CRDC 11

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน
คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มจธ.
www.crdc.kmutt.ac.th

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร
AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL
ปีที่ 49 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) มกราคม - เมษายน 2561
Vol. 49 No. 2 (Suppl.) January - April 2018

วารสาร ISSN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 49 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) มกราคม - เมษายน 2561 Vol. 49 No. 2 (Suppl.) January - April 2018

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 11
วันที่ 3-4 สิงหาคม 2560
ณ โรงแรมวินเซอร์ สวีทส์ กรุงเทพมหานคร

Agricultural Innovation for Competitiveness in the 4.0 Economy

จัดโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ร่วมกับ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน
คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายกสมาคม

รองศาสตราจารย์ ดร. พีรเดช ทองอำไพ

อุปนายก

ศ.ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์

รศ.ดร.วิจารณ์ วิชชุกิจ

ผศ.ดร.บัณฑิต อิณณวงศ์

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

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

Agricultural Science Journal

บรรณาธิการ

รศ.ดร.นิพนธ์ ทวีชัย

กองบรรณาธิการ

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

เจ้าของ

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ตู้ ปณ.1070 ปทฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10903

สำนักงานกองบรรณาธิการ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร อาคาร 3 ชั้น 8

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

วารสาร ISBN 0125-0369
วิทยาศาสตร์เกษตร
Agricultural Science Journal

ปีที่ 49 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) มกราคม-เมษายน 2561 Vol. 49 No. 2 (Suppl.) January-April 2018

สารบัญ

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
1-4	การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากถั่วหมักพื้นบ้านไทย วงศธร งามเผือก สุพิชญา เหล่าทอง จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ กนก รัตนะกนกชัย และรัตติยา แววนุกูล
5-8	การพ่นสาร 6-benzylaminopurine ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลแก้วมังกร ชลิดา ชลไมตรี กัลยา ศรีพงษ์ สุนทร โมลา อภิชัย เจนจบ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
9-12	การผลิตไบโอดีเซลจากไขมันปลาทะเลที่เหลือทิ้งโดยใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ เบญจวรรณ มุ่งแฝงกลาง รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ
13-16	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหารของสีที่สกัดจากเหง้าขมิ้น ดอกอัญชัน และใบเตย ณัฐภัทร เมฆตรง สุรศักดิ์ ธนัชชาพิศุทธิ์ และ สุคนธ์ ตันติไพบูลย์วุฒิ
17-20	ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารสียับยั้งแบคทีเรียก่อโรคของเชื้อแบคทีเรีย ที่แยกได้จากต้นคราม ดาราวดี ศิริวิลาศ ปุญญิศา วัฒนะชัย และ สกุณา สาระนันท์
21-24	คุณสมบัติพรีไบโอติกของไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนของแกลบโดยไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์ ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
25-28	การผลิตเครื่องดื่มซุปเปอร์เบอรี่ที่มีสารสกัดแอนโธไซยานินจากข้าวหอมนิลบนพื้นฐานของ การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส สุรพงษ์ พินิจกลาง และ รัชนี ไสยประจง
29-32	การสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์ ไกลกว่า วุฒิเสน ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
33-36	มะม่วงเพียวเร่สำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบาก ปวีณ์ริศา ช้อยเชื้อดี อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
37-40	คุณภาพของขนมปังนมถั่วเหลืองเมื่อนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มาใช้ทดแทนเนยขาว สิรินาถ ตัณฑเกษม และ สุภางค์ เรืองฉาย
41-44	ผลของข้าวตอกจากข้าวก่ำต่อสมบัติของกราโนลา อโนชา สุขสมบูรณ์ อภิญญา ว่องปัญญา และ ณัฐญาดา เหร่าหมัด
45-48	ผลของการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น ผาณิต รุจิรพิสิฐ และ อารีวรรณ สุขวิลัย
49-52	การทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองด้วยน้ำมันถั่วดาวอินคาในน้ำสลัดจากเต้าหู้ ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์ และ อภิญญา เจริญกูล
53-56	ผลของวิธีการสกัดที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันเมล็ดมะม่วง พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และ ลดาวัลย์ ช่างชุบ
57-60	ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการรักษาคุณภาพเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวย รัตนา รุ่งศิริสกุล และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย
61-63	ผลของอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพิวเร่กล้วยผสมฟักทอง ในระหว่างการเก็บรักษา: สมการทำนายอายุการเก็บรักษา ศนิ จิระสถิตย์ วารีรัตน์ เฟื่องฟู เขมจิรา พุทธรัตน์ และ มณฑิรา นพรัตน์
64-68	การพัฒนาแยมเครพกูสเบอรี่พลังงานต่ำสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน รัชนี ไสยประจง สุรพงษ์ พินิจกลาง และ วิจิตรา บำรุงนอก
69-72	ผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายเกลียวทอง กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ อารีรัตน์ ทองสุทธิ พรอนงค์ ตันติวรัตนถิกุล และ อโนชา สุขสมบูรณ์
73-76	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไดฟุกุจากข้าวเหนียวดำของไทย ดวงใจ มาลัย ยุทธชาติ ทวีสุวรรณไกร1 กฤตยา คลิกคลาย1 และ ณัฐพร ผลศรัทธา
77-80	ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุนทอด สิริมา ชินสาร วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ นิสานารถ กระแสร์ชล
77-80	ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุนทอด สิริมา ชินสาร วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ นิสานารถ กระแสร์ชล

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
81-84	การเตรียมใยอาหารจากกากมะพร้าวเพื่อใช้เป็นสารเสริมใยอาหารในโดนัท สิริมา ชินสาร และ กฤษณะ ชินสาร
85-88	ผลของการเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายระหว่างการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสต่อคุณภาพของลูกตาลอ่อนกึ่งแห้ง วิชมณี ยืนยงพุทธกาล ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล ช่อทิพย์ โกมลวาทิน และ สิริมา แต่สกุล
89-92	การประเมินคุณภาพของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมผลไม้ระหว่างการเก็บที่สภาวะแช่เย็น วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สันทัด วิเชียรโชติ จตุพร ทองแดง และ วณิชชา ศรีโชติ
93-96	ผลของการเติมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ ภัทราวดี แดงอุไร อโนชา สุขสมบูรณ์ และอาภัสรา แสงนาค
97-100	ผลของเกลือฟอสเฟตต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ พัณนิดา ผาลี รัตน์ชฎาพร ลักษณะโยธิน อโนชา สุขสมบูรณ์ และสมถวิล จริตควร
101-104	การพัฒนาเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน วิชชุดา สังข์แก้ว และ ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา
105-108	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองขนาดไมโครต่อคุณภาพของผักกาดหอมคอสตัดแต่ง พรพรรณ เล็กขำ วาริช ศรีละออง ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ
109-112	ผลของสารละลาย Acidified Sodium chlorite และ Chlorine Dioxide ต่อการลดเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน และการรักษาคุณภาพของมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งพร้อมบริโภค ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ วาริช ศรีละออง อารีลักษณ์ แก้วเล็ก และพรพรรณ เล็กขำ
113-116	การเคลือบไคโตซานในพริก (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot เพื่อรักษาคุณภาพในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง Angelyn T. Lacap และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
117-120	การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ ชลิดา ฉิมวารี พนิดา บุฤทธิ์ธงไชย และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
121-124	การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้า ภาวิณี ถาวรนิตยกุล อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
125-128	ผลของสารเคลือบ Sucrose fatty acid ester ต่อคุณภาพสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา อภิชัย เจนจบ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และอภิรดี อุทัยรัตนกิจ
129-132	การประยุกต์ใช้น้ำคั้นสับปะรดในการลดการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ณิชาภัทร แก้วมณี เฉลิมชัย วงษ์อารี สุริยัณห์ สุภาวานิช และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย
133-136	อิทธิพลของเมธิลจัสโมเนสต่อคุณภาพของเงาะพันธุ์โรงเรียนที่เก็บในถุงแอคทีฟ Chung Thi Trinh , กัลยา ศรีพงษ์ สุภา พ่วงนิ่ม อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
137-140	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของอ้อยดำพื้นเมืองสำหรับพัฒนาเป็นพืชอาหารสัตว์ กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ ประทีป อูปแก้ว
141-144	โภชนาการของเนื้อผลเคพกูสเบอร์รี่ (*Physalis peruviana* L.) ภัชรี สิทธิกิจโยธิน และ พรชัย เหลืองบริสุทธิ์
145-148	ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ยาตรา จำปาเฟื่อง เยาวภา ไหวพริบ และ อนันต์ ทองทา
149-152	ผลของแสง LED สีแดงและสีน้ำเงินต่อคุณภาพโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ของกล้วยไม้สกุลหวาย สุกัญญา เอี่ยมลออ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ กัลยา ศรีพงษ์
153-156	ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกากถั่วเหลือง นิรมล ปัญญ์บุศยกุล กนกอร บันเทิงสุข และ สถาพร พัดทอง
157-160	การเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกากถั่วเหลือง โดยกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียที่คัดแยกจากถั่วหมักพื้นบ้านของไทย สุพิชญา เหล่าทอง วงศธร งามเผือก จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ กนก รัตนะกนกชัยและรัตติยา แววนุกูล
145-148	ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ยาตรา จำปาเฟื่อง เยาวภา ไหวพริบ และ อนันต์ ทองทา

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
161-164	การคัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถผลิตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากอาหารหมักของไทย สไลเนียง นิม สุพิชญา เหล่าทอง จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน กนก รัตนะกนกชัย และรัตติยา แววนุกูล
165-168	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักผงปรุงรสโรยข้าว (ฟุริคาเคะ) เพื่อสุขภาพรสต้มยำ ประภาสิริ แก้วศรีโท ณัฐิรา อ่อนน้อม อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ ธัญญ์นลิน วิญญูประสิทธิ์ รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์ นฤมล ศรีเด่น อมรรัตน์ เอื้อสลุง และ ยุราพร สหัสกุล
169-172	การใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตพาสต้าข้าวเจ้าเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว แบบแผ่นกรอบขึ้นรูปจากทุเรียน อารีรัตน์ ทองสุทธิ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์
173-176	สมบัติทางชีวภาพของเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวและการนำไปใช้ในซอร์เบทโปรไบโอติก สุภณิดา พัฒธร และ นงลักษณ์ ศิริรึก
177-180	การทดสอบผลผลิตมันสำปะหลัง พันธุ์เคยู-สกลนคร ในสภาพพื้นที่แปลงเกษตรกร สกล ฉายศรี ชัยรัตน์ คำหา ทัศนีย์ จันภูถิ่น รัชชานนท์ ผงทอง ทัศนีย์ ไตรยนาม อำพล เหล่ามาลา วีระพงษ์ เหล่าลาภะ พชรดา ฉายศรี โอภาษ บุญเส็ง และ เอ็จ สโรบล
181-184	ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลอินทรีย์ ชินกฤต สุวรรณคีรี สมภพ บุญทิม ทัพไท หน่อสุวรรณ ฐากูร ปัญญาใส สมศักดิ์ จีรัตน์ ชินวร พิริยพงศ์พิทักษ์ ถิรสิน ใจปะ และนิตยา บุญทิม
185-188	ผลของ ϒ-Polyglutamic Acid ต่อการเจริญและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ กฤตชญา อิสกุล วรณัน คำโสกเชือก นุชนภา โคตะบิน และ อรวรรณ ชุณหชาติ
189-192	ผลของอุณหภูมิและความเร็วรอบสกรูของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาท สัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่ปราศจากกลูเตน มณี วัฒนาเพิ่มพูล โมทนา สมเสียง ลลิตา เทวินภิบาลพันธุ์ นิพร เดชสุข มณฑิรา นพรัตน์ และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์
193-196	คุณภาพทางกายภาพระหว่างการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน ธัชวีร์ ขวัญแก้ว

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน

197-200 ความแปรปรวนของปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยด

นันทิยา พนมจันทร์ และ ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย

201-204 การแยกแอคติโนมัยสีทที่สามารถยับยั้ง *Curvularia lunata* สาเหตุของโรคเมล็ดด่างในข้าว

เจนจิรา เดชรักษา และ สลิลา สุรวัฒนกิจ

205-208 ผลของอุณหภูมิอบแห้งและความเข้มข้นเควอซิทินในสารละลายที่มีต่อการกักเก็บสารเควอซิทิน โดยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย

สุภาภรณ์ เลขวัต อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์ กฤษ เหลืองโสภาพันธ์ และ ปิยานี รัตนชำนอง

209-212 ผลของสารละลายนาโนไคโตซานต่อสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฉายรังสีแกมมา

สุกัญญา เอี่ยมลออ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ วรรณวิมล ปาสาณพันธ์ และ ชลิดา ชลไมตรี

213-216 การศึกษาฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ของพืชสมุนไพรวงศ์ขิง

นิตยา บุญทิม อนุชารักสันติ สายสมร ลำยอง วสุ ปฐมอารีย์ ชินกฤต สุวรรณคีรี และ สมภพ บุญทิม

217-220 ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีในผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas*)

สุรศักดิ์ สัจจบุตร วชิราภรณ์ ผิวล่อง ศิริลักษณ์ ชูแก้ว และจารุรัตน์ เอี่ยมศิริ

221-224 ปริมาณแอนโธไซยานินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกดาหลา

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง กัลยาภรณ์ จันตรี จรัสฟ้า โหมดสุวรรณ นภาภรณ์ แซ่ลี้ ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

225-228 ผลของพีเอชต่อการสกัดแอนโธไซยานิน และสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวทับทิมชุมแพ

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง จรัสฟ้า โหมดสุวรรณ นภาภรณ์ แซ่ลี้ ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

229-232 ปริมาณเมลาโทนินในสาหร่ายทะเลที่พบทางภาคใต้ของประเทศไทย

ณัฐหทัย สุทธิวงษ์ นภัสวรรณ สุนทร ปิยดา สุขดี และ รัตนา ตันติศิริวิทย์

233-236 คุณภาพและการยอมรับของมะม่วงมหาชนกแผ่นอบแห้งผสมแครอท ฟักทอง ข้าวโพด และมันเทศสีเหลือง

ทัตดาว ภาษีผล ปณิดา กลมเกลี้ยง และ ศิรินดา โพธิ์ทอง

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
237-240	ผลของการเติมผงใบย่านางต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ดุลย์จิรา สุขบุญญสถิตย์ พิราวรรณ สิงห์พร และ สุพิชญา สว่างวงษ์
241-244	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียนจากเศษเหลือ จิตรทิวา ทับนาค ฐิติกาญจน์ กลักกลิ่น นริศรา คำคง อัจฉรา พรหมแสง และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
245-248	ผลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อมต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อม เจนจิรา ใจแข็ง ณัฐนารี คุณเดชะ พีรดา โชคชัยธนาวิวัฒน์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
249-252	ผลของอัตราส่วนระหว่างข้าวกล้องงอกหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และข้าวไรซ์เบอรี่ ที่มีผลต่อปริมาณสาร ออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ ปนิดา บรรจงสินศิริ เนาวพันธ์ ดลรุ้ง กฤตลักษณ์ ปะสะกวี และ จิราวัฒน์ เสถียรคมสรไกร
253-256	ผลของแป้งพรีเจลาติไนซ์ต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของแผ่นอมมะขามป้อม วริพัสย์ อารีกุล ทักษพร อุดมวงศ์ศิริ และ ภัทนิภา มงคลบุตร
257-260	ผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบและข้าวเกรียบกระจับ ไพรินทร์ กปิลานนท์ สุริยา ฤธาทิพย์ และ อุทร ชิขุนทด
261-264	ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพของใบสะระแหน่สด (*Mentha cordifolia* Opiz.) บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนความ หนาแน่นต่ำระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ณัชชา บัวเทศ และ ธรรมรัตน์ ปราณอมรกิจ
265-268	การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของมะม่วงสายพันธุ์ต่างๆ อรพินธุ์ สฤษดิ์นำ
269-272	ผลของสารละลายไคโตซานผสมโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโนต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ที่ปนเปื้อนในผักและผลไม้ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ พริมา พิริยางกูร
273-276	ผลของระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชี (*Coriandrum sativum* L.) อังคณา จันทรพลพันธ์ เกศกนก ลครพล และ สุภาวดี เทียบดอกไม้

