินมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร (2548) ในขณะที่ไม่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. ในผักทั้ง 4 ชนิด

คำสำคัญ: การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แมลง สารพิษตกค้าง ผัก

คำนำ

ในปี 2555 ประเทศไทยประสบปัญหาด้านสุขอนามัยพืชและแมลงศัตรูพืชของผักที่ส่งออกไปยังสหภาพยุโรปและได้รับการแจ้งเตือนปัญหาดังกล่าว โดยมีสาเหตุมาจากการจัดการในแปลงปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวไม่ดีซึ่งสหภาพยุโรปให้ความสำคัญในการนำเข้าผักจากประเทศไทยใน 3 เรื่อง ได้แก่ แมลง เชื้อจุลินทรีย์ และสารพิษตกค้างในผัก จึงต้องมีการตรวจการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แมลง และสารพิษตกค้าง เพื่อให้ทราบว่าขั้นตอนใดที่ประสบปัญหาดังกล่าว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขต่อไป ในปี 2548 กรมวิชาการเกษตรออกประกาศเรื่อง มาตรการตรวจสอบเชื้อ

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900
[2] กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

Escherichia coli และ *Salmonella* spp. ในผักสดก่อนการส่งออกไปนอกราชอาณาจักร โดยต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ วิธีการควบคุมเชื้อ และต้องมีหนังสือรับรองของกรมวิชาการเกษตรก่อนการส่งออกโดยกำหนดจำนวนเชื้อ *Escherichia coli* ในผลผลิตผักสดไม่เกิน 100 cfu/g และต้องไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. (กรมวิชาการเกษตร, 2548) การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักสำหรับใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงกับประเทศคู่ค้าในการส่งออกผักไปจำหน่ายยังต่างประเทศและแนะนำให้แก่เกษตรกรและผู้ส่งออกได้ใช้เป็นข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการระบบการผลิตผักหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพาและสะระแหน่ ชนิดละ 100 กิโลกรัม จากแปลงเกษตรกรในอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐมและอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี นำผลผลิตแบ่งใส่ตะกร้าเพื่อจำลองสภาพการขนส่งไปยังโรงคัดบรรจุตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก เมื่อถึงโรงคัดบรรจุทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผักในแต่ละตะกร้า จำนวน 500 กรัม จำนวน 5 ซ้ำ เพื่อนำไปตรวจสอบการปนเปื้อนของแมลงหวี่ขาวยาสูบ เชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ตามวิธีของ AOAC (2010) และ *Salmonella* spp. ตามวิธีการของ Anonymous (2002) และสารพิษตกค้าง ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) กลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) กลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethroid) และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) ตามวิธีการของ Steinwandter (1985) หลังจากนั้นนำผักไปใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP จำนวน 80 กรัม แล้วนำไปจำลองสภาพการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสมกับผักแต่ละชนิด (กะเพรา ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส, โหระพา ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส, สะระแหน่และผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส) สุ่มตัวอย่างออกมาตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. และคุณภาพของผลผลิตทุก 3 วัน จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบการผลิตผักหลังการเก็บเกี่ยว

จากการเก็บเกี่ยวผักแต่ละชนิด ได้แก่ ผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพา และสะระแหน่จากแปลงทดสอบ พบว่า ผักทั้ง 4 ชนิด ที่นำมาทำการทดลองไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* และ *Salmonella* spp. จากแปลงปลูก หลังจากนั้นนำผักแต่ละชนิดใส่ในตะกร้าพลาสติกมาจำลองสภาพการขนส่งไปยังโรงคัดบรรจุตามวิธีการปฏิบัติของบริษัทผู้ส่งออกโดยมีการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการขนส่งที่ 10 $^{\circ}$C พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ในผักชีฝรั่ง กะเพราและโหระพา ที่ขนส่งมายังโรงคัดบรรจุทั้งสองกรรมวิธีในปริมาณ 10 cfu/g ส่วนในสะระแหน่นั้นไม่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ในระหว่างการขนส่ง (Table 1)

จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำในโรงคัดบรรจุก่อนที่จะใช้ล้างทำความสะอาดผักทั้ง 4 ชนิด มาตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* และ *Salmonella* spp. แสดงให้เห็นว่า มีมาตรฐานการจัดการ GMP ที่มีประสิทธิภาพไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำที่ใช้ภายในโรงคัดบรรจุ หลังจากนั้นนำผักแต่ละชนิดไปผ่านกระบวนการคัดบรรจุในโรงคัดบรรจุโดยการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จำนวน 2 ครั้ง และ คัดบรรจุลงในถุงบรรจุภัณฑ์แล้วสุ่มตัวอย่างออกมาตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* ในปริมาณ 13 cfu/g ในขณะที่การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ในโหระพาและสะระแหน่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* เพียง 10 cfu/g (Table 1) ส่วนการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. นั้น พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. ในผักทั้ง 4 ชนิดตลอดขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งผ่านกระบวนการคัดบรรจุในโรงคัดบรรจุ

2. การตรวจสอบการปนเปื้อนของแมลงในระบบการผลิตผักหลังการเก็บเกี่ยว

ทำการศึกษาการปนเปื้อนของแมลงในระบบการผลิตผักหลังการเก็บเกี่ยวโดยให้ความสำคัญในแมลงหวี่ขาวยาสูบซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในผักทั้ง 4 ชนิดที่พบมากในแปลงปลูก พบว่า ภายหลังการเก็บเกี่ยวผักทั้ง 4 ชนิดมีแมลงหวี่ขาวยาสูบติดมาจากแปลงปลูก โดยมีแมลงหวี่ขาวยาสูบเฉลี่ย 5.3, 12.4, 3.2 และ 3.2 ตัวต่อน้ำหนักสด 500 กรัม ในผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพา และสะระแหน่ หลังจากนั้นเมื่อนำมาผ่านกระบวนการคัดบรรจุในโรงคัดบรรจุโดยการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จำนวน 2 ครั้ง จะทำให้มีปริมาณแมลงหวี่ขาวยาสูบที่ติดมากับผักทั้ง 4 ชนิดลดลงเมื่อเทียบกับการสุ่มตรวจภายหลังการเก็บเกี่ยวและขั้นตอนการขนส่ง (Table 2) ในขณะที่ไม่พบแมลงหวี่ขาวยาสูบที่ติดมากับโหระพา

จากแปลงปลูกหลังจากผ่านกระบวนการคัดบรรจุในโรงคัดบรรจุโดยการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จำนวน 2 ครั้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของใบโพระหามีลักษณะใบมันวาว และลื่นทำให้แมลงหวี่ขาวยาสูบถูกน้ำที่ล้างทำความสะอาดชะล้างออกไปจนหมดจึงไม่พบแมลงหวี่ขาวยาสูบดังกล่าว (Table 2) เห็นได้ว่า การล้างทำความสะอาดผัก จำนวน 2 ครั้ง ไม่สามารถลดแมลงหวี่ขาวใบยาสูบที่ติดมาจากแปลงปลูกได้ ดังนั้นควรมีการจัดการในแปลงปลูกในระบบ GAP อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อไม่ให้มีแมลงหวี่ขาวใบยาสูบเข้ามาในโรงคัดบรรจุได้ และสุ่มตรวจแมลงที่ติดมากับผักในระหว่างการคัดบรรจุ

3. การตรวจสอบการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในระบบการผลิตผักหลังการเก็บเกี่ยว

ผักทั้ง 4 ชนิดที่เก็บเกี่ยวมาจากแปลงทดสอบไม่พบปริมาณสารพิษตกค้างในกลุ่มของ organophosphate carbamate pyrethroid และ organochlorine เป็นไปตามมาตรฐานการส่งออกผักไปจำหน่ายยังต่างประเทศที่ต้องไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในผัก

4. การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ของผักในระหว่างการเก็บรักษา

นำผักทั้ง 4 ชนิด ที่ผ่านกระบวนการคัดบรรจุมาจำลองสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับผักแต่ละชนิดโดยผักชีฝรั่งและสะระแหน่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C กะเพรา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C และโหระพาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C พบว่า ผักทั้ง 4 ชนิดที่ผ่านการจำลองสภาพขนส่งมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาผักชีฝรั่งนาน 21 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ประมาณ 90 cfu/g กะเพรานาน 9 วัน ที่อุณหภูมิ 10 °C มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ประมาณ 90 cfu/g โหระพานาน 12 วัน ที่อุณหภูมิ 15 °C มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ประมาณ 70 cfu/g (Table 11) และสะระแหน่นาน 18 วัน ที่อุณหภูมิ 5 °C มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ประมาณ 88 cfu/g (Table 3) ซึ่งภายหลังการเก็บรักษาตามอายุการเก็บรักษาของผักแต่ละชนิดมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* แต่อยู่ในปริมาณที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคภายใต้มาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร (2548) ที่ต้องมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ไม่เกิน 100 cfu/g (กรมวิชาการเกษตร, 2548) แต่ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผักทั้ง 4 ชนิด

จากการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แมลงและสารพิษตกค้างในระบบการผลิตผักหลังการเก็บเกี่ยวทั้ง 4 ชนิด พบปัญหาหลักคือ แมลงหวี่ขาวยาสูบซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชหลักของผักทั้ง 4 ชนิด จึงเป็นจุดเสี่ยงที่ต้องมีการเฝ้าระวังทั้งในแปลงปลูกและในระหว่างการคัดบรรจุให้มากขึ้น เกษตรกรและผู้ปฏิบัติงานในโรงคัดบรรจุของบริษัทผู้ส่งออกต้องให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมาก โดยเกษตรกรก็ควรปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (GAP) ในการกำจัดศัตรูพืชในแปลงปลูกและกำจัดแหล่งสะสมแมลงบริเวณรอบแปลงปลูก ส่วนบริษัทผู้ส่งออกก็ควรปฏิบัติตามหลักปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงคัดบรรจุ (GMP) และมีการเฝ้าระวังสุ่มตรวจแมลงที่ติดมาจากแปลงปลูกในระหว่างขั้นตอนการคัดบรรจุเพื่อลดการปนเปื้อนของแมลงหลังการเก็บเกี่ยว

สรุปผล

หลังการเก็บเกี่ยวพืชผักทั้ง 4 ชนิด ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. และไม่พบสารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคแต่พบแมลงหวี่ขาวยาสูบที่ติดมาจากแปลงปลูก การล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง สามารถลดแมลงหวี่ขาวยาสูบที่ติดมาจากแปลงปลูกได้ ในระหว่างการเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ในผักทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแต่ไม่เกินมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร (2548) ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. พบว่าไม่มีปริมาณเพิ่มขึ้น สำหรับอายุการเก็บรักษาผักชีฝรั่งสามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C กะเพราเก็บรักษาได้นาน 6 วันที่อุณหภูมิ 10°C โหระพาเก็บรักษาได้นาน 9 วัน ที่อุณหภูมิ 15°C และสะระแหน่เก็บรักษาได้นาน 15 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C

Table 1 Monitoring of *Escherichia coli* (cfu/g) in vegetables after harvesting.

Type of vegetables	Step		
	Harvesting	Transporting	Packing
culantro	0	10.0	15.0
holy basil	0	10.0	13.0
sweet basil	0	10.0	10.0
marsh mint	0	0	10.0

Table 2 Monitoring of tobacco whiteflies (insect) in vegetables after harvest.

Type of vegetables	Step		
	Harvesting	Transporting	Packing
culantro	5.3	5.3	2.0
holy basil	12.4	11.1	3.9
sweet basil	3.2	3.2	0
marsh mint	3.2	3.8	0

Table 3 Monitoring of *Escherichia coli* (cfu/g) in vegetables during storage.

Type of vegetables	Days after storage						
	3	6	9	12	15	18	21
culantro	15.0	12.0	40.0	70.0	64.0	83.0	90.0
holy basil	16.0	60.0	90.0	-	-	-	-
sweet basil	15.0	11.0	35.0	70.0	-	-	-
marsh mint	10.0	12.0	40.0	70.0	80.0	88.0	-

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2548, มาตรการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และเชื้อ *Salmonella* spp. ในผักสดก่อนการส่งออกไปนอกราชอาณาจักร. ประกาศกรมวิชาการเกษตร ฉบับที่ 3 วันที่ 18 ธันวาคม 2548, 1 หน้า.

สิรินาฏ พรศิริประทาน, 2554, การส่งออกผักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป, วันที่ค้นข้อมูล 8 เมษายน 2555 www.itd.or.th/articles?download=74%3Aar40.

Anonymous, 2002, Microbiology of food and anima; feeding stuffs- Protocol for the validation of alternative methods (EN ISO/FIDS 16140). European Committee for Standardization, AFNOR, Paris, France.

AOAC, 2000, AOAC official Transportation 991.14. Coliform and *Escherichia coli* Counts in Foods Dry Rehydratable Film (Petrifilm *E. coli* coliform Count Plate) Transportation. 17th Ed. Gaithersburg, MD. p22.

Steinwandter, H. 1985. Universal 5 min on-line Transportation for extracting and isolating pesticide residues and industrial chemicals,Fresenius Z Anal. Chem, 322: 752-754.

การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของข้าวไร่ที่ปลูกภายใต้สภาพมีหรือขาดออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหาร

Growth Responses of a Upland Rice Grown under Aerobic or Anaerobic Cultures of Nutrient Solution

ทศพร บ่อบัวทอง[1] ปรียาภรณ์ แสงเรือน[1] และ เนตรนภา อินสลุด[1]

Bobeautong, T.[1], Sangruan, P.[1] and Insalud, N.[1]

Abstract

The root system of rices grown under waterlogged conditions can adapt to hypoxia and tends to have a higher growth rate and yield compared to that of rices originally grown under aerobic conditions. The adaptation of the root system of an aerobic upland rice cv. Sew Mae Jan when grown under simulations of different hypoxic periods of nutrient solution culture was evaluated. KDML105 was used as the control cultivar. It was found that a continuous anaerobic condition for 14 days inhibited the root growth of Sew Mae Jan by 47 % and caused 27 % reduction of the dry weight. However, there was no difference in number of roots per plant between aerobic and anaerobic grown rice. Lack of oxygen for 4 days also resulted in a reduction of the shoot dry weight. Moreover, the influence of genetics on shoot dry weight was evident since Sew Mae Jan had less shoot dry weight compared to KDML105 under anaerobic condition.

Keywords: rice, root system, oxygen, responses

บทคัดย่อ

ระบบรากข้าวที่ปลูกนาน้ำขัง สามารถปรับตัวต่อสภาพการขาดออกซิเจนได้ มักมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในสภาพไร่ การศึกษาการปรับตัวของข้าวไร่พันธุ์ซิวแม่จันเมื่อปลูกจำลองการขาดออกซิเจนในสภาพนาน้ำขัง โดยประเมินการตอบสนองของระบบรากข้าวเมื่อปลูกทดสอบในสารละลายธาตุอาหาร เปรียบเทียบกับข้าวนาน้ำขังพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลการศึกษาพบว่าการขาดออกซิเจนต่อเนื่องกัน 14 วัน ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ยับยั้งการยืดขยายความยาวรากมากถึง 44-47 % การสะสมน้ำหนักแห้งรากลดลงถึง 27 % เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพมีออกซิเจน อย่างไรก็ตาม การขาดออกซิเจนเพียง 4 วัน ส่งผลให้น้ำหนักแห้งต้นลดลงเมื่อเทียบกับต้นที่ได้รับออกซิเจนปกติ ข้าวซิวแม่จันมีน้ำหนักแห้งต้นลดลงมากกว่าข้าว KDML105 เมื่อปลูกในสภาพขาดออกซิเจน

คำสำคัญ: ข้าว ระบบราก ออกซิเจน การตอบสนอง

คำนำ

การปลูกข้าวไร่ ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ดอน แปลงปลูกมักไม่มีน้ำขัง ดินมีปริมาณอากาศหรือออกซิเจนในระดับที่ใกล้เคียงกับบริเวณผิวดิน (oxia) ในขณะที่การปลูกข้าวนาสวน ลักษณะแปลงนาเป็นที่ราบลุ่ม และมีน้ำขังตลอดเวลาหรือเป็นระยะเวลานานต่อเนื่อง สภาพแปลงที่มีน้ำขังหรือดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำเป็นสภาพที่ไม่มีอากาศหรือออกซิเจน (anoxia) หรือมี ออกซิเจนละลายลงสู่น้ำในดินเพียงเล็กน้อย (hypoxia) (ประภัสสร และคณะ, 2558) และด้วยความหลากหลายของพันธุ์ข้าวที่มาจากนิเวศการปลูกที่แตกต่างกัน อาจส่งผลให้ข้าวแต่ละสายพันธุ์ มีกลไกการปรับตัวต่อสภาพน้ำขังหรือการขาดออกซิเจนที่แตกต่างกันออกไป ในกรณีที่ข้าวขาดออกซิเจน รากข้าวอาจเปลี่ยนกลไกไปใช้ระบบการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน [Anaerobic respiration หรือที่เรียกว่า กระบวนการหมัก (fermentation)] แทน แต่พลังงานที่ได้จากวิธีการหายใจแบบนี้มีอยู่ต่ำมาก และยังเกิดแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อพืชได้ Shiono และคณะ (2011) ได้ศึกษาการตอบสนองของระบบรากข้าวต่อการขาดออกซิเจน พบว่าเมื่อรากขาดออกซิเจน ระบบรากจะมีการสลายตัวของเนื้อเยื่อในชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) อย่างรวดเร็ว Insalud และคณะ (2006) รายงานว่ารากข้าวอายุ 14 วัน แล้วย้ายลงปลูกในสภาพขาดออกซิเจนเพียง 1 วัน ส่งผลให้การปลดปล่อยออกซิเจนออกจากรากเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การขาดออกซิเจนส่งผลให้รากสั้น แต่มีปริมาณรากมาก รากมีความพรุนและสร้างโพรงอากาศมาก การตอบสนองของต้นกล้าข้าวดังกล่าวส่งผล