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
277-280	ผลขององค์ประกอบของน้ำที่ใช้ปลูกต่อสมบัติทางเคมีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี ทัตดาว ภาษีผล ดาราวรรณ กันฮะ และสุภาพร ผาหล้า
281-284	การเปลี่ยนแปลงในฤดูกาลต่อลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยาของใบสละภายใต้ร่มเงาสวนยางพารา ปิยะนุช มุสิกพงศ์ ระวี เจียรวิภา สุรชาติ เพชรแก้ว และอมรรัตน์ จันทนาอรพินท์
285-288	ผลของต้นตอต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตของมะนาวพันธุ์แป้นพวง กุศล เอี่ยมทรัพย์ สดศรี เนียมเปรม และ จุติณัฏฐ์ ธนกิจวนิชกุล
289-292	การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการจัดจำหน่ายพร้อมอุปกรณ์นำส่งสำหรับยาชาจากพืชสมุนไพร บุษกร ประดิษฐนิยกูล วิสะนี เหนือเมฆิน และ พิพัฒน์ เนียมเปรม
293-296	ผลของการฉายรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ที่มีต่อการรอดชีวิตของมอดแป้ง (*Tribolium castanem* Hbst.) ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ วณิช ลิ่มโอภาสมณี และ ทศพล แทนรินทร์
297-300	การเปรียบเทียบผลในการทำหมันโดยการฉายรังสีเอ็กซ์กับรังสีแกมมาต่อแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สายพันธุ์แถบหลังขาว ทศพล แทนรินทร์ วณิช ลิ่มโอภาสมณี และ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์
301-304	พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ตำบลท่าขอนยางอำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ฤชุอร วรรณะ วัชรพล เชื้อวังคา และ พรรณทิวา กว้างเงิน
305-308	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกระชายดำด้วยเทคนิค RAPD บวร ตันติวรชัย มนฑิณี กมลธรรม สะใบทอง ภูมิคอนสาร และ ชุติมา สาตรจีนพงษ์
309-312	การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการชักนำเมล็ดอ่อนให้เจริญเป็นต้นใหม่และการชักนำข้อให้เกิดยอดของต้นรักใหญ่ รหัสสายพันธุ์ 005Glabar (*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou) โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ รุจิรา รักราวี อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม แก้วนภา กิตติบรรพชา และ ปิยรัษฎ์ ปริญญาพงษ์ เจริญทรัพย์
313-316	สารสีที่โดดเด่นในมะระสุก (*Momordica charantia* L): บีตาแคโรทีนในเนื้อผลและไลโคพีนในเยื่อหุ้มเมล็ด สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ จุไรรัตน์ รัตนพันธ์ ศุภลักษณ์ วิทยา และ อุทร ดีเลือก

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
317-320	อิทธิพลของการสูญเสียน้ำต่อการเกิดสีน้ำตาลในหน่อไม้หวาน (*Dendrocalamus asper* Backer) ที่เก็บเกี่ยวแล้ว สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ วีรพล ชวศิริกุลฑล เกษม สุวรรณ์นัง และ อุทร ดีเลือก
321-324	การใช้ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์เป็นเชื้อปลูกเพื่อส่งเสริมการเจริญของพริก พงศ์ระวี นิ่มน้อย พรชนก สุขธรรม และ นีลวรรณ พงศ์ศิลป์
325-328	การแยกและคัดเลือกไรโซเบียมเพื่อประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการเจริญของถั่วเขียว สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง และ อนุสรา ก๋าสม
329-332	ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำต่อคุณภาพของเมล็ดมะเขือพวง พิจิตรา แก้วสอน ชนิกานต์ เกิดกล้า และ ปริยานุช จุลกะ
333-336	ผลของปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักฮ่องเต้ในระบบไฮโดรโพนิกส์ ปรัชวนี พิบำรุง และ เหมวรรณ ธรรมเจตนา
337-340	การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบโดยชีววิธี ทินกร พันธ์งาม และ เพชรพิกุล วางมูล
341-344	การประเมินความต้องการธาตุอาหารของพริกขี้หนูยอดสนโดยการวิเคราะห์ดินและพืช ทิวาพร ผดุง ภาณุมาศ โคตรพงศ์ ปัญจพร เลิศรัตน์ ศุภกาญจน์ หล่ายแปด และ การิตา จงเจือกลาง
345-348	ผลของ Forchlorfenuron ต่อการพัฒนาผลและการสุกของกล้วยไข่ ธนัญญา หมาดหมัน กัลยาณี สุวิทวัส ศุภธิดา อับดุลลากาซิม และ ภาสันต์ ศารทุลทัต
349-352	ผลของ pH และความเข้มข้นของโมลิบดีนัมในการเจริญเติบโตของแหนแดง (*Azolla microphylla*) ปทุมมาลย์ นาคสมพันธ์ ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ลพ ภวภูตานนท์ และ ภาสันต์ ศารทูลทัต
353-356	การพัฒนาสีผลต่อคุณภาพเมล็ดพริกพันธุ์เหลืองทองของเกษตรกร บ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง สกลนคร จังหวัดสกลนคร ศุภาวรรณ ประพันธ์ นัฐวัฒน์ ต้นคำใบ และ วรรณญา พรหมบุตร
357-360	เสถียรภาพของผลผลิตเมล็ดและชีวมวลในลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวีย สินีนาฏ เกิดทรัพย์ อนุรักษ์ อรัญญนาค พัชรินทร์ ตัญญะ พรศิริ เลี้ยงสกุล และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
361-364	การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสม วิไลรัตน์ ฤกษ์วิรี อนุรักษ์ อรัญญนาค พัชรินทร์ ตัญญะ พรศิริ เลี้ยงสกุล และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์
365-368	ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการพัฒนาของต้นอ่อนหญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) ในสภาพปลอดเชื้อ วัลยา มงคลสวัสดิ์ สุกัญญา สมตน และ ฉัตรสุดา วุฒิพา
369-372	การประเมินน้ำหนักเมล็ดสบู่ดำที่น้อยที่สุดเพื่อหาปริมาณน้ำมันและการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำมันจากเมล็ดที่มีและไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดในสบู่ดำ 14 สายพันธุ์ กรรณิกา ฝอยทอง ผกายวรรณ ซื่อสัตยวงศ์ พัชรินทร์ ตัญญะ อนุรักษ์ อรัญญนาค ชูศักดิ์ จอมพุก และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์
373-376	ผลของตำแหน่งใบ และสูตรอาหารต่อการขยายพันธุ์ฮาโวเทียในสภาพปลอดเชื้อ วศิน ทองพิสิฐสมบัติ พัชรียา บุญกอแก้ว และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์
377-380	ผลของกากน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง ปิยะรัตน์ วิจักขณ์สังสิทธิ์, รัตนะ บุลประเสริฐ และอเนก สุขเจริญ
381-384	ความหลากชนิดและการใช้ประโยชน์ของพืชวงศ์ทานตะวันในป่าชุมชนตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ พัทธชัย ปิ่นนาค และ โชติกา ศรีอะนัน
385-388	การขยายพันธุ์พืชสกุลผักกะสัง 3 ชนิดที่พบในประเทศไทยในสภาพปลอดเชื้อ พรสุดา ศิริรักวงษา ดวงพร บุญชัย พัชรียา บุญกอแก้ว และ เฉลิมพล สุวรรณภักดี
389-392	ความหลากชนิดของเห็ด พื้นที่ป่าชุมชนบ้านท่าล้ง ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี จาตุรงค์ จงจีน และศศิธร ธงชัย
393-396	การดูดซับเหล็กออกจากสารละลายด้วยแกลบ สุชาดา สวัสดี และประชาติ วัชรบัณฑิต
397-400	การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยถ่านกัมมันต์จากใบอ้อย โดยใช้สมการแลงมัยร์และฟรุนดลิช สุชาดา สวัสดี และประชาติ วัชรบัณฑิต

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
401-404	ผลของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด เกศศิรินทร์ แสงมณี ธีระรัตน์ ชิณแสน และ ดารณี ยุพิน
405-408	ผลของแพกโคลบิวทราซอลต่อการเพาะเลี้ยงต้นแชมร็อกในสภาพปลอดเชื้อ ศิวพร เสือขำ พัชรียา บุญกอแก้ว และ กนกวรรณ ถนอมจิตร
409-412	ผลของการใช้คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายสองพันธุ์ ณัฐวร กะโห้เหม พัชรียา บุญกอแก้ว และ กนกวรรณ ถนอมจิตร
413-416	การเตรียมและวิเคราะห์ลักษณะของถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟที่ใช้เป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะเหล็กในกระบวนการ CO Hydrogenation เกศศิริ เหล่าวชิระสุวรรณ และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
417-420	ความหลากหลายทางพันธุกรรมของหม่อนสายพันธุ์ลูกผสมแบบเปิด ของพันธุกรรมไทย จีน และพม่า โดยใช้เครื่องหมาย ISSR ธนพร ขจรผล วรรณดี รักษ์ธรรม พุทธพร วิวาจารย์ และ ชลธิรา แสงศิริ
421-424	การผลิตกรดอะซิติกร่วมกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเปลือกสับปะรด รัตนโชค ไชยสอน เกียรติศักดิ์ สมเป้ง ธนพัฒน์ บุณสิริโชคชัย และ พรพิมล กาญจนวาศ
425-428	การศึกษาการอบแห้ง และกรรมวิธีการทำชาจากใบบัวหลวง วศินี จิรวัฒนโสภณ อุทัยวรรณ ท้ายเมือง วรินธร พูลศรี และกรรณพต แก้วสอน
429-432	การทำลายการพักตัวของเมล็ดบัวถาดวงศ์อุบลชาติ อิศราพงษ์ แคนทอง รุจิรา เดชสูงเนิน และ ดาวรุ่ง วัชรินทร์รัตน์
433-436	ผลของวิธีการตัดแบ่งและการชำต่อการขยายพันธุ์บัวดิน (*Zephyranthes* 'Bangkok Yellow') วุฒิพงษ์ แปงใจ
437-440	การทดสอบความงอกของเมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมเอทรานส์ เยาวมาลย์ น้อยใหม่ รุจิรา เดชสูงเนิน และ รัชตา ทนวิทูวัตร
441-444	การปลูกผักสลัดในวัสดุปลูกแทนดินโดยไม่ใช้สารเคมีสำหรับชุมชนเมือง วสุ สันติมิตร

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
445-448	ผลของปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศเชอรี่ในระบบปลูกพืชแบบซับสเตรท ธานี ศิริโสม ปริยานุช จุลกะ พิจิตรา แก้วสอน และพัชรียา บุญกอแก้ว
449-452	การประยุกต์ใช้ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวในการเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ ภัทราภรณ์ โพธา นิภากานต์ พลงาม และ กัมพล ปาละอุด
453-456	การผลิตไบโอดีเซลจากไขมันแพะโดยใช้ตัวทำละลายร่วม ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ สุวิมล เจริญการค้า รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ
457-460	การประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของหม่อนลูกผสมเปิด เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ สุจารี นนทโคตร รีนา แซ่แต้ พุทธพร วิวาจารย์ ชลธิรา แสงศิริ และ ธนพร ขจรผล
461-464	การรอดชีวิตของโพรไบโอติกในไอศกรีมนมเสริมแอนโทไซยานินสกัดจากกากเม่า พิทยา ใจคำ
465-468	ผลของกัมจากใบย่านางต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ที่อาศัยในลำไส้ใหญ่ภายใต้สภาวะจำลอง พิทยา ใจคำ จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และพวงชมพู หงษ์ชัย
469-472	สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร สุทธิดา วิทยาลัย ไพรัตน์ เฟื่องทะนง และ กีรติ ตันเรือน
473-476	ผลของระยะเวลาในการย่อยต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของ โปรตีนไฮโดรไลเซตจากปลาดาบเงิน จิรนาถ บุญคง และ การันต์ พุกชัยวาณิชย์
477-480	พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสมุนไพรตรีผลานานาผล พจนินท์ รอดผัน ศราวิน จินตยานนท์ ปัทมาวรรณ อาภรณ์ผล สุพัตรา พรมเกาะ สุรัสวดี ประพันธ์ และ เอมอร ชัยประทีป
481-484	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตมะเขือเปราะพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์ กฤษณา บุญศิริ พัชร ปิริยะวินิตร และ กัญญาภรณ์ พิพิธแสงจันทร์
485-488	ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* พัชรินทร์ มีทรัพย์ และ สุวิชญา บัวชาติ

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
489-492	ผลของสารสกัดหยาบจากมะรุมต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน
	นวพร ลาภส่งผล ณีรนุช ดวงวงษา และ สุปรานี น้อยจินดา
493-496	พิษเฉียบพลันของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาว
	สมิง จำปาศริ กิตติมา วานิชกูล จิราพร กุลคำ ชวลิต เหนือสุข และ มณฑิรา มีศิลป์
497-500	การสกัดกรดกลูตามิกจากมะเขือเทศ
	อภิชญา แซ่เต๋ง ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
501-504	คุณสมบัติทางเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสของโพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ
	พริมา พิริยางกูร นันท์นภัส ขำโต และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล
505-508	ผลของการเสริมกากแครอทต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก
	ธัญญารัตน์ แซ่ภู่ วาสนา แสงประเสริฐ และ ศรัญญา วอขวา
509-512	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผสมน้ำแครอทเสริมแป้งข้าวโพด
	พรรณนภา ไชยเกล้า และ ศรัญญา วอขวา
513-516	คุณภาพบางประการของเนื้อลำไยสดที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่ง
	พิทยา ใจคำ และ ปิยธิดา สุดเสนาะ
517-520	การให้แคลเซียมทางใบเพื่อรักษาคุณภาพชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ หลังการเก็บเกี่ยว
	ภาณุมาศ โคตรพงศ์ ทิวาพร ผดุง การิตา จงเจือกลาง เจนจิรา เชาว์ไว และ สุวรรณี ชะเอม
521-524	การประยุกต์ใช้เจลว่านหางจระเข้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะโรงเรียน
	ประกายดาว ยิ่งสง่า พงศ์พล เต็มศรี พิชย์ชัย ทองนวรัตน์ สุทธินาถ สุขสวัสดิ์ชน และ ทรงชล กระแสสินธุ์
525-528	ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเมมเบรนและการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลองกองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
	วารุณี จอมกิติชัย ชนิกาญจน์ จันทร์มาทอง และ วันวิสาข์ พิระภาค
529-532	ประสิทธิภาพของขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพในการชะลอการสุกและยืดอายุกล้วยหอมทอง
	กิตติ เมืองตุ้ม
533-536	ผลของความเข้มข้นสารสกัดแทนนินต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู
	พิจิตรา แก้วสอน ศุภกร สมิงดาว ปริยานุช จุลกะ และ จรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
537-540	ผลของแสงยูวีต่อคุณภาพผลของมะเขือเทศเชอรี่ในระหว่างการวางจำหน่าย ภาณุมาศ โคตรพงศ์ สุวรรณี ชะเอม การิตา จงเจือกลาง และ เจนจิรา เชาว์ไว
541-544	การยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ภาณุมาศ โคตรพงศ์ การิตา จงเจือกลาง สุวรรณี ชะเอม และ เจนจิรา เชาว์ไว
545-548	การเคลือบเมล็ดที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง สุปราณี งามประสิทธิ์ วราภรณ์ วงศ์พิลา ยุวดี อินจันทร์ กิ่งกานท์ พานิชนอก และ สกล ฉายศรี
549-552	ความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะสัณฐานวิทยาของข้าวพันธุ์สังข์หยด นันทิยา พนมจันทร์ ณัฐสุดา มีหกวงษ์ และ ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย
553-556	ผลกระทบของวิธีการปรุงต่อปริมาณฟีนอลิก วิตามินซี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในใบตำลึง พริมา พิริยางกูร กนกวรรณ พุ่มนิล และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล
557-560	ผลของรูปแบบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารและการพ่นแคลเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศที่ปลูกในโรงเรือน ผกามาศ แท่นแก้ว ปริยานุช จุลกะ และ พิจิตรา แก้วสอน
561-564	การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ฉลาดแบบมีแผ่นชี้วัดการหืนเพื่อบ่งชี้อายุการเก็บของทุเรียนทอดในสภาวะเร่ง รัชนีวรรณ กุลจันทร์, วารี จารุวัฒนายนต์ และบุษกร ประดิษฐนิยะกูล
565-568	อิทธิพลของการปลูกพืชร่วมระหว่างข้าวโพดหวานลูกผสมและถั่วเขียวพันธุ์ใหม่ 3 พันธุ์ต่อผลผลิตและค่าการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดิน ทองมี เหมาะสม และ รัชตา ทนวิทูวัตร
569-572	ผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ ศิริลักษณ์ ชูแก้ว สุรศักดิ์ สัจจบุตร วชิราภรณ์ ผิวล่อง วนิช ลิ่มโอภาสมณี ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ และ ทศพล แทนรินทร์
573-576	การเจริญเติบโตและพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้สกุลหวาย ที่ปลูกเลี้ยงภายใต้สภาพโรงเรือนที่แตกต่างกัน กีรติ อุสาหวงษ์ พัชรียา บุญกอแก้ว พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และ อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
577-580	ผลของแหล่งคาร์บอนและ pH ต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกที่คัดเลือกได้จากผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก
	ณัฐธิดา โอทารัม สิริอร มุลมณี และ ชื่นจิต จันทจรูญพงษ์
581-584	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บญวณจากแป้งข้าวไรซ์เบอรีผสมน้ำสกัดสมุนไพร
	ภัทราวดี วงษ์วาศ นครินทร์ ศรีปัญญา และวิชุดา ตามัย
585-588	ผลของผงเปลือกมะม่วงต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเค้ก
	อินทิรา ลิจันทร์พร นันท์ชนก นันทะไชย ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ และ อัญชลินทร์ สิงห์คำ
589-592	ผลของมะรุมผงต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมนม
	นวพร ลาภส่งผล จีรนันทน์ สุขเกษม ณัฐฑิฌา คเชนทรพรรค และ ศรัณยา จังโส
593-596	การผลิตน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดเสริมโปรไบโอติก
	ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ และ เจริญ เจริญชัย
597-600	การใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดแคโรทีนอยด์: กรณีศึกษาในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
	ศรินญา สังขสัญญา พิสุทธิ หนักแน่น อรัญญา มิ่งเมือง และ สิริฉัตร ชนะดัง
601-604	ผลของการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งต่อคุณภาพของน้ำลำไย
	พิทยา ใจคำ และ ปิยธิดา สุดเสนาะ
605-608	การเปรียบเทียบการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี
	สุนันท์ นวลเพ็ง
609-612	การห่อหุ้มวิตามินอีในเม็ดบีดส์โซเดียมอัลจิเนตด้วยวิธีไฟฟ้าสถิต
	ชนกพร อภิบุญ พชรพร ฤทธิรณ ศิรดา สังสินชัย และชลิดา เนียมนุ้ย
613-616	การประยุกต์ใช้แป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ร่วมกับน้ำมันพืชทดแทนมันหมูใน
	ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์
	กมลพรรณ แก้วเกร็ด และ สุดา ชูถิ่น
617-620	สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีทากูชิ
	พัตราพร ภูวดลไพศาล
621-624	การพัฒนาข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง
	ดาวใจ สนิทกูล ชุติมณฑ์ เหล่าผา และ กษมา ชารีโคตร

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
625-628	ผลของการอบแห้งกระเจี๊ยบเขียวต่อสารประกอบฟีนอลิกชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิ วัฒนา วิริวุฒิกร
629-632	อิทธิพลของแสงสีต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. อลิษา สุนทรวัฒน์ ชวนพิศ จิระพงษ์ ทัศนีย์วรรณ แพงศิริ และ หนึ่งฤทัย โยปัญญา
633-636	ไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* sp. ในต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง ชวนพิศ จิระพงษ์ ปิยนันท์ น้อยรอด อลิษา สุนทรวัฒน์ ปัญจรัตน์ รัตนไพศาลสิน และ สุกัญญา ทิมพิทักษ์
637-640	จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบการปลูกกาแฟอาราบิก้าแบบวนเกษตร กนกอร อัมพรายน์ รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์ อนันต์ พิริยะภัทรกิจ วชิระพร สุภาวงศ์ ภัทรวดี เก่งกว่าสิงห์ ศศิพิมล อ่องสา และ นุชจรินทร์ จันทร์แจ่ม
641-644	การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นพรีไบโอติกในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต ปิยนุสร์ น้อยด้วง อารีรัตน์ อิฏฐกรพันธ์ และ วศินี มฤคทัต
645-648	ศึกษาปริมาณหัวเชื้อ น้ำผึ้ง และคาร์ราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และ เอกพล ชัยศรีรัตนกุล
649-652	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของขนมปั้นขลิบจากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ นันท์ชนก นันทะไชย พรพรรณ พันธุ์เจริญ และ ภูวกร น้อยแกว
653-656	การเปรียบเทียบวิธีการสกัดดีเอ็นเอจากใบโคลงเคลง (*Melastoma malabathricum* L.) ชมนาถ เกิดคง และ เนตรชนก นุ้ยสีรุ่ง
657-660	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบ ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ อินทิรา ลิจันทร์พร และ นันท์ชนก นันทะไชย
661-664	ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของมะละกอสุกตัดแต่งพันธุ์ปลักไม้ลาย วีรดา ธนพงศ์ธรรม พริมา พิริยางกูร และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล
665-668	ฟองอากาศขนาดไมโครส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอสที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ในอุณหภูมิต่ำและสูง ปาริฉัตร แซ่ล่าย ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ วาริช ศรีละออง ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

หน้า	ชื่อเรื่องและผู้เขียน
669-672	ผลของแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพของต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ สุภา พ่วงนิ่ม อภิชัย เจนจบ สุนทร โมลา ชลิดา ชลไมตรี ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
673-676	การนำสารสมุนไพรไปใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอน อารีย์ อินทร์นวล และ จิตรลดา โยพิน

การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากถั่วหมักพื้นบ้านไทย
Isolation of Exopolysaccharide Producing Bacteria from Thai Traditional Fermented Soybean

วงศธร งามเผือก[1] สุพิชญา เหล่าทอง[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] ภัทรา ผาสอน[2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] กนก รัตนะกนกชัย[1] และรัตติยา แววนุกูล[2]

Ngampuak, V.[1], Laothong, S.[1], Tachaapaikoon, C[2],. Pason, P.[2], Laohakunjit, N.[1], Ratanakhanokchai, K.[1] and Waeonukul, R.[2]

Abstract

The objective of this work is to isolate bacteria with exopolysaccharide (EPS)-producing capacity and to characterize the EPS. More than 300 colonies isolated from various Thai traditional fermented soybean, only 14 isolates showed the mucous appearance on solid plates. The results showed that only 4 isolates, namely, LY4/9, LY4/15, LY7/16 and LY8/3 can synthesize a high amount of EPS (up to 20.00 gL^{-1}) when cultivated in nutrient broth medium containing 2% (w/v) sucrose. Additionally, the results indicated that EPS from these isolates were levan polysaccharides comprising of only fructose monomers. These EPS exhibited antioxidant activities when measuring DPPH free radical scavenging assay. The isolated LY4/9 and LY8/3 were identified as *Bacillus tequilensis* while the isolated LY4/15 and LY7/16 were identified as *Bacillus subtilis*. These 4 isolated strains were non-pathogenic bacteria and safe. Therefore, EPS with antioxidant activity from these strains are useful for several applications in food, cosmetics, medicine and other areas.

Keywords: Bacteria, Exopolysaccharide, Fermented Soybean, Levan

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์และศึกษาคุณสมบัติของเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้ จากแบคทีเรียที่คัดแยกได้มากกว่า 300 สายพันธุ์ จากถั่วหมักพื้นบ้านไทย พบว่ามีเพียง 14 สายพันธุ์ที่มีลักษณะโคโลนีเป็นเมือกเหนียว และเมื่อนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีซูโครสเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่ามีเพียง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ LY4/9 LY4/15 LY7/16 และ LY8/3 ที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ให้ผลผลิตสูง (มากกว่า 20.00 กรัมต่อลิตร) จากผลการทดลอง พบว่าพอลิเมอร์ที่เชื้อทั้ง 4 สายพันธุ์ผลิตได้ เป็นลีแวนพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโตสเพียงชนิดเดียว และยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อตรวจสอบด้วยวิธีดีพีพีเอช เมื่อตรวจสอบสายพันธุ์ พบว่า LY4/9 และ LY8/3 เป็น *Bacillus tequilensis* ขณะที่ LY4/15 และ LY7/16 เป็น *Bacillus subtilis* โดยทั้ง 4 สายพันธุ์เป็นแบคทีเรียที่ไม่ก่อโรคและปลอดภัย ดังนั้นเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากเชื้อทั้ง 4 สายพันธุ์ สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา เวชสำอาง และอื่น ๆ ได้

คำสำคัญ: ถั่วหมัก แบคทีเรีย ลีแวน เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์

คำนำ

ปัจจุบันในหลาย ๆ อุตสาหกรรมมีการนำพอลิแซ็กคาไรด์ธรรมชาติจากพืช เช่น สตาร์ช อัลจิเนต กัมอะราบิก และแมนแนน มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย แต่ผลผลิตและคุณภาพของพอลิแซ็กคาไรด์จากพืชที่ได้ ยังไม่มีความแน่นอนและสม่ำเสมอ เนื่องจากความเสียหายของพืชผลทางการเกษตร ภูมิอากาศ ปัญหาสิ่งแวดล้อมในแต่ละฤดูกาล และโรคระบาดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดหนึ่งของการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์จากพืชคือ พืชชนิดหนึ่ง ๆ สามารถผลิตพอลิแซ็กคาไรด์หลายชนิดพร้อม ๆ กัน ทำให้ต้องเพิ่มขั้นตอนการแยกพอลิแซ็กคาไรด์ที่ต้องการออกมาทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นผลิตภัณฑ์พอลิแซ็กคาไรด์หรือเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ (Exopolysaccharide, EPS) โดยกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรีย น่าจะเป็นทางเลือกหรือเป็นแหล่งพอลิแซ็กคาไรด์

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2]Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

ทดแทนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์จากแบคทีเรียมีข้อดีคือ สามารถผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ได้จำนวนมาก และสามารถควบคุมคุณภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้ โดยควบคุมสภาวะในการหมัก ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีความสนใจในการคัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ในปริมาณสูงและมีประโยชน์ทางกิจกรรมชีวภาพ หนึ่งในแหล่งของแบคทีเรียที่ผลิตพอลิแซ็กคาไรด์คือ ถั่วเหลืองหมักพื้นบ้านของไทยที่เรียกว่า ถั่วเน่า ซึ่งมีลักษณะยืดและเหนียวของพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตมาจากแบคทีเรียที่เป็นลักษณะอย่างเฉพาะตัว และมีการรายงานว่าเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ในถั่วเน่ามีประโยชน์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Srikanth และคณะ, 2015) เป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Patten และคณะ, 2013) และเป็นสารลดการอักเสบ (Tomulescu และคณะ, 2016) เป็นต้น ทั้งนี้เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากถั่วเน่าจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เภสัชกรรม และเวชสำอางต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมถั่วเหลืองหมักพื้นบ้านไทยตามท้องตลาดทางภาคเหนือของประเทศไทย นำมาคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ โดยนำถั่วหมักพื้นบ้านไทยมาเจือจางในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 โดยมวลต่อปริมาตร โดยทำการเจือจางตัวอย่างแบบสิบเท่า ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ เกลี่ย (Spread plate) ลงบนอาหารแข็ง Nutrient Agar (NA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน เพื่อคัดเลือกโคโลนีที่มีลักษณะเป็นเมือกเหนียว และนำมาเพาะเลี้ยงต่อในอาหารเหลว Nutrient broth (NB) ที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งคาร์บอน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวลต่อปริมาตร (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงแยกกากตะกอนเซลล์ออก นำส่วนของสารละลายใสมาผสมเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ที่ปริมาตร 3 เท่าของสารละลาย นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน นำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนพอลิเมอร์ ล้างตะกอนพอลิเมอร์ด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตรต่อปริมาตร นำไประเหยเอทานอลออก ที่อุณหภูมิห้อง คำนวณหาน้ำหนักแห้งที่ได้ และคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ดีและนำผลิตภัณฑ์เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์มาศึกษาในขั้นต่อไป

ทำการจำแนกเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับเบสของยีน 16S rRNA โดยทำการสกัดจีโนมิกดีเอ็นเอ และเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ 16S rRNA ด้วยเทคนิค PCR amplification โดยใช้คู่ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับบริเวณนี้ นำผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ขนาดด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเลคโตรโฟรีซิส และนำผลิตภัณฑ์ 16S rRNA มาตรวจสอบหาลำดับนิวคลีโอไทด์ และเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ โดยใช้ฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม BLAST ของ National Center of Biotechnology Information databases (NCBI databases)

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำตาลของเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ โดยชั่งเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้ 10 มิลลิกรัม เติมกรดไตรฟลูออโรอะซิติก (TFA) ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร นำสารละลายไปย่อยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หรือย่อยจนสมบูรณ์ จากนั้นทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ได้ด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatography (TLC)

ทำการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้วิธีดีพีพีเอช (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; DPPH) โดยดัดแปลงจากวิธี Liang และคณะ (2016) ทำการเตรียมสารละลายดีพีพีเอชความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ และละลายเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วง 0.5-5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มาละลายในน้ำ และปิเปตสารละลายเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ดังกล่าวมา 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายดีพีพีเอชปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร จากนั้นบ่มที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร และคำนวณเป็นค่าความสามารถในการยั้บยั้งอนุมูลอิสระ

ผลการทดลอง

จากการคัดแยกแบคทีเรียจากถั่วเหลืองหมักพื้นบ้านไทย พบแบคทีเรียมากกว่า 300 สายพันธุ์ และเมื่อสังเกตลักษณะโคโลนี พบเพียง 14 สายพันธุ์ที่มีลักษณะเป็นเมือกเหนียว โดยนำทั้ง 14 สายพันธุ์ มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว NB ที่มีน้ำตาลซูโครสเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวลต่อปริมาตร พบแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ดีเพียง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ LY4/9 LY4/15 LY7/16 และ LY8/3 โดยสามารถผลิตได้มากกว่า 20.00 กรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 1

หลังจากการจำแนกเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับเบสของยีน 16S rRNA ของแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่าทั้ง 4 สายพันธุ์อยู่ในสกุล *Bacillus* sp. โดย LY4/15 และ LY7/16 มีความคล้ายคลึงสูงสุดกับ *Bacillus subtilis* ในขณะที่ LY4/9 และ LY 8/3 มีความคล้ายคลึงสูงสุดกับ *Bacillus tequilensis* ซึ่งแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ เป็นแบคทีเรียไม่ก่อโรคและปลอดภัย จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำตาลของเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยการย่อยเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยกรด TFA และตรวจสอบชนิดของน้ำตาลด้วย TLC พบว่าเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ ประกอบไปด้วยมอนอเมอร์ของน้ำตาลฟรุกโตสเพียงชนิดเดียว ดังรูปที่ 2 โดยคาดว่าน่าจะเป็นเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ประเภทฟรุกแตนหรือลีแวน

เมื่อทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพทางด้านการยับยั้งสารอนุมูลอิสระของเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตได้ด้วยวิธีดีพีพีเอช พบว่าเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากทั้ง 4 สายพันธุ์ มีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าร้อยละ 50 โดยสายพันธุ์ LY8/3 มีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด โดยมากกว่าร้อยละ 68 ดังรูปที่ 3

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากแบคทีเรียที่คัดแยกได้มากกว่า 300 สายพันธุ์ จากถั่วหมักพื้นบ้านไทย พบว่ามีเพียง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ LY4/9 LY4/15 LY7/16 และ LY8/3 ที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ให้ผลผลิตสูง (มากกว่า 20.00 กรัมต่อลิตร) เมื่อจำแนกแบคทีเรียด้วยยีน 16S rRNA พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ LY4/15 และ LY7/16 มีความใกล้เคียงกับ *B. subtilis* ในขณะที่ LY4/9 และ LY8/3 มีความใกล้เคียงกับ *B. tequilensis* เมื่อนำเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ มาวิเคราะห์ชนิดของเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ พบว่าประกอบไปด้วยมอนอเมอร์ของน้ำตาลฟรุกโตสเพียงชนิดเดียว ซึ่งคาดว่าเป็นเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ประเภทฟรุกแตนหรือลีแวน จากงานวิจัยมีการรายงาน *B. subtilis* บางสายพันธุ์สามารถผลิตลีแวนได้ และมีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น *B. subtilis* NRC1aza สามารถผลิตลีแวนที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเนื้องอกในเซลล์ไลน์ของมนุษย์ (Abdel-Fattah และคณะ, 2012) และลีแวนที่ได้จาก *B. subtilis* NATTO มีฤทธิ์กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และมีผลช่วยยับยั้งการอักเสบเมื่อทดสอบในหนู (Xu และคณะ, 2006) แต่อย่างไรก็ตามลีแวนที่ผลิตจากแต่ละสายพันธุ์ พบว่ามีโครงสร้าง และคุณสมบัติทางชีวภาพที่แตกต่างกัน (Marvasi และคณะ, 2010) ในขณะเดียวกันยังไม่พบการรายงานของแบคทีเรีย *B. tequilensis* ในการผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ประเภทลีแวน อีกทั้งเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระอาจเนื่องมาจากเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์มีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยมอนอเมอร์ของน้ำตาลฟรุกโตสจำนวนมาก เมื่อเกิดสภาวะเครียดออกซิเดชัน เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์นี้สามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของน้ำตาลฟรุกโตสจะให้อิเลกตรอนแก่อนุมูลอิสระ ส่งผลให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรจึงยับยั้งการเกิดสภาวะเครียดออกซิเดชั่นได้ ดังนั้นเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เภสัชกรรม และเวชสำอางต่อไปได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560-2562

เอกสารอ้างอิง

Abdel-Fattah, A. M., Gamal-Eldeen, A. M., Helmy, W. A., Esawy, M. A., 2012, Antitumor and antioxidant activities of levan and its derivative from the isolate *Bacillus subtilis* NRC1aza, Carbohydrate Polymers, 89(2): 314-322.

Liang, T.W., Tseng, S. C., Wang, S. L., 2016, Production and characterization of antioxidant properties of exopolysaccharide(s) from *Peanibacillus mucilaginosus* TKU032, Marine Drugs, 14(2): 40.

Marvasi, M., Visscher, P. T., Martinez, L. C., 2010, Exopolymeric substances (EPS) from *Bacillus subtilis*: polymers and genes encoding their synthesis, FEMS Microbiology Letters, 313(1): 1-9.

Patten, D. A., Collett, A., 2013, Exploring the immunomodulatory potential of microbial-associated molecular patterns derived from the enteric bacterial microbiota, Microbiology, 159: 1535–1544.

Srikanth, R., Siddartha, G., Sundhar Reddy, C. H. S. S., Harish, B.S., Ramaiah, M. J., Uppuluri, K. B., 2015, Antioxidant and anti-inflammatory levan produced from *Acetobacter xylinum* NCIM2526 and its statistical optimization, Carbohydrate Polymers, 123: 8–16.

Tomulescu, C., Stoica, R., Sevcenco, C., Casarica, A., Moscovici, M., Vamanu, A., 2016, Levan – a mini review, Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, 20: 309-317.

Xu, Q., Yajima, T., Li, W., Saito, K., Ohshima, Y., Yoshikai, Y., 2006, Levan (beta-2, 6-fructan), a major fraction of fermented soybean mucilage, displays immunostimulating properties via Toll-like receptor 4 signalling:

induction of interleukin-12 production and suppression of T-helper type 2 response and immunoglobulin E production, Clinical and Experimental Allergy, 36(1): 94-101.

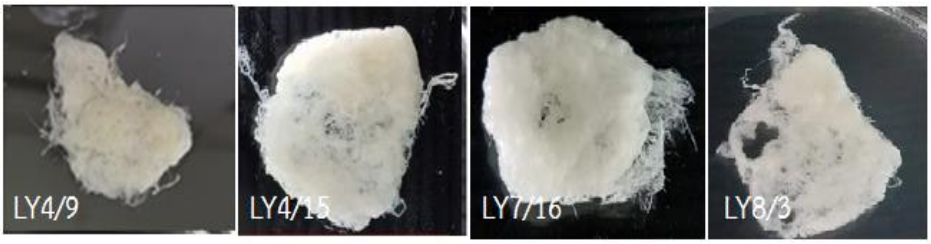


Figure 1 EPS from 4 strains: LY4/9, LY4/15, LY7/16 and LY8/3.

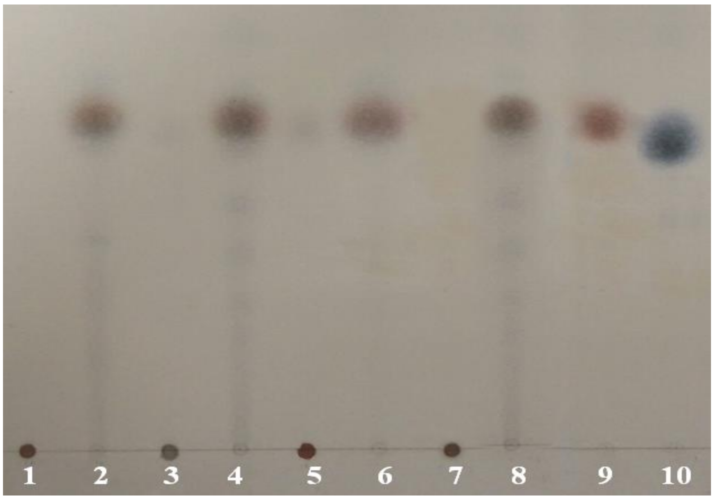


Figure 2 Analysis of sugar composition of EPS by TLC

Lane 1 and Lane 2: before and after hydrolysis of EPS from isolated LY4/9, Lane 3 and Lane 4: before and after hydrolysis of EPS from isolated LY4/15, Lane 5 and Lane 6: before and after hydrolysis of EPS from isolated LY7/16, Lane 7 and Lane 8: before and after hydrolysis of EPS from isolated LY8/3, Lane 9: Fructose standard and Lane 10: Glucose standard.

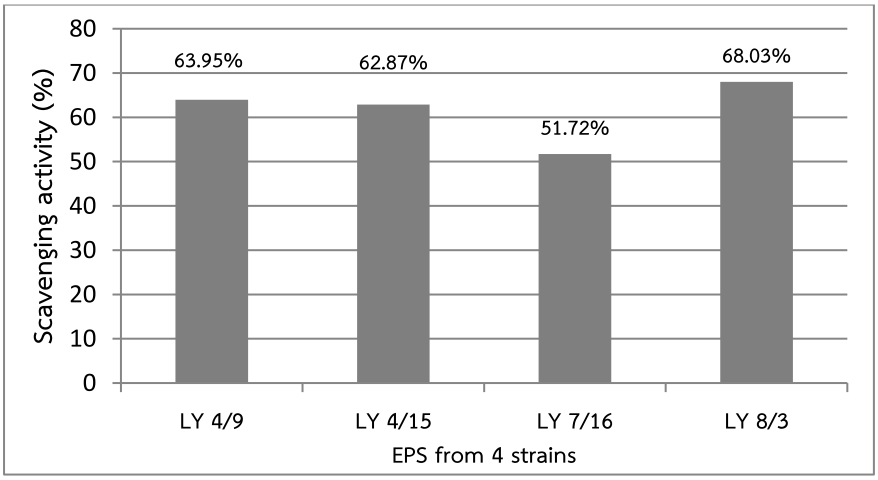


Figure 3 Free radical scavenging activity of EPS from 4 strains.

การพ่นสาร 6-benzylaminopurine ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลแก้วมังกร
Spraying 6-benzylaminopurine Affecting the Postharvest Quality of Dragon Fruits

ชลิดา ชลไมตรี[1] กัลยา ศรีพงษ์[1] สุนทร โมลา[1] อภิชัย เจนจบ[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2]
Cholmaitri, C.[1], Sripong, K.[1], Mola, S.[1], Jenjob, A.[1], Jitareerat, P.[1,2] and Uthairatanakij, A.[1,2]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of 6-benzylaminopurine (6-BA) spraying on the postharvest quality of dragon fruits. Dragon fruit (*Hylocercus undatus*) at 3 days after blooming were selected and weekly sprayed with 6-BA at concentrations of 0 (control), 25, 50 and 100 ppm until mature (3 times). After harvesting, fruit were washed with tap water, dried and packed in corrugated carton boxes, and then stored at 13°C for 15 days. Results showed that dragon fruits sprayed with 50 ppm of 6-BA had the largest fruit size and highest total soluble solids content. Spraying 6-BA at 50 ppm also delayed the color change of bract from green to yellow indicating by the lowest a* and b* values. Whereas, hue angle was significantly different from other treatments. However, pre-harvest spraying 6-BA at all concentrations did not effect on weight loss and firmness of dragon fruit.

Keywords: 6-benzylaminopurine, postharvest quality, color change of bract

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่นสาร 6-benzylaminopurine (6-BA) ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลแก้วมังกร โดยคัดเลือกแก้วมังกร (*Hylocercus undatus*) ที่ติดผลอายุ 3 วันหลังดอกบาน แล้วพ่นสารไซโตไคนินความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 25 50 และ 100 พีพีเอ็ม ทุกสัปดาห์จนกระทั่งผลบริบูรณ์ (3 ครั้ง) จากนั้น นำผลแก้วมังกรมาล้างด้วยน้ำประปา ผึ่งให้แห้งก่อนบรรจุใส่กล่องกระดาษลูกฟูก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน พบว่า ผลแก้วมังกรที่พ่นสาร 6-BA ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีขนาดผลใหญ่ที่สุด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากสุด และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีกลีบจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองได้ดีที่สุด โดยมีค่า a* และ b* ของสีกลีบน้อยที่สุด ในขณะที่ hue angle มีค่ามากสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม การพ่นสาร 6-BA ก่อนการเก็บเกี่ยวทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลทำให้ผลแก้วมังกรมีการสูญเสียน้ำหนักสดและความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: 6-benzylaminopurine คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงสีกลีบ

คำนำ

แก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว (*Hylocereus undatu*) เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric จัดอยู่ในวงศ์ Cactaceae สีเปลือกและสีกลีบของผลแก้วมังกรเป็นลักษณะปรากฏภายนอกที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลแก้วมังกร โดยเฉพาะสีกลีบเลี้ยงของผลแก้วมังกรเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น สีกลีบเลี้ยงจะเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองและเหี่ยวมากขึ้น อย่างไรก็ตาม สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สามารถกระตุ้น ยับยั้ง หรือชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชได้ ไซโตไคนิน เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มีหน้าที่ควบคุมการแบ่งเซลล์ การแตกแขนง ชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ชะลอการเสื่อมสภาพ และส่งเสริมการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในพืช เช่น 6-benzylaminopurine (6-BA) สามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์และการเสื่อมสภาพของบร็อกโคลี่และหน่อไม้ฝรั่งได้ (Costa และคณะ, 2005; An และคณะ, 2006) และเพิ่มขนาดผลแอบเปิ้ลได้ (Stern และ Flaishman, 2006) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการพ่นสาร 6-BA ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของผลแก้วมังกรระหว่างการเก็บรักษา

---

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburiม 49 Tientalay 25 Rd., Bangkuntien, Bangkok 10150
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกแก้วมังกร (*Hylocercus undatus*) ที่ติดผลอายุ 3 วันหลังดอกบาน แล้วพ่นสาร 6-BA ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 25 50 และ 100 พีพีเอ็ม ทุกสัปดาห์จนกระทั่งผลบริบูรณ์ (3 ครั้ง) หลังเก็บเกี่ยวนำผลแก้วมังกรมาล้างด้วยน้ำประปา ผึ่งให้แห้งก่อนบรรจุใส่กล่องกระดาษลูกฟูก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน นาน 15 วัน วิเคราะห์คุณภาพของผลแก้วมังกร ได้แก่ ขนาดผล (ความกว้าง ความยาว และน้ำหนัก) สีกลีบเลี้ยง (L* a* b* และ hue angle) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักสด และความแน่นเนื้อ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCRD) จำนวน 6 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ไซโตไคนินเป็นกลุ่มของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการแบ่งเซลล์ การขยายตัวและชะลอการเสื่อมสภาพของพืช จากการทดลองพ่นสาร 6-BA ความเข้มข้น 25 50 และ 100 พีพีเอ็ม ต่อคุณภาพของผลแก้วมังกร พบว่า การพ่นสาร 6- BA ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีผลทำให้แก้วมังกรมีขนาดผลใหญ่กว่าแก้วมังกรที่ไม่พ่นสาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Stern และ Flaishman (2003) พบว่า การพ่นสาร 6-BA ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ทำให้ผลแพร์ มีขนาดผลใหญ่ขึ้น และ Stern และ Flaishman (2006) รายงานว่า การพ่นสาร 6-BA ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม หลังจากดอกบาน 2 สัปดาห์ ทำให้ขนาดของผลแอปเปิ้ลใหญ่ขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสาร 6-BA มีผลช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ของพืช เมื่อพิจารณาสีกลีบของผลแก้วมังกร พบว่า การพ่นสาร 6-BA ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีกลีบจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองได้ดีที่สุด ทั้งนี้การเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองของกลีบเลี้ยงแก้วมังกรเกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดย Costa และคณะ (2005) พบว่า สาร 6-BA สามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในบร็อคโคลี่ได้ โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase และ Mg-dechelatase สอดคล้องกับ ภัทษร และคณะ (2555) รายงานว่าสาร 6-BA ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ของคะน้าได้ นอกจากนี้ แก้วมังกรที่พ่นสาร 6-BA ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่าแก้วมังกรที่ไม่พ่นสาร แสดงให้เห็นว่าสาร 6-BA มีบทบาทในการสะสมและส่งเสริมการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในพืช สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khalid และคณะ (2012) พบว่า การพ่น 6-BA ความเข้มข้น 20 พีพีเอ็ม ส่งผลให้ส้มพันธุ์ “kinnow” มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่าชุดควบคุม และ Piri และคณะ (2016) พบว่า สาร 6-BA ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ทำให้ผลพลัมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การพ่นสาร 6-BA ก่อนการเก็บเกี่ยวทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดและความแน่นเนื้อของผลแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา

สรุปผล

การพ่นสาร 6-BA ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ในแก้วมังกรอายุ 3 วันหลังดอกบาน จนผลบริบูรณ์ จำนวน 3 ครั้ง ทำให้แก้วมังกรมีขนาดผลใหญ่ที่สุด และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีกลีบเลี้ยงจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองได้ดีที่สุดรวมถึงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากสุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2559 และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สวนเกษตรแก้วมังกรรังสิตคลอง 10 ที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงแก้วมังกรในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ภัทษร สำเนียงดี ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, 2555, ผลของเอทีฟอน 6-เบนซิลอะมิโนพิวรีน เมทิลแจสโมเนท และกรดซาลิไซลิก ต่อเอนไซม์ที่สลายคลอโรฟิลล์ในส่วนตัดกลมของใบคะน้า (*Brassica oleracea var. alboglabra*), วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 43 ฉบับที่ 3 (พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม, หน้า 568-571.