[1] สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290

ระยะยาวต่อกระบวนการอื่นๆ รวมถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ดังนั้น ในการศึกษานี้ทำการศึกษาการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตข้าวต่อการมีหรือขาดออกซิเจน ใช้ข้าวไร่พันธุ์ซิวจัน (SMJ) และพันธุ์ข้าวน้ำขังขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) จำลองการปลูกในสภาพที่มีหรือขาดออกซิเจนในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้วางแผนทดลองแบบ 2x4 Factorial in RCBD 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คือ พันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ซิวแม่จัน (SMJ) ซึ่งเป็นข้าวจากสภาพไร่ และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) ซึ่งเป็นข้าวสภาพนา ปัจจัยที่ 2 คือ กรรมวิธีการปลูก 4 กรรมวิธี ได้แก่ (1) มีออกซิเจนบริเวณรากตลอดเวลา 14 วัน (AAA) (2) ขาดออกซิเจนตลอดเวลา 14 วัน (SSS) (3) มีออกซิเจน 6 วัน ขาดออกซิเจน 4 วัน และมีออกซิเจน 4 วัน (ASA) และ (4) ขาดออกซิเจน 6 วัน มีออกซิเจน 4 วัน และขาดออกซิเจน 4 วัน (SAS) ปลูกข้าวในสารละลายธาตุอาหารสูตรของ Yoshida และคณะ (1976) จำลองการขาดออกซิเจนโดยผสมวุ้นลงในสารละลายธาตุอาหาร 0.1 % เพื่อป้องกันการละลายของออกซิเจนลงสู่สารละลายธาตุอาหาร (Wiengweera และคณะ, 1997) สำหรับกรรมวิธีที่มีออกซิเจนทำการเติมอากาศลงในสารละลายธาตุอาหาร และเปลี่ยนสภาพการมีหรือขาดออกซิเจนเมื่อครบกำหนดตามแต่ละกรรมวิธี แช่เมล็ดข้าวในน้ำ 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นเทน้ำออก นำมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง ย้ายเมล็ดข้าวลงปลูกโดยวางเมล็ดข้าวลงบนตาข่ายซึ่งลอยอยู่บนสารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีทั้ง 4 กรรมวิธี บันทึกข้อมูลความยาวราก จำนวนราก ความสูงต้น จำนวนใบ น้ำหนักแห้งต้นและราก เมื่อข้าวมีอายุ 6 10 และ 14 วันหลังงอก นำข้อมูลมาวิเคราะห์ Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรม R

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตทั้งระบบรากและลำต้นของข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกศึกษาในสภาพการมี ออกซิเจนหรือขาดออกซิเจน ปรากฏความแตกต่างอย่างชัดเจนที่อายุ 10 และ 14 วัน หลังงอก โดยที่ระยะ 10 วัน ข้าวไร่ซิวแม่จันมีความยาวรากมากกว่าขาวดอกมะลิ 105 ประมาณ 20 % ในทุกกรรมวิธี ในขณะที่กรรมวิธีที่มีออกซิเจนในสารละลายปลูกข้าวกระตุ้นรากให้มีการยืดขยายรากในข้าวทั้งสองพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ปลูกในกรรมวิธีที่ไม่มีออกซิเจนถึง 2 เท่า สำหรับต้นข้าวที่ปลูกในกรรมวิธีสลับทั้งแบบ ASA และ SAS นั้นมีความยาวรากไม่แตกต่างกัน และทั้งสองกรรมวิธีสลับนี้มีความยาวรากมากกว่าต้นข้าวที่ปลูกในกรรมวิธีที่ไม่มีออกซิเจน (SSS) สำหรับความยาวรากข้าวที่ปลูกในกรรมวิธีต่างๆ ที่อายุ 14 วัน พบการตอบสนองแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และกรรมวิธี โดยความยาวรากข้าวที่ปลูกในกรรมวิธี AAA ASA และ SAS ซิวแม่จันมีความยาวรากมากกว่าขาวดอกมะลิ 105 ในขณะที่ข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกในกรรมวิธี SSS มีความยาวของรากไม่แตกต่างกัน ลักษณะดังกล่าวส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากมีการตอบสนองไปในทิศทางเดียวกันกับความยาวราก ส่วนลักษณะการสร้างรากหรือจำนวนรากต่อต้นของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันไม่ว่าจะปลูกในกรรมวิธีใดก็ตาม สำหรับการเจริญเติบโตด้านลำต้น ปรากฏความแตกต่างทั้งลักษณะความสูงต้น และการสะสมน้ำหนักแห้งต้น โดยลักษณะความสูงต้นได้รับอิทธิพลของพันธุ์ทั้งในระยะ 10 วันและ 14 วัน ซิวแม่จันมีความสูงต้นมากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เฉลี่ย 25 % และ 12 % ตามลำดับ ความแตกต่างเนื่องจากกรรมวิธีตามสภาพการมีหรือไม่มีออกซิเจนในสารละลายปลูกข้าวนั้น พบความแตกต่างในลักษณะของจำนวนใบต่อต้น โดยต้นข้าวที่ปลูกในกรรมวิธี AAA หรือกรรมวิธีสลับแบบ ASA สามารถสร้างจำนวนใบได้มากกว่าต้นข้าวที่ปลูกในกรรมวิธี SSS หรือกรรมวิธีแบบ SAS ถึง 9 – 18 % สำหรับน้ำหนักแห้งต้นปรากฏความแตกต่างที่ระยะ 10 วันหลังปลูกในแต่ละกรรมวิธี และแต่ละพันธุ์ พันธุ์ซิวแม่จันมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้เนื่องจากซิวแม่จันมีความสูงต้นมากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในขณะที่ต้นข้าวอายุ 14 วันหลังปลูก พบการตอบสนองแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และกรรมวิธี โดยต้นข้าวที่ปลูกในกรรมวิธี AAA ซิวแม่จันมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าขาวดอกมะลิ 105 เฉลี่ย 27 % กรรมวิธี ASA พันธุ์ซิวแม่จันมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เฉลี่ย 29 % กรรมวิธี SSS ซิวแม่จันมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าขาวดอกมะลิ 105เฉลี่ย 14 % ส่วนในกรรมวิธี SAS ซิวแม่จันและขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างกัน

วิจารณ์ผล

การตอบสนองด้านสัณฐานโดยเฉพาะลักษณะการยืดขยายความยาวของรากในข้าวทั้งข้าวไร่พันธุ์ซิวแม่จัน และข้าวนาพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อปลูกในกรรมวิธี AAA สามารถกระตุ้นการยืดขยายความยาวรากได้มากกว่าต้นข้าวที่

ปลูกในกรรมวิธีอื่นๆ ลักษณะเช่นนี้อาจเป็นตอบสนองต่อการมีออกซิเจนในสารละลายอย่างเพียงพอสำหรับระบบรากในการเจริญเติบโตลงไปในระดับสารละลายที่ลึกลงไป รากที่ยืดขยายยาวลึกลงไปมีออกซิเจนในการเจริญเติบโตได้เต็มที่ ทำให้มีความยาวรากมากกว่ากรรมวิธีที่ขาดออกซิเจน ในขณะที่กรรมวิธี SSS มีผลยับยั้งการยืดขยายความยาวรากอย่างชัดเจน สอดคล้องกับรายงานของ Lorenzen และคณะ (2001) ซึ่งรายงานว่าในสภาพที่รากพืชได้รับออกซิเจนน้อย ส่งผลให้รากพืชมีความยาวลดลงและส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารลดลงด้วย

ในขณะที่กรรมวิธีให้ออกซิเจนสลับแบบ ASA ในระยะแรกรากข้าวได้รับออกซิเจน การเจริญเติบโตของต้นและการพัฒนาระบบรากเป็นไปแบบปกติ แต่เมื่อรากข้าวสลับมาขาดออกซิเจนนานสี่วัน ส่งผลให้การยืดขยายความยาวรากหยุดชะงัก หลังจากนั้นสลับมามีออกซิเจนอีกครั้ง รากข้าวสามารถยืดขยายความยาวรากของข้าวได้อย่างชัดเจน ส่วนกรรมวิธีแบบ SAS หลังจากที่รากข้าวได้รับออกซิเจนนาน 4 วัน แล้วสลับมาขาดออกซิเจนอีกครั้ง ส่งผลให้การยืดขยายความยาวรากหยุดชะงัก จนมีผลทำให้ความยาวรากน้อยกว่าการขาดออกซิเจนแบบ ASA ถึง 20 – 23 % ลักษณะความยาวรากเป็นผลที่เห็นได้อย่างชัดเจนจากการขาดออกซิเจน ลักษณะนั้นยังส่งผลถึงลักษณะการสะสมน้ำหนักแห้งของรากและมีความสอดคล้องกันโดยตรง โดยจะเห็นได้ว่าในกรรมวิธี AAA สามารถสะสมมวลของรากได้มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เพราะรากสามารถดูดธาตุอาหาร ขยายความยาวรากและเติบโตได้ดี ในส่วนของกรรมวิธีสลับแบบ SAS พบว่าทั้งสองพันธุ์มีความสามารถในการสะสมมวลของรากได้ต่ำเช่นเดียวกับลักษณะความยาวราก อาจเพราะกลไกการทำงานต่างๆ ในรากหยุดชะงักจากการขาดออกซิเจน ทั้งนี้เนื่องจากการขาดออกซิเจนส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในราก เช่น การสร้างและสะสมสารประกอบฟีนอลิกในผนังเซลล์ชั้นรองก่อนชั้นคอร์เทกซ์เพิ่มขึ้น เพื่อลดการสูญหายของออกซิเจนออกจากราก (Insalud และคณะ, 2006)

สำหรับการเจริญเติบโตด้านลำต้นของข้าว ความสูงเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยพันธุกรรม อิทธิพลของพันธุ์มีผลต่อความสูงต้นอย่างชัดเจน พันธุ์ซิวแม่จันมีความสูงต้นมากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในทุกกรรมวิธี ในขณะที่การสร้างจำนวนใบของข้าวพบอิทธิพลของพันธุ์เช่นกัน โดยพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความสามารถในการสร้างใบมากกว่าพันธุ์ซิวแม่จัน แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงอิทธิของการมีหรือขาดออกซิเจน ยังพบว่าระยะเวลาที่ต้นข้าวได้รับออกซิเจนตลอดเวลาหรือขาดแค่บางช่วงแล้วกลับมาได้รับออกซิเจนอีก มีความสามารถในการสร้างใบได้มากกว่ากรรมวิธีที่ขาดออกซิเจนตลอดเวลาหรือได้รับออกซิเจนบางช่วงแล้วกลับมาขาดออกซิเจนอีก สอดคล้องกับรายงานของ Smit และคณะ (1990) ที่พบว่าการเจริญเติบโตของใบต้น Black cotton wood (Populus trichocarpa) ลดลงเมื่อรากอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน เนื่องจากการขาดออกซิเจนส่งผลให้พืชมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และได้พลังงานต่ำกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจนมาก

สำหรับลักษณะความสูงต้นและความสามารถในการสร้างใบ ทั้งสองลักษณะนี้มีผลโดยตรงต่อการสะสมมวลของต้น หรือที่ลักษณะน้ำหนักแห้งต้น โดยพบว่าน้ำหนักแห้งต้นมีความแตกต่างกัน ในกรรมวิธี AAA ต้นข้าวมีความสูงต้นและจำนวนใบมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่งผลให้ต้นข้าวมีการสะสมมวลของต้นได้มาก ทั้งนี้การมีจำนวนใบที่มาก ทำให้มีพื้นที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก ทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดี ในขณะที่ต้นข้าวที่ปลูกในสภาพขาดออกซิเจนนั้น ส่งผลให้การสะสมมวลของต้นน้อยลดลงถึง 17 – 30 % ในขณะที่กรรมวิธีสลับแบบ ASA แม้ว่าการขาดออกซิเจนเป็นระยะเวลาสั้นๆ สามารถส่งผลให้น้ำหนักแห้งต้นลดลงถึง 10 % ส่วนกรรมวิธีสลับแบบ SAS แม้ได้รับออกซิเจนในบางช่วง แล้วสลับกลับมาขาดออกซิเจนอีกครั้ง ส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านลำต้นลดลงถึง 14 – 30 % ซึ่งการตอบสนองของลักษณะน้ำหนักแห้งรากก็ตอบสนองในทิศทางเดียวกับน้ำหนักแห้งต้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการขาดออกซิเจนของราก เป็นสาเหตุให้เกิดการยับยั้งการดูดซึมสารอาหารของราก (Koncalova, 1990)

สรุปผล

จากผลการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ว่าพันธุ์ข้าวตอบสนองต่อระดับออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกนั้นได้แตกต่างกัน โดยข้าวพันธุ์ซิวแม่จันซึ่งเป็นข้าวไร่มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้อาจเนื่องจากข้าวพันธุ์ซิวแม่จันเป็นข้าวไร่ ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีกว่า ในขณะที่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวนาสวนซึ่งมีความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดีกว่าพันธุ์ซิวแม่จัน ทำให้ขาวดอกมะลิ 105 มีการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อปลูกในสภาพที่ขาดออกซิเจน หรือเปรียบได้กับสภาพการปลูกแบบน้ำขัง สำหรับการขาดออกซิเจนแม้เพียงช่วงระยะเวลาหนึ่ง หรือเปรียบเสมือนการขังน้ำในนาข้าวสภาพไร่ ในช่วงที่นาเกิดน้ำขัง 3 – 4 วัน สามารถทำให้รากเกิดความเครียดเนื่องจากการขาดออกซิเจน และส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นเช่นกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. จุฑามาศ อาจนาเสียว ในการตรวจทานและแก้ไข abstract และขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

ประภัสสร ลัดวิไลวงศ์ เนตรนภา อินสลุด ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช และพรทิพย์ ศรีมงคล, 2558, การเติบโตของรากข้าวในระยะต้นอ่อนภายใต้สภาพขาดออกซิเจน, วารสารแก่นเกษตร, 43(1), 656-661

Insalud, N., Bell, R.W., Colmer, T.D., and Rerkasem, B., 2006, Morphological and physiological responses of rice (*Oryza sativa*) to limited phosphorus supply in aerated and stagnant solution culture, Annals of Botany, 98: 995-1004.

Koncalova, H., 1990, Anatomical adaptations to waterlogging in roots of wetland graminoids: limitations and drawbacks, Aquatic Botany, 38: 127–134.

Lorenzen, B., H.Brix , I. A. Mendelssohn , K. L. McKee , and S. L Miao. 2001. Growth, biomass allocation and nutrient use efficiency in Cladium jamaicense and Typha domingensis as affected by phosphorus and oxygen availability, Aquatic Botany, 70: 117–133.

Shiono, K., Ogawa, S., Yamazaki, S., Isoda, H., Fujimura, T., Nakazono, M., and Colmer. T.D., 2011. Contrasting dynamics of radial O2 -loss barrier induction and aerenchyma formation in rice roots of two lengths, Annals of Botany, 107(1): 89-99.

Smit, B.A., Neinnan, D.S., and Stachowiak, M.L., 1990, Root hypoxia reduces leaf growth: role of factors in the transpiration stream, Plant Physiology, 92: 1021-8.

Wiengweera, A., Greenway, H., and Thomson, C.J., 1996., The use of agar nutrient solution to simulate lack of convection in waterlogged soils, Annals of Botany, 80(2): 115-123.

Yoshida, S., Forno, D.A., Cock J.H., and Gomez K.A., 1976, Procedures for routine analysis of phosphorus, iron, manganese, aluminum and crude silica in plant tissue, Laboratory manual for physiological studies of rice. The international rice research institute The International Rice Research Institute, Los banos, Philippines.

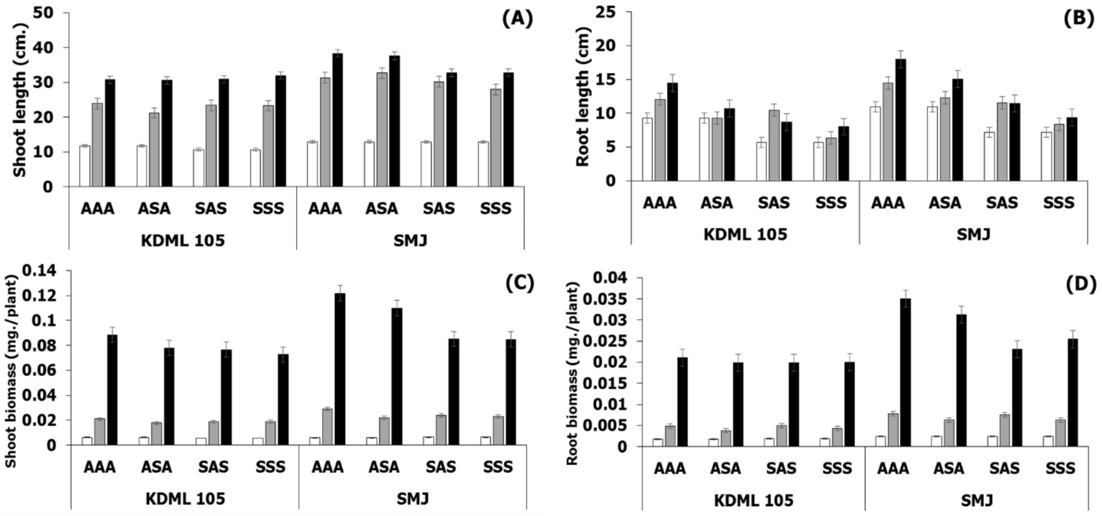


Figure 1 Shoot length (A), root length (B), shoot biomass (C), root biomass (D) of Khao Dok Ma Li 105 (KDML 105) and Sew Mae Jan (SMJ) when grown under different treatments (AAA, ASA,SAS and SSS) at 6 (□), 10 (▒) and 14 (■) day after transplanting)

ผลกระทบของสารควบคุมวัชพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว

Effects of Herbicide on Seed Germination and Growth of Rice Seedling

ปรียาภรณ์ แสงเรือน[1] พูนศรี อ่วยยื่อ[1] และ เนตรนภา อินสลุด[1]

Sangruan, P.[1], Uayyue, P[1]. and Insalud, N.[1]

Abstract

This study was conducted to evaluate the impact of 2 herbicides at glyphosate and paraquat, on germination and growth of rice seedlings. Germinating rice seeds were planted 0, 3, 5, 7 and 14 days after foliar spraying two herbicides or water (control). The rice seedlings treated with paraquat resulted in leaf chlorosis and the death symptom occurred 2-3 days after germination. All glyphosate treatments, except planting 0 day after glyphosate application, did not affect the germination and growth of rice seedlings. After glyphosate application, rice seedlings grown for 7-14 days showed the normal growth. The rice seedlings at 3 and 5 days after glyphosate application caused 50 % and 13 % reduction of plant height, respectively. Results suggested that the toxic of two herbicides were different which paraquat was more toxic to rice seedlings than glyphosate.

Keywords: herbicides, glyphosate, paraquat, rice

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ประเมินผลของการพ่นสารเคมี 2 ชนิด คือ Glyphosate และ Paraquat ต่อการงอกและการเจริญของต้นกล้าข้าวที่ปลูกหลังฉีดพ่น 0 3 5 7 และ 14 วัน และฉีดพ่นน้ำเปล่าเป็นกรรมวิธีควบคุม ผลการศึกษาพบว่า ในทุกกรรมวิธีที่ฉีดพ่น Paraquat มีผลทำให้ต้นข้าวมีอาการเหลือง และตายภายใน 2-3 วัน สำหรับการฉีดพ่น Glyphosate ในทุกกรรมวิธี ยกเว้นที่ระยะ 0 วันหลังการฉีดพ่น ข้าวสามารถงอกและเจริญเติบโตต่อไปได้ โดยเมื่อปลูกหลังการฉีดพ่น Glyphosate ที่ 7-14 วัน ข้าวเจริญเติบโตได้ปกติ ในขณะที่ระยะ 3 และ 5 วัน พิษของ Glyphosate ยังคงส่งผลต่อความสูงของต้นข้าว ทำให้ความสูงลดลงถึง 50 และ 13 % ตามลำดับ จากผลจะเห็นได้ว่าสารเคมีแต่ละชนิดมีพิษตกค้างแตกต่างกัน โดย Paraquat มีพิษต่อต้นอ่อนข้าวรุนแรงกว่า Glyphosate

คำสำคัญ: สารเคมีควบคุมวัชพืช glyphosate paraquat ข้าว

คำนำ

การผลิตข้าวให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ เกิดจากปัจจัยสำคัญหลายอย่าง เช่น การปลูกด้วยข้าวพันธุ์ดี วิธีการปลูกและดูแลรักษาที่ดี การใส่ปุ๋ยให้เหมาะสมและถูกต้องในเวลาที่ต้องการ การป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูข้าว รวมไปถึงการกำจัดวัชพืชทั้งก่อนและหลังการปลูกข้าว (สารานุกรมไทย เล่มที่ 3, ม.ป.ป.) วิธีในการกำจัดวัชพืชมีหลากหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน คือ การใช้สารเคมีในการควบคุมและกำจัดวัชพืช เนื่องจากวิธีการใช้สารเคมีนั้นสะดวก รวดเร็ว ใช้ระยะเวลาในการฉีดพ่นน้อย ให้ผลเร็ว จึงทำให้เกษตรกรในปัจจุบันใช้สารเคมีในการควบคุมกำจัดวัชพืชมากขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต ซึ่งสารควบคุมวัชพืชที่นิยมใช้ทั่วไป คือ Glyphosate และ Paraquat โดยที่ Glyphosate เป็นสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทใช้หลังงอก ไม่เลือกทำลาย และมีฤทธิ์แบบดูดซึม (นภัค, 2556) ส่วน Paraquat เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบไม่เลือกทำลายชนิดสัมผัส โดยหยุดยั้งการเติบโตของเซลล์วัชพืช ทำให้เนื้อเยื่อของเซลล์แห้งและตายลง (ดาริกา, 2556) แต่การใช้สารเคมีมีข้อเสียและข้อควรระวังในการใช้ จึงอาจมีสารพิษตกค้างและส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว อีกทั้งยังส่งผลต่อเกษตรกรและผู้บริโภครวมถึงสภาพแวดล้อม (นัฐวุฒิและคณะ, 2557) ดังนั้นการศึกษาระยะเวลาในการเว้นช่วงระหว่างการฉีดพ่นและการปลูกข้าวในการใช้สารควบคุมวัชพืชแต่ละชนิดอาจช่วยลดผลกระทบต่อต้นข้าวได้และเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการวัชพืชที่เหมาะสม

[1] **สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290**

[1] Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ 3×5 Factorial in RCBD ทวน 3 ซ้ำ ศึกษา 2 ปัจจัย คือ 1) ชนิดของสารควบคุมวัชพืช (Glyphosate Paraquat และมีน้ำเปล่าเป็นกรรมวิธีควบคุม) 2) ระยะเวลาการปลูกหลังพ่นสารกำจัดวัชพืชที่ 0 3 5 7 และ 14 วัน ดำเนินการศึกษาโดยนำเมล็ดข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน แช่น้ำนาน 12 ชั่วโมง และบ่มในสภาพอุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเมล็ดลงถาดเพาะ (104 หลุมต่อถาด) ซึ่งบรรจุดินที่ผ่านการร่อนเอาเศษหินและวัชพืชออก จากนั้นใช้ syringe ดูดสารควบคุมวัชพืช ชนิด Glyphosate 5 มิลลิลิตร/น้ำเปล่า 500 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสาร 169.07 g/mol) และชนิด Paraquat 4 มิลลิลิตร/น้ำเปล่า 500 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสาร 257.16 g/mol) ฉีดพ่นให้ทั่วทั้งถาด โดยทำการสุ่มเรียงถาดเพาะตามแผนการทดลองที่วางไว้ ดูแลรักษารดน้ำเช้าและเย็นนาน 14 วัน ประเมินเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดหลังจากย้ายลงถาดเพาะตั้งแต่ 1-5 วัน และประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าโดยทำการวัดความสูงของข้าวในวันที่ 5 7 และในวันที่ 14 หลังย้ายปลูก หลังจากนั้นถอนและล้างรากด้วยน้ำสะอาด ทำการวัดความยาวราก จำนวนราก ความสูงต้นและจำนวนใบ แล้วตัดแยกระหว่างต้นและราก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้งต้นและราก

ผลการทดลอง

การศึกษาผลกระทบของสารควบคุมวัชพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน ที่ระยะเวลาการย้ายปลูกหลังพ่นสารควบคุมวัชพืชที่ 0 3 5 7 และ 14 วัน หลังย้ายปลูก 2 วัน อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกในสภาพปกติ (control) มีอัตราการงอก 97.2-100.0 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ส่วนการพ่นสาร Glyphosate และ Paraquat พบว่าระยะเวลาการปลูกหลังฉีดพ่นสารเคมี มีผลต่อการงอกของเมล็ด โดยเมื่อปลูกข้าวทันที (0 วัน และ 3 วัน) หลังพ่นสารเคมี ทำให้ความงอกของเมล็ดข้าวลดลงเป็น 38.4 และ 11.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ที่หลังการพ่นสารเคมี 5 และ 14 วัน พบว่าการพ่นสาร Glyphosate และ Paraquat ทำให้ความงอกของเมล็ดไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวด้านความสูง พบว่า ชุดควบคุม (control) มีความสูงที่ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นสาร Paraquat เพื่อควบคุมวัชพืชก่อนการปลูกข้าวที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าเมล็ดข้าวสามารถงอกได้ แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ต้นข้าวมีอาการเหลือง และตายภายใน 2-3 วัน สำหรับการฉีดพ่น Glyphosate ในทุกกรรมวิธี ยกเว้นที่ระยะ 0 วันหลังการฉีดพ่น ข้าวสามารถงอกและเจริญเติบโตต่อไปได้ โดยการปลูกหลังการฉีดพ่น Glyphosate ที่ 7-14 วัน ข้าวเจริญเติบโตได้ปกติ ในขณะที่ระยะ 3 และ 5 วัน พิษของ Glyphosate ยังคงส่งผลต่อความสูงของต้นข้าว ทำให้ความสูงลดลงถึง 50 และ 13 % ตามลำดับ (Table 2) และกรรมวิธีที่ฉีดพ่นสาร Glyphosate ที่ระยะเวลา 0 และ 3 วัน สารเคมียังส่งผลกระทบต่อการสร้างจำนวนใบ ความยาวราก และจำนวนรากของต้นข้าว ส่วนระยะเวลาที่ 5 7 และ 14 วัน ต้นข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ปกติ

วิจารณ์ผล

การทดลองศึกษาผลกระทบของสารควบคุมวัชพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน โดยศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและรากของข้าว จากการทดลอง พบว่าชนิดของสารควบคุมวัชพืช และระยะเวลาในการปลูกข้าวหลังฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืช มีผลต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว โดยเมล็ดข้าวที่ปลูกในสภาพปกติมีความงอกตั้งแต่ 97.2-100.0 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าชนิดของสารควบคุมวัชพืชมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่แตกต่างกัน สารควบคุมวัชพืชชนิด Glyphosate และ Paraquat มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างชัดเจนแค่เพียงช่วงระยะที่ปลูกทันทีหลังฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืช เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกหลังฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืช ชนิด Paraquat สามารถงอกได้แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ต้นข้าวแสดงอาการเหลืองและยุบตายหลังจากงอกได้ 2-3 วัน แตกต่างจากการทดลองของทศพล (2554) ที่กล่าวว่า ลักษณะอาการที่พืชได้รับพิษหลังจากที่พืชได้รับสารภายใน 4-7 วัน จะมีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทันที ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกหลังฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืชชนิด Glyphosate เมล็ดสามารถงอกได้ แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้แค่เพียงระยะที่ปลูกทันทีเท่านั้น ส่วนระยะที่ 3-14 วันหลังการฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืช ต้นข้าวสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับข้อมูล ความรุนแรงหรือระดับความเป็นพิษของสาร Glyphosate และ Paraquat โดย วราภรณ์และคณะ (2556) พบว่าการใส่สาร Glyphosate ลงในดินหรือในซากหญ้าทำให้ความสูงต้นของแตงกวาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนระยะเวลาในการปลูกข้าวหลังฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืช พบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ

ของต้นข้าวที่ระยะที่ปลูกทันทีและ 3 วัน นอกจากนั้นไม่พบความแตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าวที่ปลูกหลังการฉีดพ่นเพียงน้ำเปล่า

สรุปผล

สารควบคุมวัชพืช Paraquat มีฤทธิ์รุนแรงต่อการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่า Glyphosate โดยเห็นได้ว่า Paraquat ควรเว้นระยะในการปลูกมากกว่า 14 วัน ในขณะที่ Glyphosate เว้นระยะการปลูกที่ 7 วัน ข้าวสามารถเจริญได้ปกติ และสารควบคุมวัชพืชแต่ละชนิด ช่วงระยะเวลาการปลูกข้าวหลังฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืช มีผลต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตในลักษณะต่างๆ ของต้นกล้าข้าว แต่เพื่อเพิ่มความชัดเจนให้มากขึ้น ควรทำการศึกษากับข้าวหลายสายพันธุ์ รวมทั้งสารเคมีที่ใช้ควรมีความหลากหลาย เพื่อเป็นการคัดเลือกพันธุ์ข้าว ตลอดจนสารเคมีที่มีความเหมาะสมอีกด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. จุฑามาศ อาจนาเสียว ในการตรวจทานและแก้ไข abstract และขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

จุไรรัตน์ อิมินา ฐปน ชื่นบาน และศรีกาญจนา คล้ายเรือง, 2555, การคัดแยกแบคทีเรียจากดินในพื้นที่การเกษตรที่มีประวัติการใช้สารไกลโฟเสทเพื่อทดสอบหาแบคทีเรียในดินที่สามารถย่อยสลายสารไกลโฟเสท [สืบค้น], http://researchconference.kps.ku.ac.th [16/ Jun/ 16].

ดาริกา วอทอง, 2556, Paraquat [สืบค้น], http://www.weedthailand.org [11/ Jun/ 16].

ทศพล พรพรหม. 2554. สารกำจัดวัชพืช: หลักการและกลไกการทำลาย. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นัฐวุฒิ ไผ่ผาด สมจิตต์ สุพรรณทัสน์ และธีรพัฒน์ สุทธิประภา, 2557, ผลจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์. แก่นเกษตร, 42 (3): 301-310.

นภัค ด้วงจุมพล. 2556. สารไกลโฟเสท [สืบค้น], แหล่งที่มา http://www.summacheeva.org [11/ Jun/ 16].

ภัทรารัตน์ เทียมเก่า. 2558. ความเป็นพิษของสารไกลโฟเสทและการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ [สืบค้น], www.agri.kmitl.ac.th/agritechjournal/index.php/2015-02-03-16-03-11?...176... [10/ Jun/ 16].

วรภรณ์ ฉุยฉาย นันทพร ธรรมทูล และขนิษฐา สมตระกูล, 2556, ความเป็นพิษของไกลโฟเซตที่ตกค้างในดินและซากพืชต่อการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของแตงกวา, วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 30, 25-32.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, ม.ป.ป., การปลูกข้าวเพื่อให้ได้ผลิตผลสูง, [สืบค้น], http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=3&chap=1&page=t3-1-infodetail08.html [16/ Jun/ 16].

Table 1 Percentage of seed germination of Sew Mae Jan after transplant to spraying herbicide soil at 0, 3, 5, 7 and 14 days

Treatment	Seed transplanting period at difference spraying interval (day)					F-test	$LSD_{(0.05)}$
	0	3	5	7	14		
Glyphosate (169.07 g/mol)	56.6Bb	95.0Aa	95.0Aa	98.3Aa	98.3Aa	T*	13.9
Paraquat (257.16 g/mol)	73.3Bb	85.0Ac	91.0Aa	90.0Aa	90.0Aa	T*	6.1
Control (water)	97.2Aa	100.0Aa	100.0Aa	98.3Aa	100.0Aa	ns	3.2
F-test	Trt*	ns	ns	ns	ns		
$LSD_{(0.05)}$	22	16	10	9	6		

Uppercase letter presents the difference of treatment. Lowercase presents difference of seed transplanting period.

Table 2 Maximum shoot length (cm) of 14 days rice seedling after transplant to spraying herbicide soil at 0, 3, 5, 7 and 14 days interval

Treatment	Seed transplanting period at difference spraying interval (day)					F-test	$LSD_{(0.05)}$
	0	3	5	7	14		
Glyphosate (169.07 g/mol)	0.0±0.0Bd	7.1±1.6Bc	12.4±0.4Bb	14.3±1.4Aa	14.3±1.4Aa	T*	2.5
Paraquat (257.16 g/mol)	0.0±0.0B	0.0±0.0C	0.0±0.4C	0.0±0.0B	0.0±0.0B	-	-
Control (water)	16.0±0.1Aa	16.2±0.5Aa	16.4±0.5Aa	16.0±0.5Aa	15.5±0.5Aa	ns	1.4
F-test	Trt*	Trt*	Trt*	Trt*	Trt*		
$LSD_{(0.05)}$	0.1	3.4	1.2	3.8	3.5		

Uppercase letter presents the difference of treatment. Lowercase presents difference of seed transplanting period.