An, J., Zhang, M., Lu, Q. and Zhang, Z., 2006, Effect of a pre-storage treatment with 6-benzylaminopurine and modified atmosphere packaging storage on the respiration and quality of green asparagus spears, Journal of Food Engineering, 77 (4): 951-957.

Costa, M.L., Civello, P.M, Chaves, A.R. and Martínez, G.A., 2005, Effect of hot air treatments on senescence and quality parameters of harvested broccoli (*Brassica oleracea L var Italica*) heads, Journal of the Science and Food Agriculture, 85: 1154-1160.

Khalid, S., Malik, U.A., Khan, S.A. and Jamil, A., 2012, Influence of Exogenous Applications of Plant Growth Regulators on Fruit Quality of Young 'Kinnow' Mandarin (*Citrus nobilis × C. deliciosa*) Trees, International Journal of Agriculture & Biology, 14: 229-234.

Piri, S., Hajilou, J. and Dehghan, G., 2016, Effect of different concentrations of BA on thinning intensity, qualitative and antioxidative characteristics of "Golden Drop" plum, Research in pomology, 1(1): 1-14.

Stern, R.A. and Flaishman, M.A. 2003, Benzyladenine effects on fruit size, fruit thinning and return yield of 'Spadona' and 'Coscia' pear. Scientia Horticulturae, 98: 499-504.

Stern, R.A., Ben-Arie, R., Applebaum, S. and Flaishman, M.A., 2006, Cytokinins increase fruit size of 'Delicious' and 'Golden Delicious' (*Malus domestica*) apple in a warm climate, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 81: 51-56.

Table 1 Fruit size of dragon fruits sprayed with 6-BA at concentrations of 0 (control), 25, 50 and 100 ppm

Treatments	Fruit size		
	Width (cm)	Length (cm)	Weight (g)
Control	6.88b	11.33b	270.12b
6-BA 25 ppm	7.93ab	12.03a	297.83ab
6-BA 50 ppm	8.07a	11.71ab	300.30a
6-BA 100 ppm	7.96ab	11.36b	291.43ab
F-test	**	**	**
C.V. (%)	6.80	5.60	10.37

** Significantly by Duncan's Multiple-Range Test (DMRT) at 99%

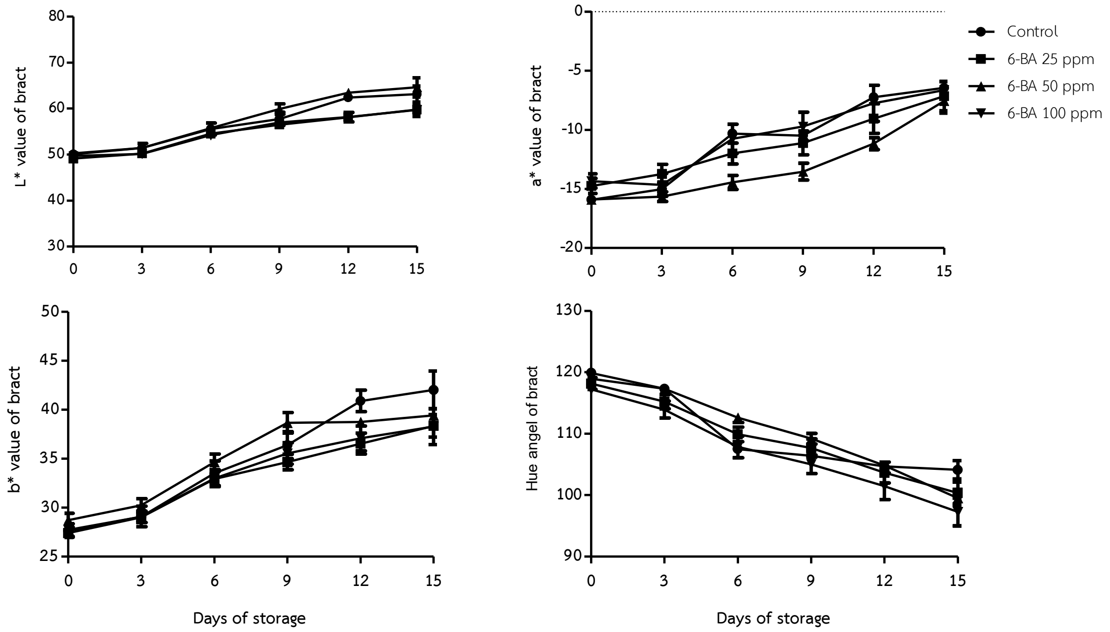


Figure 1 Color of bract (L* a* b* values and hue angle) of dragon fruits sprayed with 6-BA at concentrations of 0 (control), 25, 50 and 100 ppm

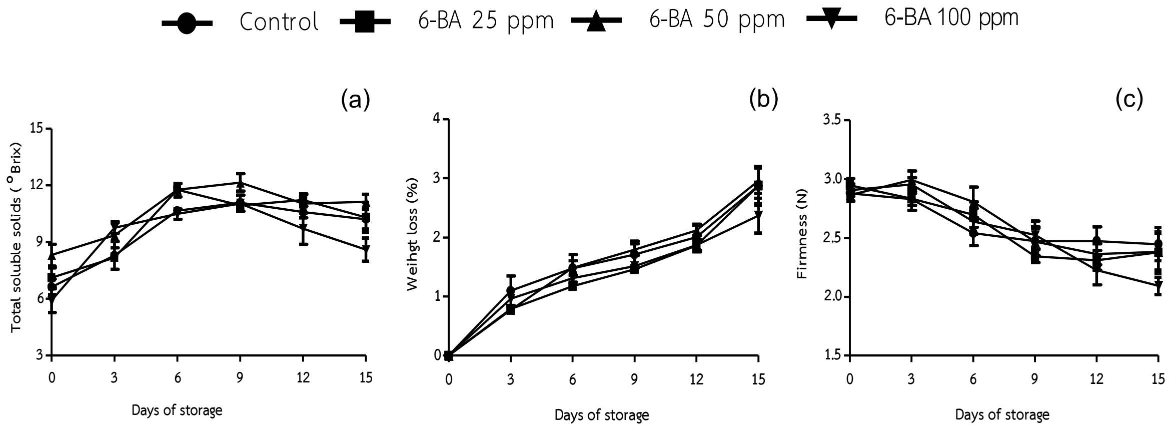


Figure 2 Total soluble solids (a) Weight loss (b) and Firmness (C) of dragon fruits sprayed with 6-BA at concentrations of 0 (control), 25, 50 and 100 ppm.

การผลิตไบโอดีเซลจากไขมันปลาทะเลที่เหลือทิ้งโดยใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์
Biodiesel Production from Waste Sea Fish Oil Using Calcium Oxide as a Heterogeneous Catalyst.

เบญจวรรณ มุ่งแฝงกลาง[1] รัตนชัย ไพรินทร์[2] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]
Mungfangklang, B.[1], Pairintra, R.[2] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

Biodiesel production cost high. In order to reduce cost, this research study the feasibility of biodiesel production from waste sea bass fish oil (*Lates calcarifer*). Waste sea bass fish oil was exacted by rendering. The maximum yield and free fatty acid value were 84.87 and 0.37 wt.%, respectively. The experiment investigated the optimal conditions for biodiesel production. Calcium oxide (CaO) was used as a heterogeneous catalyst with methanol in transesterification reaction. The results showed that at 3 hr. reaction time, the optimal conditions for reaction were : a methanol to oil ratio of 9:1, temperature of 55 °C and catalyst amount of 3 wt.%, the maximum biodiesel yield was 99.1 wt.%. While the density of biodiesel from sea bass fish oil was 0.875 g/cm^3 and the viscosity was 5.07 mm^2/s. These properties met with the Thailand community biodiesel fuel standard.

Key words: sea bass fish oil, biodiesel, heterogeneous, calcium oxide

บทคัดย่อ

เนื่องจากต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลมีราคาสูง งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันปลาทะเลที่เหลือทิ้งจากการบริโภค ซึ่งจะใช้ไขจากปลากะพงขาว สกัดน้ำมันโดยการเจียวให้ความร้อนได้ผลผลิต 84.87 wt.% มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.37 wt.% นำมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันร่วมกับเมทานอลและใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลพบว่า อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา 3 wt.% ที่อุณหภูมิ 55°C น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้เป็นของเหลวสีเหลืองใส มีปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 99.1 wt.% มีความหนืด 5.07 mm^2/s และความหนาแน่น 0.875 g/cm^3 ซึ่งผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

คำสำคัญ: ไขมันปลากะพงขาว ไบโอดีเซล ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ แคลเซียมออกไซด์

คำนำ

ความต้องการใช้พลังงานทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกปี โดยภาพรวมมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยในสาขาการขนส่งและอุตสาหกรรมมากที่สุด ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมีสัดส่วนสูงถึง 76.95% สวนทางกับการนำเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้น้อยเพียง 2.31% เท่านั้น (กระทรวงพลังงาน, 2559) ภาครัฐได้เล็งเห็นถึงปัญหาทางเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจึงให้การสนับสนุนเชื้อเพลิงชีวภาพให้เป็นไปตามแผนพัฒนา ปัจจุบันผลิตไบโอดีเซลได้มาจากปาล์มน้ำมัน เพื่อให้การผลิตไบโอดีเซลไม่ส่งผลกระทบต่อพืชอาหารและเพื่อลดต้นทุนการผลิต การใช้วัตถุดิบเหลือทิ้งจากไขมันปลาทะเล เช่น ปลากะพงขาวจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากปริมาณการส่งออกปลากะพงขาวแช่แข็งในเดือนมกราคมถึงกรกฎาคมปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณสูงขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนหน้า 406.1 ตันหรือคิดเป็น 35.6% (นเรศ, 2559) ทำให้มีของเสียจากการชำแหละปลากะพงขาวในปริมาณที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน โดยไขมันปลากะพงขาวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงประมาณ 70% ของกรดไขมันทั้งหมด จึงเป็นไขได้ยากที่อุณหภูมิห้อง สามารถแยกสกัดน้ำมันได้ง่ายโดยใช้ความร้อน ซึ่งง่ายกว่าการสกัดน้ำมันจากพืช จึงมีความน่าสนใจที่จะนำมา

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

ผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเพื่อให้ได้กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ (Fatty Acid Methyl Ester, FAME) และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซลได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยงานวิจัยของ Fadhil, (2014) ใช้ไขมันปลาที่มาจากระบบน้ำเสียของโรงงานชำแหละปลา พบว่าน้ำมันที่ได้มีกรดไขมันอิสระสูงถึง 1.8% จึงทำปฏิกิริยาเอสเทอริเคชันด้วยกรดซัลฟิวริกเพื่อลดความเป็นกรดของน้ำมัน ซึ่งสามารถลดได้ถึง 90.3% แต่หากเลือกใช้วัตถุดิบตั้งต้นที่มาจากไขมันปลาสดน้ำมันที่ได้จะมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำและหากค่ากรดไขมันอิสระน้อยกว่า 1.0 wt% จะเหมาะแก่การนำไปผลิตไบโอดีเซล รายงานวิจัยของชิดชนกและคณะ (2557) รายงานว่า เมื่อทำการเจียวไขมันปลากะพงขาวสดด้วยกระทะไฟฟ้าสกัดน้ำมันได้ 85 wt.% น้ำมันที่ได้มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 0.2 wt.% และเมื่อนำไปผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิสูง 60°C ที่อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันคือ 9:1 ความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาสตรอนเทียมออกไซด์ (SrO) 3 wt.% ได้ค่า FAME (Biodiesel) 94.6 wt.% แต่เมื่อพิจารณาความปลอดภัยของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ CaO และ SrO พบว่า SrO มีความเป็นพิษสูงกว่า CaO เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่การใช้งาน งานวิจัยนี้จึงศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันปลากะพงขาวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ คือ CaO บริสุทธิ์

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ไขมันปลากะพงขาวสด นำมาสกัดโดยใช้วิธีการเจียวให้ความร้อนด้วยกระทะไฟฟ้า ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ความหนืด ความหนาแน่น ปริมาณกรดไขมัน ตามมาตรฐาน ASTM D445 D1298 และ D5555-59 ตามลำดับ การผลิตไบโอดีเซลนี้ใช้ปริมาณน้ำมันเริ่มต้น 20 ml ทำปฏิกิริยาตามสภาวะการทดลองที่ต้องการศึกษา โดยปั่นกวน CaO ร่วมกับเมทานอลเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการเทสารที่ปั่นกวนได้ลงในน้ำมันที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ ใช้อุณหภูมิคงที่ พร้อมปิดฝาเพื่อป้องกันการระเหยของแอลกอฮอล์ กวนผสมด้วยความเร็วคงที่ เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยกรดอะซิติกจนไบโอดีเซลมีค่า pH ประมาณ 7 ปล่อยให้สารแยกชั้นเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 คืน เมื่อสารเกิดการแยกชั้น นำไบโอดีเซลชั้นบนมาล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 60 °C จนน้ำหลังล้างมีค่า pH ประมาณ 7 บรรจุไบโอดีเซลที่ได้ลงในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิทก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography; HPLC โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา คือ 1, 1.5, 2 และ 3 ชั่วโมง กำหนดให้อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน คือ 6:1, CaO 1 wt.% และอุณหภูมิการทำปฏิกิริยาคงที่ 55 °C ส่วนที่ 2 ศึกษาปัจจัยความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาคือ 1 และ 3 wt.% ทดลองที่สภาวะอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 ระยะเวลาและอุณหภูมิการทำปฏิกิริยาคงที่ 1 ชั่วโมง และ 55 °C ตามลำดับ ส่วนที่ 3 ศึกษาปัจจัยของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน คือ 6:1, 9:1 และ 12:1 อีกทั้งปัจจัยของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาคือ 55 และ 60 °C โดยกำหนดระยะเวลาการทดลองและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาคงที่ดังผลที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 1 และ 2 ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้พร้อมทั้งวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเกิด FAME ด้วยเครื่อง HPLC ที่ติดตั้งเครื่องตรวจวัดแบบ Evaporative Light Scattering Detector; ELSD รุ่น Sedex 55 คอลัมน์ชนิด size exclusion ขนาด 7.08 x 300 mm บรรจุด้วยโพลิเมอร์ขนาด 5 μm ความพรุน 100 °A ยี่ห้อ Phenogel ของบริษัท Phenomenex ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยสารวัฏภาคที่ใช้ คือ 0.25 % Acetic acid + 100 % Toluene