ผลของการนึ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณแอนโธไซยานินในเมล็ดข้าวไรซ์เบอรี่

Parboiling Effect on Color Change and Anthocyanin Content in Rice Grain of Riceberry

หทัยรัตน์ พลชาตรี[1] วิชญ์ภาส สังพาลี[1] และ เนตรนภา อินสลุด[1]

Phonchathri, H.[1], Sungpalee, W.[1] and Insalud, N.[1]

Abstract

The study was conducted to assess the color value of rice grain (L*), the amount of anthocyanin and loss of anthocyanin scrubbing of parboiled rice and non-parboiled riceberry by using the Chromameter CR-200 and Spectrophotometer. Results showed that parboiled rice had a color value of L*=-37.8 as compared with non-parboiled rice of L*=11.3 and scrubbing caused the non-parboiled rice to lose more anthocyanin depending on time. Meanwhile in the parboiled rice, the color substance disappeared during the initial period and the value showed stability with difference from non-parboiled rice at 200%. However, this significant difference in loss occurred because the initial amounts of anthocyanin of both parboiled rice and non-parboiled rice were different (138.3 and 65.2 mg/100g, respectively), thus, it is possible that the anthocyanin of parboiled might move to the inside grain portion.

Keywords: rice, parboiling, anthocyanin, riceberry

บทคัดย่อ

ไรซ์เบอรี่เป็นข้าวสีม่วงดำ มีสารสีจำพวก anthocyanin ในชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด การนำไปผ่านกระบวนการการนึ่งน่าจะส่งเสริมการซึม anthocyanin เข้าไปในเนื้อแป้ง ซึ่งอาจช่วยลดการสูญเสีย anthocyanin ไปในการขัดล้างหรือระหว่างการหุงต้มได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงประเมินค่าสีของเมล็ดข้าวกล้อง ปริมาณ anthocyanin และการสูญเสีย anthocyanin ในกระบวนการขัดล้างของข้าวไรซ์เบอรี่นึ่งและไม่นึ่ง โดยใช้ Chromameter CR-200 และ Spectrophotometer ในการประเมิน พบว่าเมล็ดข้าวกล้องนึ่งมีสีเข้มขึ้น (L* = -37.8) เมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่ได้นึ่ง (L*=11.3) และการขัดล้างส่งผลให้ข้าวที่ไม่ได้นึ่งสูญหาย anthocyanin เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการขัดล้าง ในขณะที่ข้าวนึ่ง สารสีหลุดออกมาในช่วงแรกและมีค่าคงที่ โดยมีค่าแตกต่างจากข้าวที่ไม่นึ่ง 200 % แต่ค่าที่สูญหายที่แตกต่างกันนี้ เกิดเนื่องจากปริมาณ anthocyanin ตั้งต้นของข้าวที่ไม่นึ่งและนึ่งแตกต่างกัน โดยมีค่า 138.28 และ 65.23 ตามลำดับ จึงเป็นไปได้ว่าการนึ่งทำให้ anthocyanin เข้าไปในเนื้อแป้งได้

คำสำคัญ: ข้าว กระบวนการนึ่ง แอนโธไซยานิน ไรซ์เบอรี่

คำนำ

การขัดล้างข้าวกล้องก่อนการหุงต้มส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการที่อยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ดสูญหายไปได้ โดยเฉพาะสารสีที่พบในข้าวเฉดสี โดย Acharya (1998) รายงานสารสีต่างๆนี้ สูญหายไปได้ถึง 60 % ในการขัดล้างในขั้นตอนการหุงต้ม ในการที่จะถนอมสารพวกนี้ไว้ กระบวนการนึ่งอาจช่วยได้เพราะมีกระบวนการที่ช่วยผลักดันสารสีหรือคุณค่าทางโภชนาการในส่วนของเยื่อหุ้มไปอยู่ในชั้นแป้งหรือสามารถเกาะติดกับเยื่อหุ้มจนไม่สามารหลุดหายออกไปในกระบวนการขัดล้างได้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการศึกษาผลของการนึ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณแอนโธไซยานินในเมล็ดข้าวไรซ์เบอรี่ในกระบวนการขัดล้างของข้าวไรซ์เบอรี่ ซึ่งในกระบวนการซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาของข้าวขาวที่ใช้ในการผลิตเพื่อการค้า แต่ในการให้ความร้อนภายใต้ความดันในกระบวนการนึ่งนั้น ยังส่งผลต่อการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องขาว โดยสามารถผลักดันสารอาหารต่างๆ เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินบี 3 ที่สะสมอยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ดให้เข้าไปในเนื้อแป้งได้มากขึ้น (บุญหงษ์, 2547; Gariboldi, 1984) นอกจากนี้ในรายงานการศึกษาของ Acharya (1998) พบว่าข้าวกล้องนึ่งมี Thiamine Riboflavin Niacin และ Folic acid สูงกว่าข้าวขัดขาวทั่วไปถึง 80

[1] สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1]Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290, Thailand

47 55 และ 30 % ดังนั้นการนำข้าวเฉดสีหรือข้าวที่มีสารอาหารในเยื่อหุ้มเมล็ดสูงมาผ่านกระบวนการนึ่งน่าจะสามารถสงวนคุณค่าทางโภชนาการไว้ในส่วนของเมล็ดข้าวกล้องได้เพิ่มมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดข้าวเปลือกไรซ์เบอรี่มาผ่านกระบวนการนึ่ง (parboiled rice) ด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1.3 บาร์ นาน 9 นาที นำข้าวมากะเทาะเปลือก หลังจากนั้นนำข้าวนึ่งมาประเมินสีของเมล็ดข้าวกล้องนึ่ง จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินก่อนนำข้าวกล้องนึ่งไปขัดล้างและนำสารละลายสารสีที่หลุดออกมาจากการขัดล้างมาวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อประเมินหาค่าการสูญหายของสารสีที่หลุดออกจากเมล็ดข้าวกล้องนึ่ง โดยเปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวกับข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ปกติหรือที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่ง

การวัดสีเมล็ดข้าวกล้อง

ทำการวัดสีเมล็ดข้าวกล้องไรซ์เบอรี่นึ่งและไม่นึ่ง ด้วยเครื่อง Chromameter CR-200 โดยค่าที่ได้มี 3 ค่า คือ L* a* b* โดย ค่า L* ที่มีค่าเป็นบวก หมายถึงตัวอย่างมีค่าความสว่างมากหรือสีขาว ค่า L* ที่เป็นลบหมายถึงตัวอย่างมีความสว่างน้อยหรือมีสีดำ ค่า a* ที่เป็นบวกและลบ หมายถึงตัวอย่างมีสีแดง และสีเขียว ตามลำดับ ค่า b* ที่เป็นบวกและลบ หมายถึงตัวอย่างมีสีน้ำเงิน และเหลือง ตามลำดับ (สุนทรี, 2550) ทำการประเมินตัวอย่าง 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินในเมล็ดข้าวกล้อง

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินด้วยวิธี pH different (Abdel-Aal and Hucl, 1999) โดยนำข้าวกล้องไรซ์เบอรี่นึ่งและไม่นึ่ง 2.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำปราศจากไอออน 10 มิลลิลิตร นำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำการเขย่าทุก ๆ 5 นาที จากนั้นกรองสารสกัดที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วเจือจางสารสกัดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ (0.025 M, pH 1.0) และโซเดียมอะซิเตรต (0.4 M, pH 4.5) นำสารละลายไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Biochrom Libra S22, England) และคำนวณค่าปริมาณแอนโธไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมข้าวกล้อง)

การประเมินการสูญหายของสารสีที่หลุดออกมาจากเมล็ดข้าวกล้องในกระบวนการขัดล้าง

นำเมล็ดข้าวไรซ์เบอรี่นึ่งและไม่นึ่ง 5 กรัม ใส่ในขวดขนาด 125 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแบบวงจร ยี่ห้อ GFL รุ่น 3015 นาน 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 และ 30 นาที ที่แรงหมุน 250 ครั้ง/นาที จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วนำสารละลายสารสีไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและประเมินการสูญหายของสารสีที่หลุดออกมาจากเมล็ดข้าวกล้องในกระบวนการขัดล้าง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการประเมินสีของเมล็ดข้าวกล้องข้าวไรซ์เบอรี่ไปผ่านกระบวนการนึ่งและไม่นึ่ง พบว่าเมล็ดข้าวกล้องนึ่งและไม่นึ่งได้มีสีเข้มขึ้น โดยเมล็ดข้าวกล้องนึ่งมีค่า L* = -37.8 เมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่ได้นึ่งที่มีค่า L*=11.3 ทั้งนี้อาจเนื่องในระหว่างที่เมล็ดข้าวเปลือกได้รับความร้อนและแรงดันในกระบวนการนึ่งส่งผลเกิดการขยายตัวของขนาดเมล็ดและเนื้อแป้งภายในเมล็ดข้าวเป็นเจลใส สารสีหรือสารอาหารต่างๆ ที่อยู่ในชั้นเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวจึงมีการแทรกซึมเข้าไปภายในได้ เมื่อข้าวเปลือกเย็นและหดตัวลง ทำให้สารสีที่แทรกซึมเข้าไปในเนื้อแป้ง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553) หรือที่ยังอยู่ในชั้นเยื่อหุ้มเมล็ดนั้นเกิดการรวมตัวอย่างแน่นหนามากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าการวัดสีของเมล็ดข้าวกล้องมีสีที่เข้มขึ้น (Table 1) เมื่อนำเมล็ดข้าวกล้องไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินของข้าวกล้องไรซ์เบอรี่นึ่งและไม่นึ่ง พบว่า ข้าวกล้องที่ไม่นึ่งมีปริมาณแอนโธไซยานินเท่ากับ 138.3 mg/100g ในขณะที่ปริมาณแอนโธไซยานินของข้าวกล้องนึ่งมีค่าเท่ากับ 65.2 mg/100 g เห็นได้ว่าข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการนึ่งมีสารสีที่สกัดออกมามากกว่า ข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่ง ซึ่งสอดคล้องการขัดล้างและการวิเคราะห์สารที่หลุดออกมาจากการขัดล้าง เมื่อนำข้าวไรซ์เบอรี่นึ่งและไม่นึ่งมาผ่านกระบวนการขัดล้าง สารสีจากเมล็ดข้าวกล้องค่อย ๆ หลุดออกมาทำให้สีของน้ำกลั่นเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อนไปจนถึงสีม่วงเข้มและมีความเข้มสีที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการขัดล้าง แต่เมื่อเวลาผ่านไป 4 นาที สารสีของข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการนึ่งเริ่มมีความเข้มสีคงตัวและไม่มีความแตกต่างกันจนถึงระยะเวลา 30 นาที ในขณะที่ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการนึ่งมีความเข้มสีของน้ำขัดล้างเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามเวลา เมื่อระยะเวลาผ่านไป 30 นาที จะเห็นได้ว่าสารละลายสารสีของข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการนึ่งมีค่า

การดูดกลืนแสงสูงกว่าสารละลายสารสีของงข้าวกล้องนึ่งถึงเท่าตัว ทำให้เห็นได้ว่า การสูญหายของสารสีจากเมล็ดข้าวกล้องนึ่งและไม่นึ่งนั้นมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตั้งแต่การขัดล้างที่ระยะเวลา 4 นาที

สรุปผล

การที่สารสีที่หลุดออกมาจากข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่งครึ่งหนึ่งถูกเก็บไว้ภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดข้าวมีสีที่เข้มขึ้นและการนึ่งยังช่วยเคลื่อนย้ายสารอาหารเข้าสู่เนื้อเยื่อสะสมอาหารนี้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการรักษาสารอาหารภายในเมล็ด เมื่อนำข้าวเปลือกของข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ไปผ่านกระบวนการนึ่ง แล้วนำไปกะเทาะเปลือกเป็นข้าวกล้องพบว่า เมล็ดข้าวกล้องนึ่งและไม่นึ่งได้มีสีเข้มขึ้น เมื่อนำเมล็ดข้าวกล้องไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินเมล็ดข้าวกล้องที่ไม่นึ่งมีค่าดูดกลืนคลื่นแสงที่มากกว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่ง แต่เมื่อวัดการสูญหาย เมื่อวัดค่าดูดกลืนคลื่นแสงเนื่องจากการละลายของสารแอนโธไซยานินออกมาของน้ำที่ขัดล้างของข้าวกล้อง พบว่าข้าวกล้องไม่นึ่ง มีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่มากขึ้นซึ่งหมายถึงการหลุดออกมาของแอนโธไซยานินอย่างต่อเนื่องในขณะที่ข้าวกล้องนึ่งมีการสูญหายใน 4 นาทีแรกและมีค่าคงที่ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 200%

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์และคัดแยกกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการสมุนไพรที่ให้ความอนุเคราะห์ Spectrophotometer เพื่อใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสีในสารละลาย และขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.จุฑามาศ อาจนาเสียว ที่ให้ความกรุณาตรวจทานและแก้ไขการเขียนผลงานนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญหงษ์ จงคิด, 2547, ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนปนนท์, 2553, ข้าวนึ่ง [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1079/parboiledrice-%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%B6%E0%B9%88%E0%B8%87#comment-3176991415

สุนทรี สมแสง, 2550, การเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ (พันธุ์กวางเจา) ที่ถนอมด้วยความสูงยิ่งและความร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยชียงใหม่, เชียงใหม่.

Abdel-Aal, E.S.M., and Hucl. P., 1999, A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats, Cereal Chemistry, 76(3): 350-354.

Acharya, K.T.,1988, Food Nutrition and Dietetics, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi.

Chaudhary, R.C., 2003, Speciality rices of the world: Effect of WTO and IPR on its production trend and marketing, Journal of Food, Agriculture and Environment. 1(2): 34–41.

Gariboldi, F., 1984, Rice parboiling. FAO Agric. Serv. Bull. 56. FAO: Rome. 73 p.

Lee, Y.R., Woo, K.S., Kim, K.J., Son, J.R., Jeong, H.S., 2007, Antioxidant Activities of Ethanol Extracts from Germinated Specialty Rough Rice, Food Science and Biotechnology, 16: 765–770.

Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y. and Bao, Y., 2009, Total Phenolics, Flavonoids, Antioxidant Capacity in Rice Grain and Their Relations to Grain Color, Size and Weight, Cereal Science, 49: 106–111.

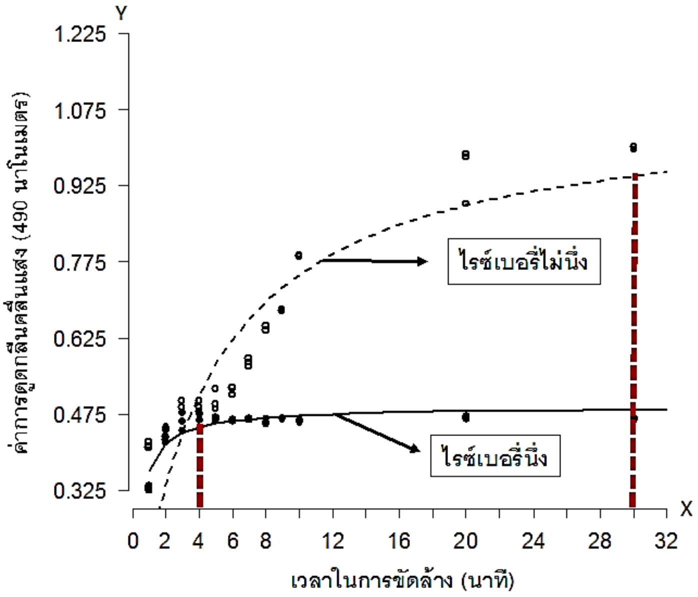


Figure 1 Absorbance value at 490 nm wavelength of soluble pigment in washing solution of parboiled and non-parboiled brown rice of Riceberry at the 1-30 min. period of washing.

Table 1 Color determination of parboiled and non-parboiled rice grain

Parameter of color value	sample	Range of color value		
		Min.	Max.	Mean
L*	parboiled	- 40.8	- 35.9	-37.8
	non-parboiled	12.5	12.9	12.6
a*	parboiled	2.1	3.9	2.4
	non-parboiled	- 13.6	- 11.0	- 11.9
b*	parboiled	- 20.2	- 17.7	- 18.6
	non-parboiled	3.3	4.0	3.5

L*= Lightness, a*= Red, b*= Yellow

พฤติกรรมการสูญเสียน้ำของบวบหอมและบวบเหลี่ยมภายหลังการเก็บรักษา

Characters of Sponge Gourd (*Luffa cylindrica* Roem.) and Angled Gourd (*Luffa acutangula* Roxb.) on Weight Loss after Storage

พิชญา ชื่นชม[1] สมโภชน์ น้อยจินดา[1] และ กิตติ โพธิปัทมะ[1]

Chuencom, P.[1], Noichinda, S.[1] and Bodhipadma, K.[1]

Abstract

The aim of this research was to study the differences in physiological and anatomical characters between sponge gourd (*Luffa cylindrica* Roem.) and angled gourd (*Luffa acutangula* Roxb.) fruits by investigating initial water content, cuticle, epicuticular wax, fruit surface area, stomata and weight loss. Both types of gourd fruits were stored at 25±2^{O}C; RH 56% and 5±2^{O}C; RH 84.5% to examine weight loss. The study revealed that both types of gourd fruits had high amount of initial water around 95%. Angled gourd had twice higher cuticle than sponge gourd while the amount of epicuticular wax was almost the same. Sponge gourd contained higher fruit surface area and number of stomata than those of angled gourd fruit which enhanced more water loss. In addition, weight loss of two gourd fruits at ambient room was greater than low temperature condition storage.