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดน้ำมันโดยการเจียวด้วยความร้อน ระยะเวลา 3-4 นาทีต่อไขมัน 50 กรัม พบว่ามีปริมาณน้ำมัน 84.87 wt.% ของไขมันปลากะพงขาวสดที่นำมาเจียว น้ำมันที่ได้เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระด้วยวิธีการไตเตรตตามมาตรฐาน ASTM D5555-95 มีค่า 0.37 wt.% ซึ่งสามารถนำไปผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันได้โดยไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพ

จากการศึกษาส่วนที่ 1 ปัจจัยของเวลาที่มีผลต่อปริมาณ FAME ที่เกิดขึ้น แสดงดัง (Figure 2) ทำปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา 1 wt.% ที่อุณหภูมิ 55°C พบว่า ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมงได้ผลผลิต FAME 40.5 wt.% แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการทำปฏิกิริยาเป็น 1.5, 2 และ 3 ชั่วโมง จะได้ปริมาณ FAME 57.5, 67.3 และ 92.8 wt.% ตามลำดับ กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการทำปฏิกิริยานานขึ้นส่งผลให้มีปริมาณ FAME มาก เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาต่ำกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์ ทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ (Uprety และ คณะ, 2016) ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยา CaO คือ 3 ชั่วโมง

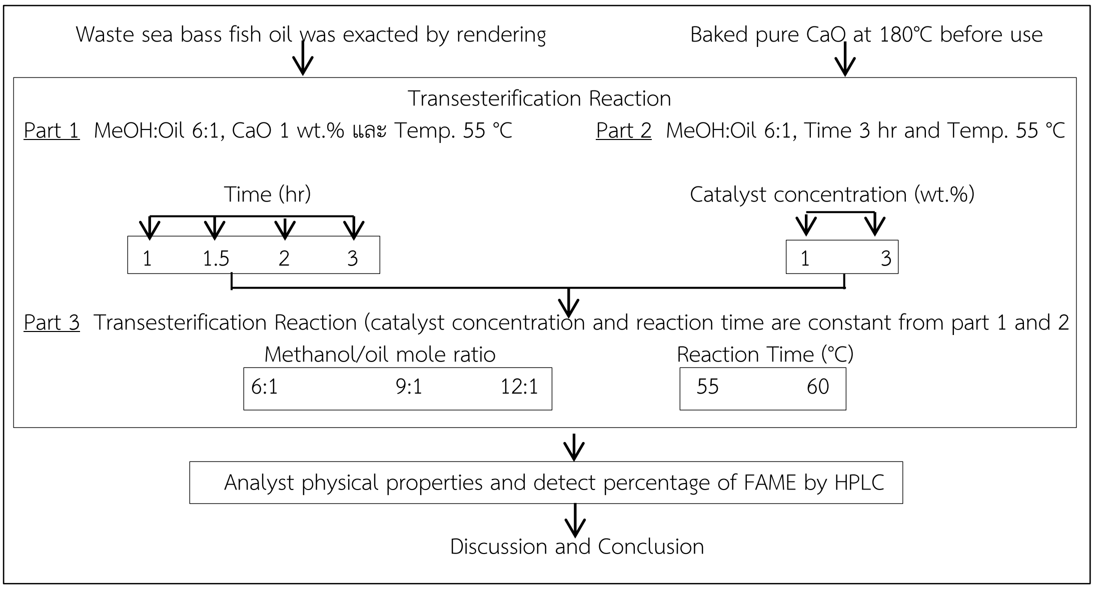
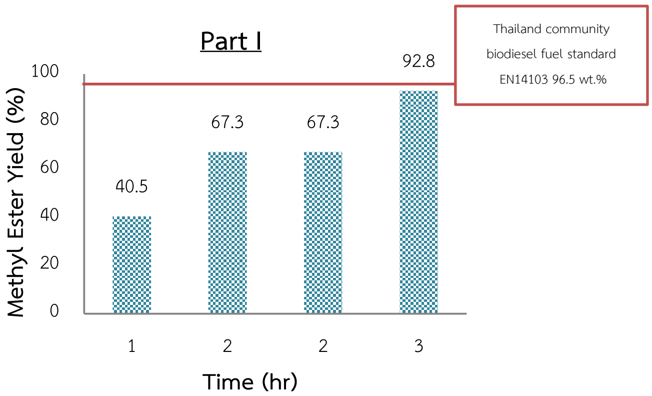
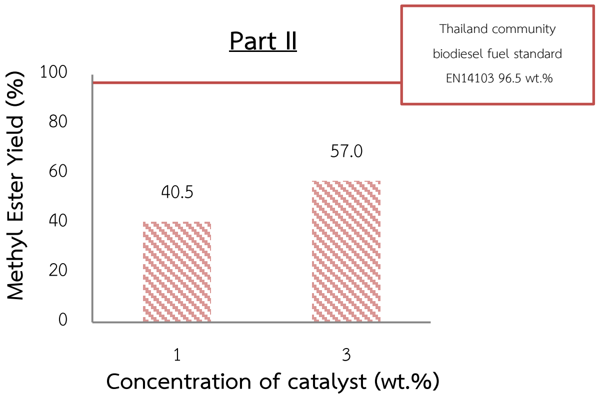


Figure 1 Experiment diagram



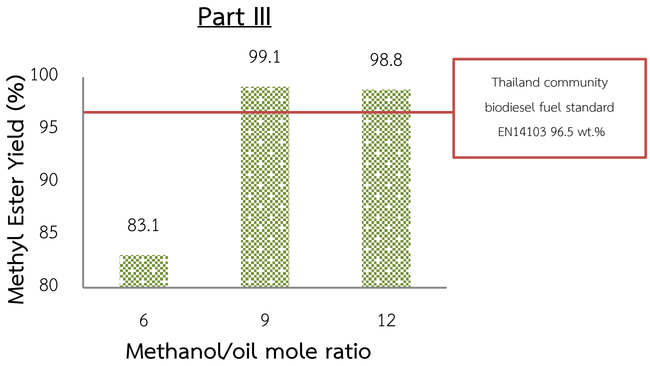


Fi

ratio at 6:1, Catalyst 1 wt.%, 55 °C.

F

ratio at 6:1, at 1 hr, 55 °C.



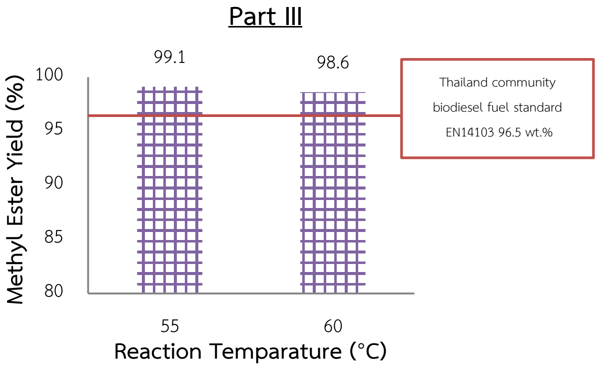


Figure 4 FAME yield at catalyst 3 wt.%, at 3 hr ,55 °C.

Figure 5 FAME yield at methanol/oil molar ratio at 9:1, catalyst 3 wt.%, at 3 hr.

สำหรับส่วนที่ 2 อิทธิพลเนื่องจากความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อปริมาณ FAME จาก (Figure 3) พบว่า ความเข้มข้น 1 wt.% มีค่า FAME 40.5 wt.% และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 3 wt.% มีปริมาณ FAME 57.0 wt.% เนื่องจากปฏิกิริยาจะเกิดได้อย่างสมบูรณ์นั้นจะต้องมีปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเพียงพอและไม่มากเกินไปจนเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ดังนั้นความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมแก่งานวิจัยนี้คือ 3 wt.% ถึงแม้ว่าความเข้มข้น 1 wt.% อาจจะเกิด FAME แต่ต้องใช้ระยะเวลานาน

เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ จากการศึกษาปัจจัยของระยะเวลาและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาดังข้างต้นสามารถกำหนดสภาวะคงที่ของการทดลองส่วนที่ 3 เพื่อศึกษาปัจจัยของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาได้ จาก (Figure 4) พบว่าเมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 9:1 ที่อุณหภูมิการทดลอง 55°C มีปริมาณ FAME มากที่สุด 99.1 เนื่องจากปริมาณแอกอฮอล์ที่น้อยเกินไปจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ แต่หากมีปริมาณแอกอฮอล์มากเกินพอจะส่งผลให้การแยกชั้นกลีเซอรอลและไบโอดีเซลทำได้ยาก เพราะแอลกอฮอล์จะช่วยให้เกิดการละลายของทั้งสองชั้นได้ดียิ่งขึ้น ทำให้ปริมาณ FAME มีปริมาณลดลง และเมื่อพิจารณผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 CaO เข้มข้น 3 wt.% ที่ระยะเวลาทำปฏิกิริยา3 ชั่วโมง ดัง (Figure 5) พบว่าที่อุณหภูมิ 55°C มีปริมาณสารผลิตภัณฑ์ 12 มากที่สุดนั้นคือ 99.1 wt.% เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงใกล้จุดเดือดของเมทานอลที่ 64.7°C มีผลทำให้เมทานอลบางส่วนเกิดการระเหยปริมาณ FAME ที่ได้มีค่าลดลง จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากสภาวะการทดลองที่เหมาะสมข้างต้นมีค่าความหนืด 5.07 mm^2/s และความหนาแน่น 0.875 g/cm^3 ซึ่งผลที่ได้ผ่านตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของชิดชนก (2557) ที่ใช้ SrO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งใช้ระยะเวลาทำปฏิกิริยาน้อยกว่าที่สภาวะควบคุมเดียวกัน เนื่องจาก SrO มีความเป็นเบสสูงกว่า CaO แต่ CaO มีความปลอดภัยในการนำมาใช้งานสูงกว่า อีกทั้ง CaO ยังสามารถเตรียมได้จากวัตถุดิบทางธรรมชาติ เช่น เปลือกหอย กระดองปู เปลือกไม้ เป็นต้น จึงมีความน่าสนใจในการนำมาศึกษาต่อเพื่อลดของเสียจากภาคเกษตรกรรมและต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นการเลือกใช้ CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม

สรุปผล

ไขมันปลากะพงขาวเมื่อนำมาสกัดน้ำมันด้วยการเจียวพบว่าได้ปริมาณน้ำมันสีเหลืองใส 84.87 wt.% มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 0.37 wt.% เมื่อนำน้ำมันจากไขปลาที่สกัดได้มาผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์เป็น CaO ทำการทดลองโดยใช้อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา 3 wt.% ระยะเวลาทำปฏิกิริยา3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55°C มีปริมาณสารผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นมากที่สุด 99.1 wt.% ค่าความหนืด 5.07 mm^2/s ความหนาแน่น 0.875 g/cm^3 และค่าความร้อนมีค่า 41.10 MJ/kg ผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน ดังนั้นการเลือกใช้ CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถช่วยให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น อีกทั้งยังมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานสูง และหากสามารถพัฒนานำเอาวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตเป็น CaO ได้ จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัย ขอขอบคุณแผงปลาเจ้แป๋ว ตลาดล่าง จังหวัดนครปฐมที่ให้ความอนุเคราะห์ไขมันปลากะพงขาวในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2559. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยมกราคม-กันยายน 2559. [สืบค้น], http://www.dede.go.th/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=44061&filename, [December 15, 2016]

ชิดชนก กุลพร และคณะ, 2557, การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจากไขมันปลาโดยใช้สตรอนเทียมออกไซด์บนตัวรองรับซิลิกาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา, การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, ครั้งที่ 2, 14 กุมภาพันธ์ 2558, อาคารเฉลิมพระเกียรติฉลองศิริราชสมบัติ 60 ปี มหาวิทยาลัยเพชรบูรณ์, หน้า 242-247.

นเรศ กิจจาพัฒนพันธ์, 2559, สินค้าปลากะพงขาวและผลิตภัณฑ์ประจำเดือนกันยายน 2559, กลุ่มเศรษฐกิจการประมง. [สืบค้น], http://fishco.fisheries.go.th/fisheconomic/Monthly%2 0 report/kapong/%E0 % B8 % 8 1 % E0 % B8 % B0 %E0%B8%9E%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%A7%20%E0%B8%81%E0%B8%A2.59.pdf [December 20, 2016]. Fadhil, A. B., Dheyab, M. M., & Saleh, L. A. (2014). Conversion of fish oil into biodiesel fuels via acid-base catalyzed transesterification. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 36(14),1571-1577.

Uprety, B. K., Chaiwong, W., Ewelike, C., & Rakshit, S. K. (2016). Biodiesel production using heterogeneous catalysts including wood ash and the importance of enhancing byproduct glycerol purity. Energy Conversion and Management, 115, 191-199.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหารของสีที่สกัดจากเหง้าขมิ้น ดอกอัญชัน และใบเตย
Antioxidant and Antibacterial Activity against Food-borne Pathogens of Dyes Extracted from Turmeric, Butterfly-pea Flower and Pandan leaves

ณัฐภัทร เมฆตรง[1] สุรศักดิ์ ธนัชชาพิศุทธิ์[1] และ สุคนธ์ ตันติไพบูลย์วุฒิ[1]
Maktrong, N.[1], Thanutchapisut, S.[1], Tantipaibulvut, S.[1]

Abstract

This study aimed to investigate the antioxidant and antibacterial activity against food-borne pathogens of dye extracted from turmeric (*Curcuma longa* Linn), butterfly–pea flower (*Clitoria ternatea* L.), and Pandan leaves (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) by 95% ethanol. The dye from turmeric can inhibit all bacteria tested: *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli.* The MBC were 250 to 1000 mg/mL. This dye at 10 mg/mL showed the highest antioxidant activity against 2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) radical. The % inhibition was 58.87 ± 0.16 and 59.80 ± 1.01, respectively. Dye from butterfly–pea flower can inhibit only *B. subtilis* (MBC = 125 mg/mL) and its antioxidant activity against DPPH and ABTS radicals was 18.79 ± 2.18% and 49.92 ± 0.00%, respectively. However, dye from Pandan leaves cannot inhibit any bacteria tested and the antioxidant activities were lower than 40%.

Keywords: natural dyes, antioxidant activity, anti-bacterial activity against food-borne pathogens

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหารของสีธรรมชาติ 3 ชนิด คือ สีที่สกัดจากเหง้าขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn) ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) และใบเตย (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) ด้วยเอทานอล 95% สีจากเหง้าขมิ้นชันมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียทุกชนิดที่ทดสอบ - *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Salmonella typhimurium* และ *Escherichia coli* มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรีย (MBC) 250 ถึง 1000 mg/mL และที่ความเข้มข้น 10 mg/mL สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) มีค่าร้อยละการยับยั้ง 58.87 ± 0.16 และ 59.80 ± 1.01 ตามลำดับ สีจากดอกอัญชันสามารถยับยั้งเฉพาะ *B. subtilis* (MBC = 125 mg/mL) และมีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS 18.79 ± 2.18% และ 49.92 ± 0.00% ตามลำดับ แต่สีจากใบเตยไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียทุกชนิดที่ทดสอบ และมีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระน้อยกว่า 40%

คำสำคัญ: สีธรรมชาติ, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร

คำนำ

สี เป็นปัจจัยแรกที่ดึงดูดให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกซื้อและยอมรับอาหารนั้นๆ และแสดงให้ผู้บริโภคทราบว่าอาหารมีคุณภาพอย่างไร เช่น เก่าหรือใหม่ ดีหรือจวนจะเน่า ดังนั้น สีผสมอาหารจึงมีบทบาทสำคัญต่อการผลิตอาหาร สีที่ใช้ผสมอาหารแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ ปัจจุบันมีการใช้สีสังเคราะห์ในการผลิตอาหารหลายชนิด ซึ่งอาจมีอันตรายเพราะสีเหล่านี้มีส่วนผสมของโลหะหนักทั้งตะกั่ว ปรอท สารหนู โครเมียม และสังกะสี ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีผลเสียต่อร่างกาย หากสามารถนำสีธรรมชาติมาใช้ จะลดความเสี่ยงจากการบริโภคสีสังเคราะห์ (พนอจิต, 2557) นอกจากนี้ หากสีธรรมชาติสามารถทำหน้าที่อื่นนอกเหนือจากการให้สีสันที่สวยงามกับอาหารแล้ว การใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติก็จะก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งกับอาหารและผู้บริโภค สีธรรมชาติที่นิยมใช้และสามารถสกัดได้จากพืช เช่น สีเหลืองสกัดได้จากขมิ้นชันและขมิ้นอ้อย สีเขียวจากใบเตยหอม และสีน้ำเงินจากดอกอัญชัน เป็นต้น

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 10140, ประเทศไทย.
[1]Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140, Thailand.

ขมิ้นชัน (Turmeric) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* L. มีสารสำคัญ ได้แก่ essential oil และสารสีเหลือง Curcumin ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบ และยับยั้งแบคทีเรีย รา และไวรัส (ชฎา, 2548; Moghadamtousi และคณะ, 2014) อัญชัน (Butterfly pea) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Clitoria ternatea* L. มีสารสำคัญ คือ แอนโทไซยานิน มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของไขมัน ชะลอการเกิดโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือดและชะลอความเสื่อมของดวงตา (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2009a) Cisowska และคณะ (2011) ได้รายงานฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของแอนโธไซยานิน และกล่าวว่า แบคทีเรียแกรมบวกมีความไวต่อแอนโธไซยานินมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ เตยหอม (Pandom wangi) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pandanus amaryllifolius* Roxb. มีสารสำคัญที่พบในใบ คือ essential oil, alkaloid และ chlorophyll (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2009b) Laluces และคณะ (2015) ได้สกัด alkaloid จากใบเตยหอมและพบว่า pandamarilactonine-A เป็นสาร alkaloid เพียงชนิดเดียวที่มีฤทธิ์ยับยั้ง *Pseudomonas aeruginosa* มีค่า MIC 15.6 μg/mL และ MBC 31.25 μg/mL.

ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสีผสมอาหารจากธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ขมิ้นชัน ดอกอัญชันและใบเตย ในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารและการต้านอนุมูลอิสระ เพื่อประโยชน์ในการนำมาใช้ยืดอายุการเก็บรักษาอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พืชที่ใช้ศึกษา - นำดอกอัญชัน เหง้าขมิ้นชัน และ ใบเตย ที่ซื้อจากตลาดสดแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ชนิดละ 50 g สับให้ละเอียด ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 1 ชนิด เติม 95% เอทานอล ปริมาตร 100 mL เขย่าที่ความเร็ว 200 rpm อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมากรองแยกกากออกและสกัดซ้ำอีกครั้ง นำสารสกัดที่ได้ผสมรวมกันและนำไปประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator เก็บสารสกัดสีที่ได้เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป พร้อมทั้งนำมาคำนวณ % yield ดังสูตร

$$\text{\% yield ของสารสกัด} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักสารสกัด} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

2. การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร

- จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ – ได้แก่ *Staphylococcus aureus* TISTR 118, *Bacillus subtilis* TISTR 008, *Escherichia coli* TISTR 780, *Salmonella typhimurium* TISTR 292 จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เตรียมให้มีความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้น 1×10^7 CFU/mL ดัดแปลงจากวิธีของ (Prado และคณะ, 2014)

- การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรีย (MBC) - ดัดแปลงจากวิธีของ (Prado และคณะ, 2014) ทำการเจือจางสารสกัดความเข้มข้น 1000 mg/mL แบบ serial 2-fold ด้วย 10% DMSO เติมสารสกัดที่เจือจาง (100 μL) ลงในหลุมที่มีสารแขวนลอยเชื้อ (10^7 CFU/mL, 100 μL) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น นำมาเพาะลงบนอาหาร MHA ด้วยวิธี Dot plate บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตและบันทึกผล

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิคและฟลาโวนอยด์รวม - นำสารสกัด จำนวน 1 g ละลายใน 10 % DMSO ปริมาตร 1 mL เจือจางสารสกัดด้วยเมธานอลให้ได้ความเข้มข้น 10 mg/mL นำสารสกัดนี้ไปศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์รวม ทุกการทดลองทำซ้ำ 2 ครั้ง

- การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS radical scavenging assay **:** ดัดแปลงจากวิธีของ (de Souza และคณะ, 2014) โดยวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 517 และ 734 nm ตามลำดับ คำนวณค่าที่ได้เป็นร้อยละการยับยั้ง (% inhibition) ดังสูตร

$$\text{ค่า \% Inhibition} = ([Abs_{control} - Abs_{sample}] \times 100 / [Abs_{control}])$$

เมื่อ $Abs_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของเมทานอลปริมาตร 0.5 ml กับ DPPH หรือ ABTS และ Abs_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 ml กับ DPPH หรือ ABTS

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด : ดัดแปลงจากวิธีของ (Kähkönen และคณะ., 1999) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm เปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม : ดัดแปลงจากวิธีของ (de Souza และคณะ, 2014) โดยวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm เปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานของควอเซติน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่า % yield ของขมิ้นชัน ดอกอัญชันและใบเตย เท่ากับ 2.84, 5.22 และ 1.57 ตามลำดับ (Table 1) สีที่สกัดจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหารดีที่สุด มีค่า MBC ต่อเชื้อ *S. aureus, B. subtilis, E. coli* และ *S. typhimurium* ที่ 250, 500, 1000 และ 1000 mg/mL ตามลำดับ รองลงมา คือ สีที่สกัดจากดอกอัญชัน ซึ่งสามารถฆ่าได้เฉพาะ *B. subtilis* มีค่า MBC 125 mg/mL แต่สีที่สกัดจากใบเตยไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียทุกชนิดที่ทดสอบ (Table 1) สีที่สกัดจากขมิ้นชันมีปริมาณสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด และมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูงที่สุดด้วย รองลงมา คือ สีจากดอกอัญชันและสีจากใบเตย (Table 2) สาเหตุที่สารสกัดจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดอื่น อาจเนื่องจากการมีสารฟีนอลิครวมและสารฟลาโวนอยด์รวมในปริมาณที่สูงกว่า

นุศวดีและสมใจ (2553) ได้สารสกัดเอทานอลปริมาตร 7 mL จากผงขมิ้นชัน 7 g เมื่อทำการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยวิธี Soxhlet extraction สารสกัดนี้มีสาร Curcumin 0.8753 mg ต่อขมิ้นชัน 1 g และมีค่า MBC ต่อเชื้อ *Propionibacterium acnes* และ *S. aureus* เท่ากับ 50 และ 25 mg/ml ตามลำดับ Curcumin เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ลดการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเกิดมะเร็ง (สุดารัตน์ และคณะ, 2555) นอกจากนี้ สารสกัดเอทานอลจากขมิ้นชันยังสามารถยับยั้งเชื้อ *Aeromonas hydrophila* มีค่า MBC เท่ากับ 7.81 ส่วนในพันส่วน (ทัศนีย์และจิตรา, 2559) Curcumin ยับยั้งแบคทีเรียได้โดยการยับยั้งการพอลิเมอไรเซชันของโปรตีน FtsZ มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของเซลล์แบคทีเรีย (Moghadamtousi และคณะ, 2014)

อรอนงค์และวัชรี (2559) รายงานว่า % yield ของสารสกัดเอทานอลจากดอกอัญชันสด เท่ากับ 3.08±0.02 เมื่อสกัดโดยการหมักทิ้งไว้ในที่มืดอย่างน้อย 2 สัปดาห์ มีปริมาณ anthocyanin 8841.3±72.3 mg/L มีค่า IC_{50} จากวิธี DPPH 72.0±3.9 μg/ml และมีปริมาณ anthocyanins และ phenolic compounds สูง ส่งผลให้เป็นสารสกัดที่มี reducing power มากที่สุด เมื่อเทียบกับสารสกัดจากใบรางจืดและเปลือกองุ่นแดง และมีโซนใสของการยับยั้ง *S. aureus, S. epidermidis* และ *B. subtilis* เท่ากับ 13.8±0.4, 8.8±0.4 และ 8.8±0.8 mm. ตามลำดับ ซึ่งต่างจากผลการทดลองนี้ ที่มีค่าโซนใสการยับยั้งเฉพาะ *B. subtilis* เท่ากับ 9.2 ± 0.8 mm. (ไม่แสดงข้อมูล) แอนโทไซยานินยับยั้งแบคทีเรียโดยการทำปฏิกิริยากับ sulfhydryl groups ของโปรตีน ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำให้เกิด cell deformation (Cisowska และคณะ, 2011)

จิราภรณ์ และเรือนแก้ว (2555) ได้ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดน้ำ สารสกัดเอทานอล และสารสกัดเมทานอล จากใบเตย ได้ร้อยละของสารสกัดต่อน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 4.11, 22.12 และ 28.00 ตามลำดับ สารสกัดน้ำและสารสกัดเอทานอล มีโซนใสของการยับยั้ง *Klebsiella pneumoniae* เท่ากับ 11.69±0.33 และ 13.99±0.09 mm.ตามลำดับ และสารสกัดเอทานอลและสารสกัดเมทานอล มีโซนใสของการยับยั้ง *S. epidermidis* เท่ากับ 17.77±0.12 และ 17.93±0.32 mm. ตามลำดับ แต่สารสกัดจากใบเตยทั้งสามชนิดไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ Faras และคณะ (2014) พบว่า สารสกัดน้ำและสารสกัดเอทานอลของใบเตยกระตุ้นการเจริญของ *E. coli* และ *S . aureus* เนื่องจากในสารสกัดมีน้ำตาลรีดิวซ์มากถึง 17% Laluces และคณะ (2015) ได้สกัด alkaloid จากใบเตยหอม พบว่า มีเพียง pandamarilactonine-A ที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, และ *P. aeruginosa* ATCC 27853 มีค่า MBC 500, 125 และ 31.25 μg/mL. สาเหตุที่ฤทธิ์ทางชีวภาพของแต่ละงานวิจัยแตกต่างกัน อาจเนื่องจากวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน

Table 1 Extraction yield of extracts.

Type	% yield	MBC (mg/ml)			
		S. aureus	*B. subtilis*	*E. coli*	*S. typhimurium*
Turmeric	2.84 ± 0.42	250	500	1000	1000
Butterfly–pea flower	5.22 ± 0.27	-	125	-	-
Pandan leaves	1.57 ± 0.10	-	-	-	-

Table 2 Total phenolic, total flavonoid contents and antioxidant activities of extracts.

Type	Total phenolic (mg GAE/ml)	Total flavonoid (mg QE/ml)	% Inhibition (DPPH)	% Inhibition (ABTS)
Turmeric	18.50 ± 1.82	20.17 ± 1.83	58.87 ± 0.16	59.80 ± 1.01
Butterfly–pea flower	5.24 ± 0.24	9.33 ± 0.67	18.79 ± 2.18	49.92 ± 0.00
Pandan leaves	2.95 ± 0.23	3.50 ± 1.67	36.29 ± 0.00	35.68 ± 1.17

สรุปผล

เมื่อพิจารณาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการฆ่าเชื้อของขมิ้นชัน ดอกอัญชัน และ ใบเตย พบว่า สารสกัดจากขมิ้นชันเป็นสมุนไพรที่มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร เนื่องจากสามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร และต้านอนุมูลอิสระได้ดี

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ บุราคร และ เรือนแก้ว ประพฤต, 2555, ผลของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านไทยจำนวน 7 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย, วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 : 11-22.

ชฎา พิศาลพงศ์, 2548, แคปซูล สารสกัดขมิ้นชัน [สืบค้น], http://www.thalassemia.or.th/magazine/14-2/tf-magazine-02-10.pdf [24/ July /2017].

ทัศนีย์ นลวชัย และ จิตรา ดวงแก้ว, 2559, ผลของสารสกัดสมุนไพรไทยต่อการยับยั้งเจริญเติบโตของเชื้อ *Aeromonas hydrophila*, แก่นเกษตร, 44 ฉบับพิเศษ 1 : 124-129.

นุศวดี พจนานุกิจ และ สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม, 2553, เปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชันและใบบัวบก, วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, ฉ.18(1):1-9.

พนอจิต นิติสุข, 2557, การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตผงสีผสมอาหารจากธรรมชาติ (อัญชันและแก่นฝาง) [สืบค้น], http://www.clinictech.most.go.th/online/usermanage/TORFile/2014421016591.pdf [17/ July /2017].

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2009a, Butterfly pea / ดอกอัญชัน, Food Network Solution [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2975/butterfly-pea-อัญชัน [24/ July /2017].

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2009b, Pandanus / ใบเตย, Food Network Solution [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2624/pandanus-ใบเตย [25/ July /2017].

สุดารัตน์ อ่อนสุระทุม, สมชาย ปิ่นลออ, ธิดารัตน์ บุญมาศ, 2555, ผลของเคอร์คูมินต่อการติดพยาธิใบไม้ตับและโรคมะเร็งท่อน้ำดีในสัตว์ทดลอง, ศรีนครินทร์เวชสาร, 27 ฉบับพิเศษ (มะเร็งท่อน้ำดี): 389-396.

อรอนงค์ รักสวนจิก และ วัชรี คุณกิตติ, 2559, การเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดสมุนไพรใบรางจืด ดอกอัญชัน และเปลือกองุ่นแดง, ว. เภสัชศาสตร์อีสาน, ฉ.12(1):61-69.

Cisowska, A., Wojnicz D. and Hendrich, A.B., 2011, Anthocyanins as Antimicrobial Agents of Natural Plant Origin. Natural Product Communications, 6(1) : 149 – 156.

de Souza V.R., Pereira P.A., da Silva T.L., de Oliveira Lima L.C., Pio R., 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 Chem.156:362 – 368.

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. J. Agr. Food Chem. 47:3954-3962.

Laluces, H.M.C., Nakayama, A., Nonato, M.G., dela Cruz, T.E., Tan, M.A., 2015, Antimicrobial alkaloids from the leaves of *Pandanus amaryllifolius*. Journal of Applied Pharmaceutical Science, (10) : 151-153.

Moghadamtousi, S.Z., Kadir, H.A., Hassandarvish, P., Tajik, H., Abubakar, S. and Zandi, K., 2014, A Review on Antibacterial, Antiviral, and Antifungal Activity of Curcumin. BioMed Research International, Volume 2014, Article ID 186864 : 1-12.

Prado, A.C., Silva, H.S., Silveira, S.M., Barreto, P.L., Vieira, C.R., Maraschin, M., Barreto S.R. 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 product, 52 : 552-561.

Faras, A.F., Wadkar, S.S. and Ghosh, J.S., 2014, Effect of leaf extract of Pandanus amaryllifolius (Roxb.) on growth of *Escherichia coli* and *Micrococcus (Staphylococcus) aureus*. International Food Research Journal 21(1): 421-423.