Keywords: sponge gourd, angled gourd, cuticle, epicuticular wax

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะที่ต่างกันทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ของผลบวบหอม (*Luffa cylindrica* Roem.) และบวบเหลี่ยม (*L. acutangula* Roxb.) โดยศึกษาปริมาณน้ำเริ่มต้น ผิวเคลือบคิวทิน ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน พื้นที่ผิวของผล จำนวนปากใบ และการสูญเสียน้ำหนัก ของผลบวบทั้งสองชนิดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 56% และที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84.5% เพื่อหาการสูญเสียน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่าผลบวบทั้งสองชนิดมีปริมาณน้ำเริ่มต้นสูงประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ผิวของผลบวบเหลี่ยมมีปริมาณคิวทินมากกว่าบวบหอมถึงสองเท่า ในขณะที่ปริมาณไขที่อยู่ชั้นนอกของผิวเปลือกมีค่าใกล้เคียงกัน บวบหอมมีพื้นที่ผิวของผลและจำนวนปากใบมากกว่าบวบเหลี่ยมทำให้สูญเสียน้ำได้มากกว่า นอกจากนี้ผลบวบทั้งสองชนิดมีการสูญเสียน้ำหนักที่อุณหภูมิห้องมากกว่าอุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษา

คำสำคัญ: บวบหอม บวบเหลี่ยม ผิวเคลือบคิวทิน ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน

คำนำ

บวบเป็นพืชตระกูลแตง (Cucurbitaceae) โดยบวบหอม (*Luffa cylindrica* Roem.) มีผลเป็นรูปทรงกระบอก มีผิวเรียบ ส่วนบวบเหลี่ยม (*Luffa acutangula* Roxb.) มีผลทรงกระบอก มีเหลี่ยมเป็นสันขอบเป็นแฉกรูปดาว (Kalloo, 1993) บวบทั้งสองชนิดเป็นผักประเภทผลที่นิยมนำมารับประทานขณะผลอ่อน ในผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวพบปัญหาที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำ เช่น ลักษณะของผลิตผล พื้นที่ผิว สารเคลือบผิวตามธรรมชาติ และลักษณะทางสัณฐานของผิวเปลือก (ดนัย, 2556) ทำให้บวบเกิดการเสื่อมสภาพ และเกิดการเหี่ยวเนื่องจากสูญเสียน้ำ แต่มีงานวิจัยด้านการเก็บรักษาบวบอย่างมีประสิทธิภาพทำได้โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อชะลอการหายใจอันเป็นต้นเหตุของการคายน้ำ (Han et al., 2014) จากข้อมูลที่ผ่านมายังต้องการการศึกษาลักษณะโครงสร้าง (เนื้อเยื่อและช่องเปิดธรรมชาติ) ต่อพื้นที่ผิวและความสัมพันธ์ของการคายน้ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาความสัมพันธ์ของโครงสร้างพื้นฐานทางสัณฐานของบวบหอมและบวบเหลี่ยมและผลของการใช้อุณหภูมิต่ำต่อการสูญเสียน้ำเพื่อเป็นเป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการปรับปรุงระบบการเก็บรักษาผลบวบหอมและบวบเหลี่ยมได้ต่อไปในอนาคต

[1] สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, บางซื่อ, กรุงเทพฯ 10800

[1]Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลบวบหอมความยาวประมาณ 16-20 เซนติเมตร และบวบเหลี่ยมความยาวประมาณ 30-40 เซนติเมตร ที่ซื้อจากตลาดสดเทเวศร์ มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP ขนาด16X24 นิ้ว เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวน 7 รู แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 56% และที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84.5% เป็นระยะเวลา 7 วัน ศึกษาปริมาณน้ำภายในผลตามวิธีของ Banaras et al. (1994) โดยชั่งน้ำหนักผลบวบสด จากนั้น แยกส่วนเปลือกและเนื้อ หั่นเป็นชิ้น ๆ อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 5 วัน แล้วชั่งน้ำหนักหลังอบ ส่วนปริมาณสารเคลือบผิวทั้งหมดด้วยวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Matas et al. (2004) โดยปอกเปลือกและตัดให้มีขนาด 10 ตารางเซนติเมตร ชั่งน้ำหนักแล้วนำมาสกัดหาโดยแช่ในเพคติเนส 2% 5 มิลลิลิตร กับเซลลูเลส 0.2% 5 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จากนั้นกรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศและชั่งน้ำหนักหลังกรอง สำหรับการหาปริมาณไขด้วยวิธีดัดแปลงจาก Banaras et al. (1994) โดยปอกเปลือกและตัดให้มีขนาด 100 ตารางเซนติเมตร แช่ในคลอโรฟอร์ม 50 มิลลิลิตร เป็นเวลา 15 ชั่วโมง จากนั้นนำสารที่สกัดได้ไประเหยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง evaporator ให้เหลือแต่ปริมาณไข แล้วชั่งน้ำหนักหาปริมาณไขที่ได้ ส่วนการหาพื้นที่ผิว เปลือกที่ปลอกจากผลมาวางบนกระดาษกราฟแล้ววาดเส้นตามรอยเปลือกจากนั้นนับจำนวนตามช่องและคำนวณเป็นพื้นที่ (ตารางเซนติเมตร) สำหรับจำนวนปากใบ ศึกษาโดยลอกบริเวณด้านล่างใบให้บางนำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้วนับจำนวนปากใบ ส่วนความแน่นเนื้อวัดด้วยเครื่อง penetrometer ใช้ probe ขนาด 8 มิลลิเมตร โดยปอกเปลือกออกเล็กน้อยให้เห็นบริเวณเนื้อสีขาว แล้วเจาะวัดความแน่นเนื้อของผลบวบทั้ง 2 ชนิด ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น (วันที่ 0) และคำนวณหาการสูญเสียน้ำหนักตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา}} \times 100$$

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณคิวทิน (cuticle) พบว่าในผลบวบหอมและบวบเหลี่ยมมีปริมาณผิวคิวทินเท่ากับ 63.36 และ 135.1 มก/ซม^2 ตามลำดับ (Table 1) ส่วนปริมาณไข (epicuticular wax) ในผลบวบหอมและบวบเหลี่ยมมีปริมาณไขที่ผิวเปลือกเท่ากับ 0.50 และ 0.52 มก/ซม^2 ตามลำดับ (Table 1)

จากการศึกษาจำนวนปากใบพบว่าผลบวบหอมและบวบเหลี่ยมมีจำนวนปากใบเท่ากับ 159 และ 103 ต่อซม^2 ตามลำดับ (Table 1) ส่วนพื้นที่ผิวพบว่าในผลบวบหอมและบวบเหลี่ยมมีพื้นที่ผิวเท่ากับ 221.73 และ 416.79 ซม^2 ตามลำดับ (Table 1) การสูญเสียน้ำหนักของผลบวบทั้งสองชนิดที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 56% ระยะเวลา 7 วัน พบว่าในผลบวบหอมและบวบเหลี่ยมสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 15.15 และ 24.63 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84.5% ระยะเวลา 7 วัน พบว่าผลบวบหอมและบวบเหลี่ยมสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 13.68 และ 11.24 ตามลำดับ (Figure 1) ในขณะที่ความแน่นเนื้อของผลบวบทั้ง 2 ชนิด มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (Figure 2)

Table 1 Initial water content, cuticle, epicuticular wax, fruit surface area and number of stomata from sponge gourd and angled gourd after storage

Cultivar	Cuticle (mg/cm^2)	Epicuticular wax (mg/cm^2)	Fruit surface area (cm^2)	Number of stomata per mm^2
Sponge gourd	63.36±1.74	0.50±0.08	221.73±0.16	159±1.54
Angled gourd	135.1±1.61	0.52±0.15	416.79±0.12	103±1.61

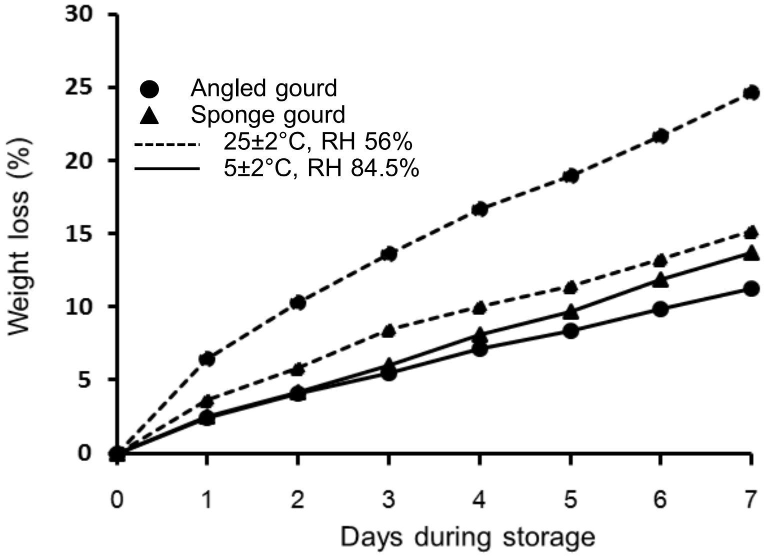


Figure 1 Percentage of weight loss from sponge gourd and angled gourd at different temperature and RH during storage

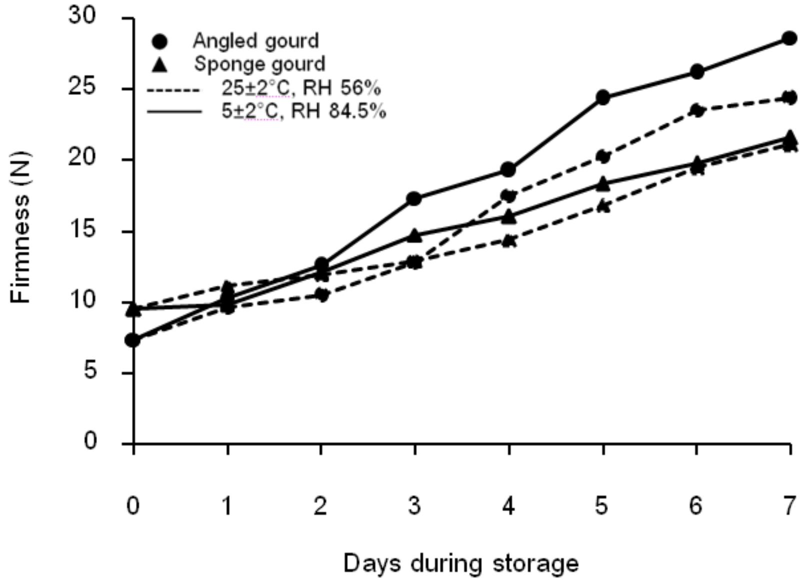


Figure 2 Firmness of sponge gourd and angled gourd at different temperature and RH during storage

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองปริมาณคิวทินบริเวณผิวเปลือกของพืชมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยทำหน้าที่ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของพืช (Koch et al., 2009) ปริมาณของสารเคลือบทั้งหมดพบว่าในผลบวบเหลี่ยมมีปริมาณมากกว่าบวบหอม แต่ปริมาณไขในบวบทั้งสองชนิดมีปริมาณใกล้เคียงกัน และผลบวบเหลี่ยมมีพื้นที่ผิวที่มากกว่าบวบหอมถึง 2 เท่า การที่คิวทินของผลบวบเหลี่ยมมีปริมาณมากกว่าบวบหอมอาจเนื่องจากลักษณะเปลือกของบวบเหลี่ยมที่หนาและแข็งกว่า ซึ่งความแตกต่างนี้เกิดจากลักษณะพันธุกรรมที่ต่างกันสอดคล้องกับงานวิจัยของพัฒน์ และคณะ (2558) ที่ศึกษาความแตกต่างทางสัณฐานของคะน้าก้านใหญ่ และคะน้าก้านเล็ก โดยถึงแม้จะเป็นสายพันธุ์เดียวกันยังมีความแตกต่างกัน และที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส บวบหอมและบวบเหลี่ยมมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเปิดปิดชองปากใบอันเนื่องมาจากระดับการหายใจของผลไม้ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 25±2 องศาเซลเซียสจะสูงกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Shirazi and Cameron, 1993) โดยสภาพอุณหภูมิต่ำจะ

มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าสามารถช่วยชะลอการคายน้ำของพืชได้ และที่สภาพอุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสจะทำให้ปากใบปิด (วัฒนา, 2558) ส่วนความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้นของผลบวบทั้ง 2 ชนิดระหว่างการเก็บรักษาเกิดขึ้นเนื่องจากการเสื่อมสภาพอันเป็นผลมาจากการเกิด lignification สะสมในเนื้อเยื่อ (Cai et al., 2006)

สรุปผล

ลักษณะทางสรีระและกายวิภาคของพืชเป็นปัจจัยภายในผลิตผลที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำของพืชต่างกันเช่น คิวทิน ไข พื้นที่ผิวของผล จำนวนปากใบ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำของพืชที่แตกต่างกันด้วย

เอกสารอ้างอิง

ดนัย บุณยเกียรติ. 2556. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลพืชสวน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์โอ. เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

พัฒน์ สุขมี สมโภชน์ น้อยจินดา และ กิตติ โพธิปัทมะ. 2558. ลักษณะทางสรีรวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ของคะน้าจีนต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46(3)(พิเศษ): 761–764.

วัฒนา อัจฉริยะโพธา, 2008, ชีววิทยาพื้นฐาน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

Banaras, M., Lownda, N.K. and Bosland, P.W., 1994, Relationship of Physical Properties to Postharvest Water Loss in Pepper Fruits (*Capsicum annuum* L.), Pakistan Journal of Botany, 26(2): 321–326.

Cai, C., Xu, C.J., Li, X., Ferguson, I. and Chen, K.S., 2006, Accumulation of Lignin in Relation to Change in Activities of Lignification Enzymes in Loquat Fruit Flesh after Harvest, Postharvest Biology and Technology, 40: 163–169.

Han, C., Zuo, J., Wang, Q., Xu, L., Zhai, B., Wang, Z., Dong, H. and Gao, L., 2014, Effects of Chitosan Coating on Postharvest Quality and Shelf Life of Sponge Gourd (*Luffa cylindrica*) during Storage, Scientia Horticulturae, 166: 1–8.

Kalloo, G., 1993, Loofah: *Luffa* spp. In: Kalloo, G. and Bergh, B.O. (Ed.), Genetic Improvement Vegetable Crops, Pergamon Press, Oxford, U.K., 265–266 pp.

Koch, K., Bhushan, B., Ensikas, H.J. and Barthlott, W., 2009, Self-healing of Voids in the Wax Coating on Plant Surfaces, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 367: 1673–1688.

Matas, A.J., Cuartero, J. and Heredia, A., 2004, Phase Transitions in the Biopolyester Cutin Isolated from Tomato Fruit Cuticles, Thermochimica Acta, 409: 165–168.

Shirazi, A. and Cameron, A.C., 1993, Measuring Transpiration Rates of Tomato and Other Detached Fruit, HortScience, 28(10): 1035–1038.

ดัชนีชื่อผู้แต่ง

ก

กชพร คุ้มวงษา, 69
กณิษฐา รงคะอำพันธุ์, 397, 613
กนก รัตนะกนกชัย, 125
กมลฉัตร พูลเพิ่ม, 377
กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์, 469, 605
กมลวรรณ เที่ยงตรง, 1, 5
กมลวรรณ สุขสวัสดิ์, 77
กรรธิมา เนื่องละออ, 277
กรวิชญ์ พูลผล, 641
กฤชญา ปัญญา, 85
กฤตยา พยุหเมธากุล, 405
กฤติกา ตันประเสริฐ, 477
กฤษฎา เม้ยชม, 329
กฤษณะ ชินสาร, 449, 473
กฤษณา บุญศิริ, 353
กษมา ชารีโคตร, 137
กัลยรัตน์ พลพรมราช, 413
กัลยา ศรีพงษ์, 341
กัลยาณี สุวิทวัส, 357, 661
กาญจนา เหลืองสุวาลัย, 57
กานดา ล้อแก้วมณี, 173
การิตา จงเจือกลาง, 657, 701
กิ่งกานท์ พานิชนอก, 505
กิตติ โพธิปัทมะ, 621
กิตติคุณ มุขดวาภัย, 440
กิตติพจน์ เพิ่มพูล, 365
กิติพงศ์ อัศตรกุล, 309
กีระติ ธรรมพันธ์, 45
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 105, 501, 561
กุศล เอี่ยมทรัพย์, 678
กุหลาบ สิทธิสวนจิก, 73
เกรียงไกร พัทยากร, 265
เกศศิริ เหล่าวชิระสุวรรณ, 609
เกศศิรินทร์ แสงมณี, 649
เก้ากันยา สุดประเสริฐ, 65

ข

ขวัญชนก กลิ่นกลั่น, 13, 17

ค

คงเอก ศิริงาม, 649, 653
ครรชิต จุดประสงค์, 181

จ

จักรกฤษ เตชะอภัยคุณ, 125
จันทร์จิรา สักแสง, 549
จันสุดา คำภา, 557
จาตุรงค์ จงจีน, 157
จารุตา จิตรอิ่ม, 153
จินตนา ต๊ะย่วน, 97
จิรนาถ บุญคง, 281
จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์, 673
จิรัชฌา ศุภชูชัย, 521
จิราวรรณ คงวิชัย, 337
จีรานุช สมุทรล้อม, 170
จีราภรณ์ อินทสาร, 85, 409
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 41, 425, 445, 457, 485, 517
จุฑามาศ อาจนาเสียว, 593
จุฑาลักษณ์ สุวรรณโชติ, 101
จุติณัฏฐ์ ธนกิจวนิชกุล, 678
จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์, 233
เจนจิรา ชุมภูคำ, 129, 153, 357

ฉ

ฉัตรภา หัตถโกศล, 385, 549
เฉลิมชัย วงษ์อารี, 389

ช

ชญานิศ คล่องแคล่ว, 501
ชญานี วงศ์แหลมทอง, 141
ชนะ ปรีชามานิตกุล, 637
ชนันดา ศรีบุญไทย, 149
ชลธิชา เสนาพันธ์, 365, 553
ชลธิรา แสงศิริ, 252
ชลิดา ชลไมตรี, 429, 457, 517
ชัชส์ พงกะคันธ์, 377
ชัยวัฒน์ อาบสุวรรณ, 653
ชิต อินปรา, 345, 373
ชินกฤต ศรีนวล, 645
ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์, 393
ชื่นจิต แก้วกัญญา, 177
ชื่นจิต จันทจรูญพงษ์, 97
ชุติภา พิเศษธนกิจกุล, 577

ชุลีพร ชำนาญค้า, 597

ฌ

เฌอมาลย์ เฌอมาลย์, 305, 440

ญ

ญาณาทิป เงาภู่ทอง, 49

ณ

ณรงค์ สิงห์บุระอุดม, 249
ณรงค์ศักดิ์ สละชีพ, 589
ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 1, 5, 13, 17, 25, 29, 45, 89, 93, ,133, 221, 225, 229, 417, 521, 529 681, 685, 689, 693,
ณัฐกุล ถิ่นหัวเตย, 241
ณัฐธิดา จักรี, 529
ณัฐวุฒิ จั่นทอง, 121
ณัฐวุฒิ ชมโลก, 525
ณัฐสุดา สุมณศิริ, 585
ณัติฐพล ไข่แสงศรี, 133, 221

ด

ดวงใจ มาลัย, 697
ดวงหทัย ใจเสาร์, 293
ดำรงชัย สิทธิสำอางค์, 557

ต

ไตรวิทย์ รัตนโรจน์พงศ์, 141, 185

ถ

ถกล วิทยาธนรัตนา, 21

ท

ทรงศักดิ์ ปกรณ์กิจพานิช, 529
ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 261
ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล, 193
ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา, 145
ทศพร บ่อบัวทอง, 705
ทัศนีย์, 289
ทัศไนย วัฒนชัยยงค์, 357
ทาริกาล เลาไธสง, 581
ทิพย์พิมล มนต์ทิพย์, 605
ทิวาพร ผดุง, 317, 657, 701

ธ

ธงชัย พุฒทองศิริ, 433
ธนพร ขจรผล, 252
ธนพล มงคล, 353
ธนวรรณ เพ็งชัย, 201
ธนัชพร ธานี, 65
ธนัญญา หมาดหมัน, 349, 573
ธนากร พูลทวี, 368
ธัชพล จุ้งเจริญ, 525
ธัญญ์นลิน วิญญูประสิทธิ์, 385
ธัญญรัตน์ ธัญญรัตน์, 685, 689
ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์, 53
ธัญมาศ ธัญมาศ, 269
ธัญลักษณ์ เกิดบุญ, 125
ธันชนก ใหมทอง, 389
ธันยาภรณ์ พงษ์คุณากร, 401
ธานินทร์ คงศิลา, 601
ธิติมา วงษ์ชีรี, 189
ธีร์ หะวานนท์, 34,9573, 661
ธีรกานต์ ค้ำชู, 549
ธีรพงศ์ ใจเมธา, 481

น

นงนุช สังข์อยุทธ์, 325
นงลักษณ์ ชาภูคำ, 252
นงลักษณ์ เทียนเสรี, 453
นภสร เชี่ยวชูกุล, 197
นภัสสร เพียสุระ, 225
นภาภรณ์ แซ่ลี้, 133
นราศักดิ์ บุญมี, 653, 649
นรุณ วรามิตร, 453
นฤชล ตันธราพรฤกษ์, 261
นฤมล พุทธเกษม, 581
นลิตา วรรณทอง, 109
นวพร ลาภส่งผล, 293
นันท์ชนก นันทะไชย, 565
นันท์นภัส ขำโต, 425
นันทิดา บุญเสงี่ยม, 293
นิตยา ไชยเนตร, 170
นิพร เดชสุข, 245, 569
นิภาพร, 589
นิศานันท์ ตามกาล, 681, 693
นิสานารถ กระแสร์ชล, 377, 577
เนตรนภา อินสลุด, 85, 593, 705, 709, 713

เนาวพันธ์ หนูจุ้ย, 585

บ
บุศราวรรณ ไชยะ, 633
เบญจพร ปึงเจริญ, 549
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 269, 585

ป
ปทุมมาลย์ นาคสมพันธ์, 661
ปทุมรัตน์ อมรศิลป์, 697
ปนิดา บรรจงสินศิริ, 585
ประชาชาติ นพเสนีย์, 252
ประเดิม วณิชชนานันท์, 197
ประนอม ยังคำมั่น, 345, 373
ประพฤติ พรหมสมบูรณ์, 617
ประมง เบกไธสง, 109
ปรัชวนี พิบำรุง, 117
ปราณี บัวชุม, 73
ปราณี อ่านเปรื่อง, 397, 613
ปราโมทย์ พรสุริยา, 381, 617
ปริยานุช จุลกะ, 329, 333, 337, 545
ปรียาภรณ์ กุลจีน, 501
ปรียาภรณ์ แสงเรือน, 705, 709
ปองพล บุญถนอม, 525
ปัญจพร เลิศรัตน์, 657
ปัฐวิภา สงกุมาร, 249
ปัทมา ทองช้อน, 409
ปัทมาภรณ์ พวกพระลับ, 137
ปารภัทร โศภารักษ์, 141, 185
ปาริยา ณ นคร, 605
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์, 49, 565
ปิยธิดา สุดเสนาะ, 37, 625
ปิยนุสร์ น้อยด้วง, 237
ปิยพร เอามงคลสกุล, 433
ปิยวุฒิ เอกพิพัฒน์เวชกุล, 245
ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 53
ปิยะฉัตร ฉัตร มะอาจเลิศ, 393

ผ
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, 189, 341, 405, 437, 477, 521
ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 289

พ
พงศธร ลิ้สธนกุล, 57
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, 389, 405, 445, 457, 477, 517, 521
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์, 301, 533
พรทิพย์ ศรีมงคล, 177
พรพจน์ สุวรรณากรรัตน์, 181
พรพรรณ ดีระพัฒน์, 385
พรพรรณ วรรณรัตน์, 105
พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง, 365, 488, 553
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, 21, 113, 245, 569
พรรณิภา ยั่วยล, 241
พรศิริ เลี้ยงสกุล, 361
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล, 385, 549
พริมา พิริยางกูร, 41, 425, 445, 485
พหล ศักดิ์คะทัศน์, 121
พัชทรา มณีสินธุ์, 569
พัชราวดี เลิศปัญญาพล, 697
พัชราวรรณ รัตนเวฬุ, 170
พัชรินทร์ ตัญญะ, 361
พัชรีภรณ์ บัวหนอง, 285
พัชรียา บุญกอแก้ว, 197
พัตราพร จอมเมืองบุตร,81, 669
พัทธมน ดวงตา, 637
พิจิตรา แก้วสอน, 129, 329, 333, 337, 545
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล, 77
พิชญา ชื่นชม, 621
พิชญา โชคบัณฑิต, 485
พิชัย ทองดีเลิศ, 257
พิทยา ใจคำ, 33, 37, 493, 625
พิมพ์นิภา เพ็งช่าง, 357, 661
พิสุทธิ หนักแน่น, 461
พีรยุทธ สิริฐนกร, 357
พุทธพร วิวาจารย์, 252
พูนพิภพ เกษมทรัพย์, 197
พูนศรี อ่วยยื่อ, 709
พูนสินธุ์ นามวุฒิ, 597
เพชรพิกุล วางมูล, 117
เพ็ญแข รุ่งเรือง, 57
เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง, 69

ฟ
เฟื่องฟ้า อุตรารัชต์กิจ, 549
แฟรงก์ บี. มาทา, 1, 5, 89, 93, 225, 229, 685, 689, 693,

ภ
ภัชรี สิทธิกิจโยธิน, 533
ภัทรา ผาสอน, 125
ภัทรา มาตรง, 49
ภัสจนันท์ หิรัญ, 229
ภัสสร พงษ์เสวี, 325
ภาณุมาศ โคตรพงศ์, 149, 317, 657, 701
ภาวิณี ถาวรนิตยกุล, 477
ภาสันต์ ศารทูลทัต, 349, 573, 661
ภุมรินทร์ ขันสัมฤทธิ์, 637
ภูรินทร์ อัครกุลธร, 537

ม
มณฑิรา นพรัตน์, 245, 569
มัชฌิมา นราดิศร, 9, 61
มัณฑนา บัวหนอง, 389
มัลลิกา ปัสสาโก, 185
เมวิกา รัตนะ, 633

ย
ยลดา ตานิล, 245
ยศพงศ์ ปลัดสิงห์, 697
ยาตรา จำปาเฟื่อง, 509
ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา, 368
ยุทธนา สมบัตินันท์, 257
ยุพาภรณ์ จิโรภาสภาณุวงศ์, 277
ยุพารัตน์ โพธิเศษ, 645
ยุพิน บุญภา, 237
ยุวดี อินจันทร์, 505
เยาวพา จิระเกียรติกุล, 149
เยาวภา บุญเอก, 189
เยาวภา ไหวพริบ, 509

ร
รัชฎาภรณ์ คะประสบ, 221
รัชนี ไสยประจง, 297, 301
รัฐพล ฉัตรบรรยงค์, 129
รัตติกาล เสนน้อย, 589
รัตติยา แววนุกูล, 125
รัตนชัย ไพรินทร์, 65
รัตนา อัตตปัญโญ, 417
รัตนา อินทรานุปกรณ์, 141, 185
รัตนากร กฤษณชาญดี, 161, 321, 541
รัตนาวดี คูคำ, 365
ริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต, 573
เรวดี มีสัตย์, 637

ฤ
ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง, 133, 221, 225, 229

ล
ลาวัลย์ ชตานนท์, 269
เลขา สไลเพชร, 193
เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์, 641

ว
วนาลี บุญมี, 453
วรรณทิชา เศวตบวร, 265
วรากร โสภา, 569
วรินธร จริยกิจโกศล, 89, 93
วริศ พนาสุวรรณรัตน์, 525
วศินา ทาเขียว, 181
วัฒนา มาทาเม, 481
วัฒนา อัจฉริยะโพธา, 605, 621
วันทนีย์ น้อยจินดา, 397, 613
วาริช ศรีละออง, 405
วาสนา วิรุญรัตน์, 273, 285, 481
วิจิตรา บำรุงนอก, 297, 301, 533
วิชชุดา สังข์แก้ว,513
วิชญ์ภาส สังพาลี, 345, 373, 593, 713
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, 77, 205, 209, 449, 473, 501
วิชิตชัย ฮานาฟี, 653
วิทยา ทีโสดา, 345, 373
วิภาภรณ์ แสวงมี, 649
วิภารัศมิ์ ทรายหมอ, 585
วิรงรอง ทองดีสุนทร, 61
วิวรรณยา คล้อยสาย, 333

ศ
ศนิ จิระสถิตย์, 561
ศรัญญา เถาะชัยภูมิ, 313
ศรัญญา วอขวา, 137
ศรินญา สังขสัญญา, 461
ศลิษา วิจารณ์ปรีชา, 497
ศศิกานต์ ซองทุมมินทร์, 597
ศศิธร พิมจักษุ, 669
ศิริกาญจน์ กอบเกียรติถวิล, 305
ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต, 349, 357
ศุจิดา นนทภา, 201

ศุภกาญจน์ หล่ายแปด, 657
ศุภชัย อำคา, 488, 553
ศุภธิดา อับดุลลากาซิม, 349, 573
ศุภักษร แสงหาร, 213
ศุภาวรรณ ประพันธ์, 368
โศรดา วัลภา, 557

ส

สกล ฉายศรี, 505
สดศรี เนียมเปรม, 678
สมโชค รักษารัก, 305
สมนึก สินธุปวน, 285, 481
สมโภชน์ น้อยจินดา, 605, 621
สรรลาภ สงวนดีกุล, 381
สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล, 217
สายพิน แสงสุข, 385
สายรุ้ง โพธิ์อ่ำ, 25, 29
สายลม สัมพันธ์เวชโสภา, 341, 417, 429, 437
สายสมร ลำยอง, 85
สาวิกา กอนแสง, 409
สิทธิชัย บุญมั่น, 252
สินีนาฏ เกิดทรัพย์, 361
สิรินาถ ตัณฑเกษม, 629
สิริมา ชินสาร, 449, 473
สิริวรรณ ศิริศาถาวร, 545
สุกัญญา ส่งแสง, 281, 341, 417, 429, 437
สุกิจ ขำเปรื่องเดช, 673
สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ, 109
สุคนธ์ ตันติไพบูลย์วุฒิ, 113
สุคุณวัต สุขแก้ว, 129
สุจิตรา ชมดง, 325
สุทธิวัลย์ สีทา, 101
สุทธิวัลย์ สีทา, 9
สุธีระ เหิมฮึก, 85, 593
สุนทร โมลา, 437
สุนทรียา กาละวงศ์, 57
สุนันทิดา สิงหพล,165
สุปราณี งามประสิทธิ์, 505
สุพจน์ นัทยาย, 233
สุพัตรา โพธิเศษ, 581
สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม, 241
สุภวรรณ์ ไชยเสน, 577
สุภางค์ เรืองฉาย, 665
สุภาพร แหวะสอน, 177
สุภาภรณ์ เลขวัต, 105, 213, 269
สุภาวิณี แสนทวีสุข, 465
สุเมธ วิสุทธิวรรณ, 309
สุรพงษ์ พินิจกลาง, 297, 301
สุรศักดิ์ ธนัชชาพิศุทธิ์, 113
เสกสรร สุขสมบุญ, 353
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์, 145
แสงชัย เอกประทุมชัย, 193
โสรญา ใจเอื้อ, 605

ห

หทัยรัตน์ โชคทวีพาณิชย์, 368
หทัยรัตน์ พลชาตรี, 713
หนึ่งหทัย สุภา, 549
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์, 77, 217

อ

อธิปพงศ์ ตนสุวรรณชัย, 137
อนันต์ ทองทา, 509
อนันต์ พิริยะภัทรกิจ, 53
อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม, 241
อนุรักษ์ อรัญญนาค, 361, 453
อนุสรา พลบจู, 209
อโนชา สุขสมบูรณ์, 105, 497, 501
อภัสนันท์ ทานะมัย, 488
อภิชัย เจนจบ, 437
อภิญญา เจริญกูล, 629
อภิญดา ก่านหงษ์, 381
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, 189, 341, 389, 405, 429, 43, 477, 521
อมรรัตน์ เวชการ, 313
อรพิน เกิดชูชื่น, 1, 5, 13, 17, 25, 29, 45, 89, 93, 113, 133, 221, 225, 229, 681, 685, 689, 693
อรรจนา ด้วงแพง, 413
อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, 77
อรสา สุริยาพันธ์, 170
อรอง จันทร์ประสาทสุข, 529
อรอนงค์ บัวดำ, 617
อรอุมา ประทัดทอง, 201
อรอุมา เปลี่ยนศรี, 497
อรัญญา พรหมกูล, 265
อะคิฮิโกะ โคสุกิ, 125
อัคราช พาอ้อ, 205

อังคณา สมศักดิ์, 273
อัญชลินทร์ สิงห์คำ, 565
อัฐภิญญา ปัทมภาสสกุล, 205
อัมพร ศรีคราม, 313
อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์, 21
อาภัสรา แสงนาค, 105, 501
อารยา อาจเจริญ เทียนหอม, 153, 357
อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, 165
อินทิรา ลิจันทร์พร, 565
อิศราพงษ์ แคนทอง, 537
อิษยา ภู่สิทธิกุล, 545
อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, 205
อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์, 401
อุบล ฤกษ์อ่ำ, 673
อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์, 213
อุไรวรรณ อรุณชัย, 313
อุษามาส จริยวรานุกุล, 421
เอกชัย ศรีประทุม, 233
โองการ วณิชาชีวะ, 241

L

Lia Angraeni, 9, 61
Lupita Kemala Sari, 9, 61

S

Satoru Kondo, 101
Sreylen Meas, 193

Y

Yasunori Hamauzu, 9, 61

ดัชนีคำสำคัญ

1-MCP, 477

2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl), 605

2-Hexyl acetate, Methanethioamide, N,N-dimethyl- (CAS), 605

6-pentyl-2H-pyran-2-one, 25

β-carotene, 181

A

AA Musa, 661

ABB Musa, 661

ABTS, 533

acesulfame-K, 73

acidified sodium chlorite, 405

Acinetobacter baumannii, 85

activated carbons, 609

adoption, 121

agricultural extension, 601

agroforestry, 593

agronomic trait, 589

alpha-farnesene, 93

amylose content, 557

Annonaceae Family, 53

anthocyanin, 173, 713

anthracnose disease, 285

anti-acne bacteria, 185

anti-acne inducing bacteria activity, 141

antibacterial, 113

antibiotic production, 193

antifungal, 17

antimicrobial activity, 529

antimicrobial, 597

antioxidant activities, 13, 209

antioxidant activity, 101, 133, 141, 185, 309, 401, 673

antioxidant capacity, 581

antioxidant, 113, 397, 425, 461, 497, 501, 581

antioxidants, 301

artificial neural network, 285

Artocarpus heterophyllus Lamk. cv. 'Thongprasert', Dihydromaltol (DHM; 4H-Pyran-4-one, 605

ascorbic acid, 521

asparagus, 445

astaxanthin, 301

Azuki bean, 21

B

baby corn, 657

Bacillus sp., 85

Bambara groundnut flour, 469

banana blossom, 621

banana-pumpkin puree, 561

beta-carotene, 533

beta-glucan, 81, 669

bioactive compounds, 101

biogas, 65

biological activity, 669

biologically active ingredients, 461

Bipolaris oryzae, 249

biscuit, 497

Bitterness, 137

black glutinous rice, 81, 669

black sesame, 237

blanching, 181, 209

borax, 313

Bread, 469

broken black glutinous rice porridge, 170

broken hommali rice, 170

brown spot, 249

brownie, 697
butter cookies, 289
butterfly pea, 485
by-product, 385

C
C.C.S. laboratory, 257
calcium chloride, 437
calcium silicate, 488
calcium, 497
callus, 453
carboxymethylcellulose, 377
carrot, 165, 365
caryophyllene, 93
cassava root, 609
cassava, 237
cell suspension, 229
cellulase, 213
characteristics of varieties, 413
chemical composition, 13, 81
chemical properties, 209
chicken manure, 117
Chili in Chiangmai, 285
chili seed, 189
chili, 313
Chinese water chestnut flour, 289
Chinese water chestnut, 289
Chinese quince, 61
chitosan, 445, 569
chlorophyll, 445
Chonburi province, 161
chromium (VI), 609
Cladophora algae, 641
Cladophora glomerata Kutzing, 641
cluster analysis, 149
coconut-like flavor, 29
Coctus flower, 389
coffee bean, 525
collagen peptide, 301
Colletotrichum capsici, 189
color, 561
colorant, 681, 693
Commercial Cane Sugar, 257
concentration level, 461
consumer acceptability, 493
conventional techniques, 689
cookie, 201, 293
corn husks, 65
cowpea, 177
CPPU, 349, 573
croquette, 433
cross pollination, 305
crude extract, 529
cultivars, 321
cut types, 565
cytokinin, 389
cytotoxicity, 225

D
days to emergence, 333
degree of hydrolysis, 397
degree of methyl esterification, 1, 5
dietary fiber, 297, 465
dioecious plant, 305
dipping, 477
distributor, 525
Doi Suthep-Pui national park, 593
Dong quai, 637
DPPH, 521, 533, 621
dragon fruit, 57, 421
dried onion, 213
dried persimmon, 665

drying kinetics, 645
drying temperature, 233
drying, 181, 433, 509
durian rind, 49
durian, 241
durians peel, 113
Durio zibethinus, 241

E
E. coli, 193
EC $_{50}$ values, 533
emulsion stability, 613
endo- β -1,4-mannanase, 125
energy crop, 361
equilibrium moisture content, 473
essential oil, 141, 185
essential oils, 13, 17
ethnobotany, 368
Etlingera elatior, 221
extraction, 49, 77, 81, 681, 693

F
fat substitute, 697
fat, 673
fermented tea, 417
fermented vegetables, 97
final moisture content, 233
fish curry sauce, 637
flavonoid, 213
flavonoids, 621
flower bud, 153
flowering, 678
Foi-Thong, 377
food related bacteria, 113
forage, 273
forchlorfenuron, 317
forest resources, 593
freeze-thaw cycles, 581
French fries, 237
fresh ear yield, 505
fresh-cut fruit, 421
fresh-cut papaya, 457
fresh-cut ripe papaya, 517
Freundlich, 609
fructooligosaccharides, 429
fructose, 217
fruit development, 57, 317
fruit drop, 317
fruit enlargement, 349, 573
fruit size, 661
functional properties, 613
fungal inhibitory, 569
fungi, 357
Fusarium sp., 193

G
GA_3, 349, 573, 661
gac fruit, 305
gallic acid, 133
Gardenia jasminoides cell callus, 89
genetic diversity, 149, 249
genus *Mitrephora,* 53
germinated Hang rice, 633
germination, 129, 329, 333
Globba, 440
glucose, 217
glutinous rice RD 6, 269
glycosyl hydrolase family 26, 125
glyphosate, 709
grapes, 109
greenhouse, 109
growing medium, 345
growth index, 89
growth regulator, 89

growth, 229, 357, 488, 505, 649, 653
guar gum, 105

H
hardy waterlily, 321
harvesting indices, 57
health, 145
heating, 561
herbicides, 709
highland agriculture, 593
HMF; 2-furancarboxaldehyde,5-(Hydroxymethyl)-(CAS), 605
Holcoglossum kimballianum, 345, 373
Hom Nil rice flour, 513
honey, 325, 421
HPLC-ELSD, 45
hydrogen peroxide, 265
hydroponics, 649, 653

I
incubation temperature, 337
insect, 701
insecticide residues, 313
instant tea, 297
internal browning, 437
inter-specific hybridization, 361
inulin, 429
iodine, 365
iron, 181
irrigation, 109
ivy gourd leaf, 181

J
Jackfruit, 605
Jatropha curcas, 361
Jerusalem artichoke powder, 697
Jerusalem artichoke, 589
Job's Tear, 201
jungle area, 157

K
Kaffir lime, 137
Kai algae, 641
Khao Hom beverage, 145
Khao Homnil, 145
KI paper model Satchel-bottom bag, 245
kinetic, 561
king oyster mushroom, 585
Kluai Hom Thong banana peels, 1, 5
KOH(aq), 65
Kra-Bok, 201
Kruea Mha Noy gum, 33
lactic acid bacteria, 97

L
Lactobacillus acidophilus LA5, 493
Lactobacillus casei 01, 37
land evaluation, 273
landrace rice, 413
leaf bud, 153
leaf removal, 678
LEDs, 277
lettuce, 649, 653
lignin, 445
lime, 317
Limestone, 373
line, 381
liquid spawn, 69
727 ɔommunity, 368
local cultivar, 381
local knowledge, 368
logan, 325
longan juice, 625
longan seed, 133

longan, 569
low calorie, 297
low methoxyl pectin, 1
low-density polyethylene, 245
low-fat ice cream, 33
lung, 225
lychee juice, 309
lychee, 325

M
M. keithii Ridl., 53
maltodextrin, 629
mango, 101
mangoes cv. Thawai-Dueankao, 521
Mao juice, 581
mao pomace, 173
Mao wine, 597
Marian plum, 393
marigold, 353
marketing, 252
marmalade, 137
mass transfer, 205
mealworm waste, 117
mean germination time, 129, 333
meatball, 313
media, 393
microbial contamination, 701
microbiological property, 309
micro-climate, 481
microorganisms, 517
micro-propagated plantlets, 357
microstructure, 449
microwave-assisted, 645
milk chocolate, 37
minimum air velocity, 525
Mitrephora tomentosa Hook.f. & Thomson, 53
mix bud, 153
mixed fruit jam, 73
moisture sorption isotherm, 473
Monascus purpureus, 269
morphological characters, 149
MQTT, 481
mulberry and silkworm, 252
mulberry cell extract, 225
Mulberry fruits, 645
mulberry tea, 421
mulberry, 229
multiple shoot, 277
mungbean meal, 293
mungbean substituted soybean, 577
mushroom extracts, 401

N
'Nam Wa' banana, 477
NaOH(aq), 65
Napier Pak Chong 1, 273
Napier, 453
new hybrids lines, 321
nitrogen (N), 409
nutrient requirements, 657
nutrient solution, 653

O
off-season, 678
oil uptake, 449
optimization, 21
orchid, 197, 373
organic farming, 341, 413
organic fertilizer, 117, 617
Oriented polypropylene, 245
osmotic dehydration, 205
osmotic pre-treatment, 645
oxygen, 705

P

packaged tofu, 577
paclobutrazole, 353
Paenibacillus curdlanolyticus B-6, 125
palm flesh, 397
palm sugar, 665
pandan leaves, 681, 693
pandan water, 25
papaya, 425
paraquat, 709
parboiling, 713
pasta quality, 105
pasta, 281, 501
pasteurized egg yolk, 377
pasting properties, 217
pathogen, 265
Pathumthani, 121
PCA, 325
pectin precipitation, 5
pectinase, 397
phenolic compound, 9, 213, 597
phenolic compounds, 61
phenolic contents, 529
phenolic, 21
phenolics, 133, 621
phenotypic, 161
phosphorus, 85
photo-protective capacity, 77
photosynthesis, 197
Phulae pineapple, 9
physical characteristics, 177
physicochemical property, 73
physicochemical qualities, 625
physiological changes, 457
physiological characteristics, 177
phytonutrient, 521
pineapple core, 629
pineapple cores, 465
pineapple fruit, 437
pineapple, 165, 277, 341
plant analysis, 657
plant growth regulator, 453
plant physiology, 197
plant utilization, 368
planting season, 617
pollen germination, 440
pollen viability, 305, 440
pollen, 393
potassium chloride, 437
potassium iodate, 365
potato, 269 , 433
prebiotic, 49
prebiotics, 669
pressure drop specific energy consumption, 525
pretreatment, 209
probiotic bacteria, 41
probiotic product, 41
probiotic, 425, 485
probiotics, 33, 97
processing, 121
production factor, 417
production management, 252
production, 649
protein, 293
purple passion fruit peel, 209

Q

quail dung, 65
quality of biogas, 65
quality of postharvest, 477

R

radish sprouts, 261

rambutan aril, 205
rambutan minimally process, 565
rambutan seed oil, 77
rambutan seeds, 673
RD6 glutinous rice, 217
ready-to-drink gac concentrate, 461
red bean flour, 105
responses, 705
resveratrol, 225
rice cultivar, 409
rice flour, 501, 513
rice noodle, 637
rice pasta, 105
rice, 85, 249, 557, 705, 709, 713
riceberry bran, 685, 689
riceberry, 713
role, 601
root system, 705
roselle, 149, 529

S
S. aureus, 193
Sacha inchi, 385
Sakhon Nakhon province, 252, 368
salinity, 197
sandwich bread, 465
satisfaction, 257
seablite, 497
seasons, 321
seed coating, 505
seed extract, 61
seed germination, 189
seed incubation time, 337
seed preparation, 337
seed quality, 177, 189
seed vigor, 129, 329, 333
seedling growth, 329
selection, 29
selection, 381
Selenium, 641
semi-dried star fruits, 233
sensorial acceptance, 625
sensorial property, 73
sensory attributes, 485
sensory evaluation, 170, 301
sesame, 385
shelf life, 569, 665
shiitake mushroom, 585
shrimp shell, 433
silicon (Si), 409
simulate gastrointestinal condition, 37
simultaneous distillation extraction (SDE), 221
snack, 449, 473
soaking seed, 129
soaking, 21
sodium chloride (NaCl), 261
sodium chloride, 405, 417, 517
sodium hypochlorite, 265
sodium metabisulphite, 405
sorghum flour, 281
soy bean, 269
soy milk, 41
soy protein isolate, 377
sparse area, 157
specific volume, 633
speed of germination, 329
sponge cake, 633
spray drying, 429
squid ink, 501
SRAP, 241
stabilizer, 33, 613
steamed banana cake, 513

stem yellowing, 389
Stemona burkilii, 193
stevioside, 297
stirring, 205
storage, 37, 665
storage
straw mushroom, 481
subgenus *Brachyceras*, 161
sucralose, 697
sucrose, 389
sugarcane grower, 257
sunflower sprouts, 265
sunflower, 325
super sweet corn, 617
supercritical CO_2 extraction, 673
supercritical fluid extraction (SFE), 221
superheated steam, 509
survival, 357
suspension culture of *Gardenia jasminoides*, 93
sweet corn, 505
sweeteners, 45

T
texture profile analysis, 557
texture profile, 633
Thai herbal-plants, 493
Thai local mushrooms, 401
Thai northern style sausages, 585
thermal processing, 652
thin layer chromatography, 45
thiobarbituric acid, 173
tillering stage, 409
tissue culture, 453
tofu, 385
total curcuminoids content, 509
total phenolic content, 401, 521
total soluble solid, 565
toxic residues, 701
tray drying, 429
Trichoderma viride, 25, 29
tropical waterlilies, 161
turmeric, 509

U
ultrasonic, 689
ultraviolet, 309
UV- C, 9, 445, 457
UV-C irradiation, 101

V
vacuum fried, 629
vegan sausage, 557
vegetables, 701
vitamin C, 261, 341, 425
volatile compound, 17, 681
volatile compounds, 693
volatile oil content, 509
volatiles, 221

W
water convolvulus, 488
water hyacinth, 117, 121
watering frequencies, 345
weather station, 481
wheat substitution, 281
white gourd, 337
white sesame, 237
wild flower, 325
wild open space area, 157
wine, 165
wood yield, 361

X

xylan, 685, 689
xylooligosaccharides, 685

Y

Yanagi mushroom, 69
Yanigimatsutake, 245
Yard long bean, 381
yield quality, 488
yield, 153, 589
yield
yoghurt, 493

ก

กรดไทโอบาร์บิทิวริก, 173
กระเจี๊ยบแดง, 149 , 529
กระบก, 201
กระบวนการนึ่ง, 713
กล้วยน้ำว้า, 477
กล้วยผสมฟักทองพิวเร่, 561
กล้วยไม้, 197 , 373
กลาย, 53
กลูโคส, 217
กัมจากเครือหมาน้อย, 33
กัวร์กัม, 105
กากถั่วเขียว, 293
กากเม่า, 173
การเก็บรักษา, 37, 665
การคัดเลือก, 29 , 381
การเคลือบเมล็ดพันธุ์, 505
การงอกของละอองเรณู, 440
การจัดการการผลิต, 252
การเจริญเติบโต, 229, 357, 488, 505, 649, 653
การเจริญเติบโตของต้นกล้า, 329
การฉายแสงยูวีซี, 101
การแช่, 21
การแช่ผล, 477
การแช่เมล็ด, 129
การใช้ประโยชน์จากพืช, 368
การใช้ไมโครเวฟ, 645
การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส, 205
การดูดซับน้ำมัน, 449
การตกตะกอนเพคติน, 5
การตลาด, 252
การตอบสนอง, 705
การต้านแบคทีเรีย, 113
การต้านอนุมูลอิสระ, 113 , 461, 673
การต้านออกซิเดชัน, 397
การเตรียมขั้นต้น, 209
การเตรียมแช่อิ่ม, 645
การเตรียมเมล็ดพันธุ์, 337
การถ่ายโอนมวลสาร, 205
การทดแทนไขมัน, 697
การทดแทนแป้งสาลีบางส่วน, 281
การทดสอบทางประสาทสัมผัส, 301
การทำแห้ง, 509
การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์, 701
การประเมินด้านประสาทสัมผัส, 170
การประเมินที่ดิน, 273
การปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพ, 65
การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา, 457
การแปรรูป, 121
การแปรรูปด้วยความร้อน, 625
การผลิต, 649
การผลิตสารปฏิชีวนะ, 193
การผสมข้ามชนิด, 361
การพัฒนาของผล, 57 , 317
การพัฒนาผล การเพิ่มขนาด, 349
การพัฒนาผล, 573
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 453
การเพิ่มขนาด, 573
การยอมรับ, 121
การยอมรับของผู้บริโภค, 493

การยอมรับทางประสาทสัมผัส, 625
การยับยั้งเชื้อรา, 569
การร่วงของใบ, 678
การรอดชีวิต, 357
การลวก, 181 , 209
การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม, 149
การวิเคราะห์พืช, 657
การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก, 325
การสกัด, 49 , 77 , 81, 681, 693
การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต,
673
การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช, 197
การหมุนกวน, 205
การหลุดร่วงผล, 317
การเหลืองของก้านดอก, 389
การให้น้ำ, 109
การอบแห้ง, 181 , 433
การอบแห้งแบบถาด, 429
การอบแห้งแบบพ่นฝอย, 429
การออกดอก, 678
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ, 101
กิจกรรมต้านจุลินทรีย์, 529
เกลือโซเดียมคลอไรด์, 417
เกษตรที่สูง, 593
เกษตรอินทรีย์, 341, 413
แก่นตะวัน, 589
แกนสับปะรด, 465, 629
แกนสับปะรด
แก้วมังกร, 57, 421
แก้วมังกร
แก๊สชีวภาพ, 65
ไกลโคซิล ไฮโดรเลส แฟมิลี่ 26, 125

ข

ขนมกล้วย, 513
ขนมขบเคี้ยว, 449 , 473
ขนมจีน, 637
ขนมปัง, 469
ขนมปังแซนด์วิช, 465
ขนาดผล, 661
ขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ, 605
ขมิ้นชัน, 509
ข้าว, 85 , 249 , 557 , 705 , 709, 713
ข้าวพื้นเมือง, 413
ข้าวโพดฝักอ่อน, 657
ข้าวโพดหวาน, 505, 617
ข้าวหอมนิล, 145
ข้าวเหนียวดำ, 81, 669
ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6, 217 , 269
ข้าวฮางงอก, 633
เขาหินปูน, 373
ไข่แดงพาสเจอไรซ์, 377
ไขมัน, 673

ค

คลอโรฟิลล์, 445
ความขม, 137
ความแข็งแรงของเมล็ด, 129 , 329, 333
ความเค็ม, 197
ความงอก, 129, 329, 333
ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์, 233
ความดันตกคร่อม, 525
ความต้องการธาตุอาหาร, 657
ความถี่ของการให้น้ำ, 345
ความเป็นพิษต่อเซลล์, 225
ความพึงพอใจ, 257
ความมีชีวิตของละอองเกสร, 305
ความมีชีวิตของละอองเรณู, 440
ความร้อน, 561
ความเร็วในการงอก, 329
ความเร็วลมต่ำสุด, 525
ความสามารถในการป้องกันแสง, 77
ความเสถียรระบบอิมัลชั่น, 613

ความหลากหลายทางพันธุกรรม, 149, 249
ความหลากหลายทางพันธุกรรม
ควินซ์จีน, 61
คอลลาเจนเพปไทด์, 301
ค่าคุณภาพอ้อย, 257
ค่าซี.ซี.เอส, 257
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, 377
คุกกี้, 201, 293
คุกกี้เนย, 289
คุณภาพของพาสต้า, 105
คุณภาพทางเคมี, 209
คุณภาพทางเคมีกายภาพ, 625
คุณภาพผลผลิต, 488
คุณภาพเมล็ดพันธุ์, 177, 189
คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว, 477
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส, 73, 485
คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ, 73
แครอท, 165, 365
แคลเซียม, 497
แคลเซียมคลอไรด์, 437
แคลเซียมซิลิเกต, 488
แคลลัส, 453
แคลลัสพุดซ้อน, 89
โครเก็ต, 433
โครงข่ายประสาทเทียม, 285
โครงสร้างทางจุลภาค, 449
โครเมียม(VI), 609
ไคโตซาน, 445, 569

ง

งาขาว, 237 , 385
งาดำ, 237
งานส่งเสริมการเกษตร, 601
เงาะพร้อมบริโภค, 565

จ

จลนพลศาสตร์, 561
จลนศาสตร์การทำแห้ง, 645
จังหวัดชลบุรี, 161
จังหวัดสกลนคร, 252 , 368
จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก, 333
จำแนก, 325
จุลินทรีย์, 517
โจ๊กปลายข้าวเหนียวดำ, 170

ช

ช็อกโกแลตนม, 37
ชะคราม, 497
ชาใบหม่อน, 421
ชาปรุงสำเร็จ, 297
ชาวไร่อ้อย, 257
ชาหมัก, 417
ชุมชนพื้นเมือง, 368
เชื้อก่อโรค, 265
เชื้อรา, 357
เชื้อราไตรโคเดอร์มา, 25, 29

ซ

ซอร์พชันไอโซเทอมของความชื้น, 473
ซิลิกอน (Si), 409
ซิลิเนียม, 641
ซูคราโลส, 697
เซลล์แขวนลอย, 229
เซลล์แขวนลอยพุดซ้อน, 93
เซลลูเลส, 213
โซเดียมคลอไรด์, 261, 517
โซเดียมคลอไรต์, 405
โซเดียมคลอไรต์ชนิดกรด, 405
โซเดียมไฮโปคลอไรท์, 265
ไซโตไคนิน, 389
ไซแลน, 685, 689
ไซโลโอลิโกแซคคาไรด์, 685

ด

ดอกแยกเพศอยู่ต่างต้น, 305

ดอกเอื้องหมายนา, 389

ดัชนีการเก็บเกี่ยว, 57

ดัชนีการเจริญเติบโต, 89

ดาวเรือง, 353

ดาหลา, 221

ดีพีพีเอช, 533

ไดโอดเปล่งแสง, 277

ต

ต้นกล้าจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 357

ต้นอ่อนทานตะวัน, 265

ต้นอ่อนผักกาดหัว, 261

ตะแกรงกระจายลม, 525

ตังกุย, 637

ตาดอก, 153

ตาใบ, 153

ตารวม, 153

เต้าหู้, 385

เต้าหู้หลอด, 577

ถ

ถั่วเขียวทดแทนถั่วเหลือง, 577

ถั่วดาวอินคา, 385

ถั่วแดง, 21

ถั่วฝักยาว, 381

ถั่วพุ่ม, 177

ถั่วเหลือง, 269

ถ่านกัมมันต์, 609

ถุงกระดาษคราฟท์ขึ้นรูปแบบแซทเชล, 245

ท

ทรัพยากรป่าไม้, 593

ทอดสุญญากาศ, 629

ทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี, 45

ทุเรียน, 241

เทคนิคดั้งเดิม, 689

ธ

ธาตุเหล็ก, 181

น

นมถั่วเหลือง, 41

นอกฤดู, 678

น้ำข้าวหอม, 145

น้ำตาลซูโครส, 389

น้ำตาลโตนด, 665

น้ำผึ้ง, 325 , 421

น้ำฟักข้าวสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม, 461

น้ำมันเมล็ดเงาะ, 77

น้ำมันหอมระเหย, 13, 141, 185

น้ำเม่า, 581

น้ำยาขนมจีน, 637

น้ำลำไย, 625

น้ำลิ้นจี่, 309

น้ำหมึก, 501

เนเปียร์, 453

เนเปียร์ปากช่อง 1, 273

เนื้อเงาะ, 205

เนื้อตาล, 397

ไนโตรเจน (N), 409

บ

บทบาท, 601

บราวนี, 697

บริเวณป่าโปร่ง, 157

บริเวณพื้นที่โล่ง, 157

บอแรกซ์, 313

บัวฝรั่ง, 321

บัวสายเขตร้อน, 161

บิสกิต, 497

เบต้ากลูแคน, 669

เบต้ากลูแคน, 81

เบต้าแคโรทีน, 181
เบต้า-แคโรทีน, 533
แบคทีเรียกรดแล็กติก, 97
แบคทีเรียทางอาหาร, 113
ใบจุดสีน้ำตาล, 249
ใบตำลึง, 181
ใบเตย, 681 , 693

ป
ปทุมธานี, 121
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, 565
ปริมาณความชื้นสมดุล, 473
ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด, 509
ปริมาณน้ำมันหอมระเหย, 509
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, 521
ปริมาณอะมิโลส, 557
ปริมาตรจำเพาะ, 633
ปลายข้าวหอมมะลิ, 170
ปลีกล้วย, 621
ปอด, 225
ปัจจัยการผลิต, 417
ป่าทึบ, 157
ปุ๋ยอินทรีย์, 117, 617
เปลือกกล้วยหอมทอง, 1, 5
เปลือกกุ้ง, 433
เปลือกข้าวโพด, 65
เปลือกทุเรียน, 49, 113
เปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง, 209
เปอร์เซ็นต์ความงอก, 189
แป้งข้าวเจ้า, 501 , 513
แป้งข้าวฟ่าง, 281
แป้งข้าวหอมนิล, 513
แป้งถั่วนิ้วนางแดง, 105
แป้งถั่วหรั่ง, 469
แป้งแห้วจีน, 289
โปรตีน, 293
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด, 377
โปรไบโอติก, 485

ผ
ผงแก่นตะวัน, 697
ผลผลิต, 153, 589
ผลผลิตฝักสด, 505
ผลพลับแห้ง, 665
ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค, 421
ผลิตผลพลอยได้, 385
ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก, 41
ผัก, 701
ผักกาดหอม, 649, 653
ผักดอง, 97
ผักตบชวา, 117 , 121
ผักบุ้ง, 488

ฝ
ฝอยทอง, 377

พ
พริก, 313
พริกในจังหวัดเชียงใหม่, 285
พรีไบโอติกส์, 49
พรีไบโอติกส์, 669
พฤกษศาสตร์พื้นบ้าน, 368
พลังงานงานต่ำ, 297
พันธุ์การค้า, 321
พันธุ์ข้าว, 409
พันธุ์พื้นเมือง, 381
พันธุ์ลูกผสมใหม่, 321
พาสต้า, 281, 501
พาสต้าข้าวเจ้า, 105
พืชผสมข้าม, 305
พืชพลังงาน ผลผลิตเนื้อไม้, 361
พืชสกุลหงส์เหิน, 440
พืชสมุนไพรไทย, 493

เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ, 1
เพอพิวเรียส, 269
โพแทสเซียมคลอไรด์, 437
โพแทสเซียมไอโอเดต, 365
โพรไบโอติก, 33, 97
โพรไบโอติกแบคทีเรีย, 41

ฟ

ฟรักโทส, 217
ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์, 429
ฟลาโวนอยด์, 213, 621
ฟอร์คลอเฟนูรอน, 317
ฟอสฟอรัส, 85
ฟักข้าว, 305
ฟักเขียว, 337
ฟีนอลลิค, 21
ฟีนอลิก, 621
เฟรนช์ฟราย, 237

ภ

ภูมิปัญญาท้องถิ่น, 368

ม

มอลโตเดกซ์ตริน, 629
มะกรูด, 137
มะนาว, 317
มะป่วน, 53
มะเฟืองกึ่งแห้ง, 233
มะม่วง, 101
มะม่วงทะวายเดือนเก้า, 521
มะยงชิด, 393
มะละกอ โปรไบโอติก, 425
มะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภค, 457
มะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภค, 517
มันฝรั่ง, 269, 433
มันสำปะหลัง, 237
มาร์มาเลด, 137
มูลไก่, 117
มูลนกกระทา, 65
มูลหนอนนก, 117
เมล็ดกาแฟ, 525
เมล็ดเงาะ, 673
เมล็ดพันธุ์พริก, 189
เมล็ดลำไย, 133
แมลง, 701
โมแนสคัส, 269

ย

ยอดรวม, 277
ยับยั้งเชื้อรา, 13
ยาฆ่าแมลงตกค้าง, 313
ยูวีซี, 445, 457
แยมผลไม้รวม, 73
โยเกิร์ต, 493
ใยอาหาร, 297, 465

ร

รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็ง, 581
ระดับการทำเข้มข้น, 461
ระดับการย่อยสลาย, 397
ระดับเมทิลเอสเตอริฟิเคชัน, 1, 5
ระบบราก, 705
ระยะแตกกอ, 409
ระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์, 337
รังสียูวีซี, 9
รังสีอัลตราไวโอเลต, 309
ราเอนโดไฟท์, 193
รำข้าวไรซ์เบอร์รี่, 685, 689
รูปแบบการตัดแต่ง, 565
เรสเวอราทรอล, 225
โรงเรือน, 109
ไรซ์เบอรี่, 713

ฤ

ฤดูกาล, 321, 617
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, 13, 581
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, 141, 185, 401
ฤทธิ์ทางชีวภาพ, 669
ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสิว, 141
ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว, 185

ล

ละอองเกสร, 393
ลักษณะทางกายภาพ, 177
ลักษณะทางการเกษตร, 589
ลักษณะทางสรีรวิทยา, 177
ลักษณะเนื้อสัมผัส, 633
ลักษณะประจำพันธุ์, 413
ลักษณะฟีโนไทป์, 161
ลักษณะสัณฐานวิทยา, 149
ลำไย, 569
ลิกนิน, 445
ลูกชิ้น, 313
ลูกเดือย,201
ลูกหม่อน, 645

ว

วนเกษตร, 593
วัสดุปลูก, 345
วิตามินซี, 261, 341, 425, 521
เวลาเฉลี่ยในการงอก, 129
เวลาเฉลี่ยในการงอก, 333
ไวน์, 165
ไวน์เม่า, 597

ส

สกัดด้วยการกลั่นพร้อมสกัด, 221
สกัดด้วยของเหลวยิ่งยวด, 221
สกุลมหาพรหม, 53
สกุลย่อย *Brachyceras*, 161
สตีวีโอไซด์, 297
สถานีอากาศ, 481
สบู่ดำ, 361
สปันจ์เค้ก, 633
สภาวะทางเดินอาหารจำลอง, 37
สภาวะเหมาะสม, 21
สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ, 209
สมบัติของสารต้านออกซิเดชัน, 309
สมบัติเชิงหน้าที่, 613
สมบัติด้านความหนืด, 217
สมบัติทางจุลชีววิทยา, 309
สรีรวิทยาพืช, 197
สับปะรด, 165, 277, 341, 437
สับปะรดภูแล, 9
สายพันธุ์, 381
สารควบคุมการเจริญเติบโต, 89, 453
สารเคมีควบคุมวัชพืช, 709
สารต้านอนุมูลอิสระ, 133, 301, 425, 497, 501, 581
สารประกอบฟีนอลิก, 9, 61, 529, 597
สารประกอบฟีนอลิกรวม, 401
สารประกอบฟีนอลิค, 133, 213
สารพาโคลบิวทราโซล, 353
สารพิษตกค้าง, 701
สารเพิ่มความคงตัว, 33
สารยับยั้งจุลินทรีย์, 597
สารละลาย KOH, 65
สารละลายธาตุอาหาร, 653
สารละลายเมตาไบซัลไฟท์, 405
สารสกัดจากเมล็ด, 61
สารสกัดเซลล์แขวนลอยหม่อน, 225
สารสกัดหยาบ, 529
สารสกัดเห็ด, 401
สารหอมระเหย, 13, 221, 681, 693
สารให้กลิ่นมะพร้าว, 25, 29
สารให้ความคงตัว, 613
สารให้ความหวาน, 45

สารให้สี, 681, 693
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, 101, 461
สาหร่ายไก, 641
สี, 561
สุขภาพ, 145
ไส้กรอกมังสวิรัติ, 557
ไส้อั่ว, 585

ห
หญ้าเลี้ยงสัตว์, 273
หนอนตายหยาก, 193
หน่อไม้ฝรั่ง, 445
หม่อน, 229
หม่อนและไหม, 252
หอมหัวใหญ่, 213
หัวเชื้อเหลว, 69
เหง้ามันสำปะหลัง, 609
เห็ดโคนญี่ปุ่น, 245
เห็ดนางรมหลวง, 585
เห็ดพื้นบ้านไทย, 401
เห็ดฟาง, 481
เห็ดยานางิ, 69
เห็ดหอม, 585
แห้วจีน, 289

อ
แอนแทรกโนส, 285
แอนโทไซยานิน, 173
แอนโธไซยานิน, 713
แอสตาแซนธิน, 301
เอนโด-เบต้า-1,4-แมนนาเนส, 125
เอนไซม์เพคติเนส, 397
เอบีทีเอส EC $_{50}$, 533
เอื้องหนวดพราหมณ์ลำดำ, 345, 373
องค์ประกอบทางเคมี, 13, 81
องุ่น, 109
ออกซิเจน, 705
อะซีซัลเฟม- เค, 73
อัญชัน, 485
อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ, 525
อัลตร้าโซนิค, 689
อาการไส้สีน้ำตาล, 437
อายุการเก็บรักษา, 569
อายุการเก็บรักษา, 665
อาหารเลี้ยงเชื้อจากใบเตย, 25
อาหารสังเคราะห์, 393
อินนูลิน, 429
อุณหภูมิในการอบแห้ง, 233
อุณหภูมิบ่มเมล็ดพันธุ์, 337
อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย, 593
ไอโอดีน, 365
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, 509
ไอศกรีมไขมันต่ำ, 33

ฮ
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, 265
ไฮโดรพอนิกส์, 649, 653