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 17-20 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 17-20 (2561)

ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารสียับยั้งแบคทีเรียก่อโรคของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากต้นคราม

Effect of Temperature on Growth and Anti-Pathogenic Bacterial Pigment Produced from Kram-isolated Bacteria

ดาราวดี ศิริวิลาศ[1] ปุญญิศา วัฒนะชัย[1] และ สกุณา สาระนันท์[2]

Siriwilat, D.[1], Wattanachai, P.[1] and Saranun, S.[2]

Abstract

Our research study is aimed to isolate bacterial pigment produced from Kram *(Indigofera tinctoria)* in Sakon Nakhon Province and to examine the optimum condition for their growth, pigment productions, and antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* by using Agar well diffusion method. The experiment was conducted by collecting samples from Indigo blue and the root. Altogether, there were 3 bacterial isolates: IDG5, IDG6 and RI1-2. Colonies were circular, entire, undulate and convex with glistering, which bacterial colonies appeared orange and yellow. The cells were gram positive, short rod. The optimal condition for growth and pigment production were incubated at 37^{O}C. The RI1-2 showed the highest growth and produced a dark yellow pigment at 36 hr. after incubation. This extracted pigment at 40 mg/ml was able to inhibit *S. aureus* and *E. coli*, showing a zone of inhibition at 13 mm and 16 mm, respectively.

Keywords: Pigment producing bacteria, *Indigofera tinctoria*, antibacterial activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างสารสีที่สกัดได้จากคราม (*Indigofera tinctoria*) ในจังหวัดสกลนครและทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับระยะเวลาและอุณหภูมิ ต่อการเจริญและการสร้างสารสี ทดสอบฤทธิ์ของสารสีต่อการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ด้วยวิธี Agar well diffusion โดยทำการคัดแยกจากเนื้อครามและรากคราม ได้ทั้งสิ้น 3 ไอโซเลต ได้แก่ IDG5, IDG6 และ RI1-2 ตามลำดับ โดยมีลักษณะโคโลนี ตั้งแต่ กลม ขอบหยัก ขอบเรียน นูน และ มันวาว สีของโคโลนีเป็นสีส้ม และสีเหลือง ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ท่อนสั้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและการสร้างสารสี คืออุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยไอโซเลต RI1-2 สามารถเจริญและสร้างสารสีเหลืองเข้ม ได้ดีที่สุด ที่ชั่วโมงที่ 36 และ มีคุณสมบัติในการยับยั้ง *S. aureus* และ *E. coli* ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของการยับยั้งเท่ากับ 13 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: แบคทีเรียสร้างสารสี คราม ฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย

คำนำ

คราม (*Indigofera tinctoria* L.) เป็นไม้พุ่มขนาดเล็กอยู่ในวงศ์ Fabaceae ที่พบได้ทางภาคอีสานและภาคเหนือ การปลูกครามนิยมปลูกเพื่อนำไปย้อมผ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะในจังหวัดสกลนคร (MedThai, 2559) ทำให้ปัจจุบันคนรู้จักครามในแง่การเป็นสีย้อมผ้าที่ให้เฉดสีน้ำเงิน-ฟ้า (Indigo blue) แต่ครามสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนไม่ว่าเป็นใบ ลำต้น เปลือก มีสรรพคุณทางยามาตั้งแต่โบราณ มีรายงานการพบแบคทีเรียและอาร์คีย์ในหม้อคราม (สมพงศ์ และคณะ, 2559) แต่ไม่เคยมีรายงานการคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างสารสี และด้วยปัจจุบันสีจากธรรมชาติที่สกัดได้ เช่น จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างมากมายในด้านอุตสาหกรรม เช่น อาหาร เป็นต้น อันเป็นผลมาจากความปลอดภัยและสุขภาพของผู้บริโภคและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกแบคทีเรียที่สร้างสารสีในเนื้อครามและรากคราม ศึกษาสภาวะของอุณหภูมิต่อการสร้างสารสีรวมทั้งศึกษาฤทธิ์การต้านแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด ซึ่งการเลือกครามมาเป็นแหล่งวัตถุดิบ

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Microbiology Faculty of Science, Burapha University Chonburi Province 20131

[2] “กลุ่มวิสาหกิจชุมชนย้อมผ้าครามสกล” อ. เมือง จ.สกลนคร 47000

[2] “Community enterprise Kram-sakon” Amphoe Muang Sakon Nakorn Province 47000

เนื่องจากประโยชน์ของครามที่กล่าวไว้ข้างต้น ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในแหล่งย้อมครามให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกทางหนึ่งด้วย

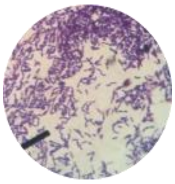
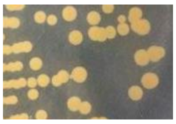
อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างที่นำมาทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ เนื้อครามเปียกและรากคราม ส่วนเนื้อครามเปียกตัดให้เป็นชิ้นขนาดเล็กนำมา 10 กรัม ใส่หลอดเซนตริฟิวจ์เพื่อทำการล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที ส่วนรากนั้นให้นำมาจุ่มในสารละลาย 10% sodium hypochlorite ตามด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ผึ่งลมให้แห้งก่อนนำมาทดลอง ตัวอย่างทั้งหมดนำมาคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างสารสีด้วยวิธีการ spread plate เนื้อครามนำมาเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) ที่ปรับค่า pH เป็น 7 และ 10 ส่วนรากครามนำมาเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA ที่ค่า pH เท่ากับ 7 บ่มที่อุณหภูมิ 37 $^{\circ}$C เมื่อคัดเลือกแบคทีเรียที่สร้างสารสีได้แล้ว นำแต่ละไอโซเลตที่คัดแยกได้มาทดสอบอุณหภูมิในการเจริญและสร้างสารสี โดยอุณหภูมิที่ทดสอบได้แก่ 30 $^{\circ}$C 37 $^{\circ}$C และ 50 $^{\circ}$C วิเคราะห์น้ำหนักเซลล์แห้ง เลือกแบคทีเรียที่ให้ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้งมากสุด ในเวลาที่น้อยสุด นำมาสกัดสารสีจากเซลล์แบคทีเรีย และวัดความเข้มของสารสีด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยวิธีของ Indra และคณะ, (2014) แต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งและนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สารสีที่สกัดได้นำมาทดสอบฤทธิ์การต้านแบคทีเรียก่อโรค 2 ชนิด ได้แก่ *S. aureus* ATCC 29523 และ *E. coli* ATCC 29522 ด้วยวิธี Agar well diffusion method โดยมีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Mueller Hinton Broth (MHB) เป็นชุดควบคุม

ผลการทดลอง

จากการทดลองที่ทำการคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างสารสีจากเนื้อครามบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA ที่พีเอช 2 ระดับ คือ 7 และ 10 พบว่า พบแบคทีเรียสร้างสารสีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA พีเอช 7 เท่านั้น จำนวน 2 ไอโซเลต ได้แก่ IDG 5 ซึ่งมีลักษณะโคโลนีกลม นูน ขอบหยัก สร้างสารสีส้ม และ IDG 6 มีลักษณะโคโลนีกลม นูน มันวาว ขอบเรียบ สร้างสารสีเหลืองใส (Table 1) โดยพบว่าส่วนใหญ่มีลักษณะเซลล์เป็นรูปท่อน สร้างสปอร์ ติดสีแกรมบวก ส่วนการคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างสารสีจากรากครามบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA พีเอช 7 พบเป็นแบคทีเรียสร้างสารสีจำนวน 1 ไอโซเลต ได้แก่ RI1-2 โดยมีลักษณะโคโลนีกลม นูน มันวาว ขอบเรียบ สร้างสารสีเหลืองเข้ม เซลล์มีลักษณะเป็นรูปท่อน สร้างสปอร์ ติดสีแกรมบวก ดังนั้นในการทดลองผลของอุณหภูมิต่อการเจริญและการสร้างสารสีจึงใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ NA ที่พีเอช 7 ในการทดสอบต่อไป

Table1 The morphology of pigment producing bacterial isolated form Kram.

Isolate	Sample	Colony morphology	Gram stain
IDG 5	Indogo blue (pH 7)	Orange circle convex and undulate	Gram positive Rod spore forming
IDG 6	Indogo blue (pH 7)	Pale yellow circle convex entire and glister	 Gram positive Rod spore forming
RI1-2	Root (pH 7)	 Dark yellow circle convex entire and glister	Gram positive Rod spore forming

จาก Table 2 พบว่าที่อุณหภูมิ 30°C ในแบคทีเรีย RI1-2 ได้มีอัตราการเจริญสูงที่สุดโดยวัดจากน้ำหนักเซลล์แห้งเฉลี่ยเท่ากับ 6.10 มิลลิกรัม ในชั่วโมงที่ 36 และเมื่อนำสารสีที่สกัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร พบว่าให้สารสีที่เข้มที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.061 ในชั่วโมงที่ 24 พิจารณาอัตราการเจริญและการสร้างสารสีที่อุณหภูมิ 37 °C พบว่าอัตราการเจริญและการสร้างสารสีไปในทิศทางเดียวกัน โดยแบคทีเรียทั้งสามไอโซเลตมีอัตราการเจริญและการสร้างสารสีสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 36 และที่อุณหภูมิ 37 °C อัตราการเจริญและการสร้างสารสีมากกว่าที่อุณหภูมิ 30 °C จากการทดลอง RI1-2 มีการสร้างสารสีที่ดีที่สุด สารสีที่สกัดได้มีลักษณะเป็นของเหลว สีเหลืองใส ส่วนที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่าแบคทีเรียทั้ง 3 ไอโซเลตมีอัตราการเจริญและการสร้างสารสีที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 อุณหภูมิที่ทดสอบ โดยให้ค่าการเจริญและการสร้างสารสีได้ดีที่ชั่วโมงที่ 6 ในทุกๆไอโซเลตที่นำมาศึกษา อาจเป็นเพราะที่อุณหภูมิ 50 °C ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรีย จึงทำให้เพิ่มจำนวนได้เพียงเล็กน้อย โดยอัตราการเจริญและการสร้างสารสีต่ำกว่า ที่อุณหภูมิ 37 °C และ 30°C ตามลำดับ ดังนั้นผลของอุณหภูมิและเวลามีผลต่ออัตราการเจริญและการสร้างสีของแบคทีเรียทั้ง 3 ไอโซเลต โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญและการสร้างสารสีที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 37 °C รองลงมาได้แก่ ที่อุณหภูมิ 30 °C และ 50 °C ตามลำดับ การสร้างสารสีของแบคทีเรียมักมีปัจจัยหลายๆ อย่างเข้ามามีผลกระทบต่อการสร้างสารสี เช่น อุณหภูมิ พีเอช แหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน แสง เป็นต้น (Navin-raju และ Radha, 2015) แบคทีเรียสร้างสารสีได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 30-37 องศาเซลเซียส ที่พีเอชเท่ากับ 7 เนื่องจากเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรีย โดยในการศึกษานี้พบว่า แบคทีเรียสร้างสารสีในช่วง stationary phase ดังนั้นสารสีที่แบคทีเรียผลิตขึ้น ไม่ได้สร้างขึ้นเพื่อการเจริญแต่สร้างขึ้นเพื่อการอยู่รอด และการป้องกันตัวเองจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น สารอาหาร ค่าความเป็นกรดด่าง เป็นต้น นั่นคือเป็นสารประเภท secondary metabolite เช่น bioactive compound ต่างๆ ได้แก่ anticancer, antifungal, antitumor, cytotoxic, cytostatic, anti-inflammatory, antiparasitic, anti-malaria, antiviral, antioxidant, anti-angiogenesis, antibacterial เป็นต้น (Manivasagan และคณะ, 2014)

Table 2 Effect of temperature on growth and pigmentation by Kram isolated bacteria (mean±SD).

Temperature	Isolates	Cell mass measurement		Pigment production	
		dry weight (mg.)	Time (hr.)	(OD_{450} nm.)	Time (hr.)
30°C	RI 1-2	6.10 ±0.082	36	0.061±0.00048	24
	IDG 5	2.60 ±0.000	48	0.026±0.00048	48
	IDG 6	2.87 ±0.125	36	0.026±0.00095	24
37°C	RI 1-2	8.20±0.082	36	0.091±0.00095	36
	IDG 5	3.27±0.095	36	0.035±0.00095	36
	IDG 6	2.80±0.082	36	0.052±0.00125	36
50°C	RI 1-2	0.8±0.001	6	0.005±0.00048	6
	IDG 5	0.6±0.000	6	0.002±0.00048	6
	IDG 6	0.57±0.048	6	0.003±0.00048	6

การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นของสารสีต่อการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ *E. coli* และ *S. aureus* โดยเลือกสารสีจากแบคทีเรียไอโซเลต RI1-2 ซึ่งเป็นไอโซเลตที่ให้การเจริญและการสร้างสารสีที่ดีที่สุด มาทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย พบว่า สารสีที่สกัดได้จากแบคทีเรีย RI1-2 บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C ระยะเวลา 36 ชั่วโมง ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ *E. coli* และ *S. aureus* ได้ โดยเห็นเป็นวงใส (Clear zone) ขนาด 16 และ 13 มิลลิเมตร (Figure 2) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MHB แสดงให้เห็นว่าสารสีที่สกัดได้จากแบคทีเรียไอโซเลต RI1-2 เบื้องต้นมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ จากรายงานของ Ahmad และคณะ (2012) พบว่าสารสีเหลืองสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก (*Bacillus cereus*) และ แกรมลบ (*Escherichia coli*) โดยมีค่าการยับยั้งอยู่ที่ 15 และ 55.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นว่าสารสีเหลืองสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวก เนื่องจาก ในแบคทีเรียแกรมลบมี ชั้นเปปทิโดไกลแคน (peptidoglycan) ที่บางจึงทำให้ไวต่อสารสีมากกว่าแบคทีเรียแกรมบวกซึ่งผลการยับยั้งอาจเกิดจากการทำลายโครงสร้างทางสรีรวิทยาหรือเกิดจากการยับยั้งปฏิกิริยาหรือกิจกรรมต่างๆของจุลินทรีย์และกิจกรรมในการยับยั้งจุลินทรีย์จะขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่นำมาทดสอบด้วย

อย่างไรก็ดีงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในการคัดเลือกแบคทีเรียและระยะเวลาการเจริญและอุณหภูมิต่อการสร้างสารสี ในการศึกษาครั้งต่อไปต้องมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมอื่นๆต่อการเจริญและการสร้างสารสีของแบคทีเรียและความคงตัวของสารสี ตลอดจนต้องทำการ identify ชนิดของแบคทีเรียที่ศึกษา

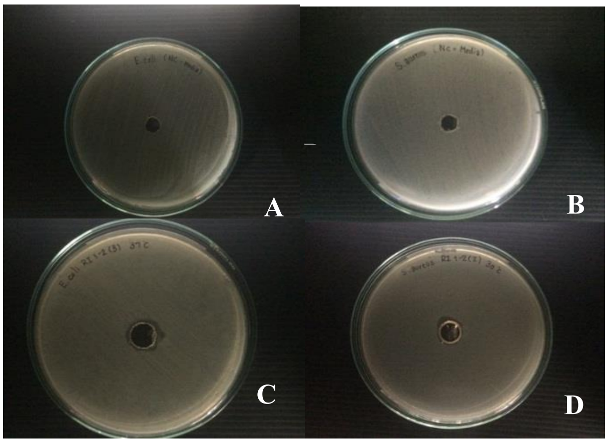


Figure 2 Anti-bacterial testing of yellow pigment on *E. coli* (C) and *S.aureus* (D) : (A and B) are MHB.

สรุปผล

สามารถคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างสารสีจากเนื้อครามเปียกได้ 2 ไอโซเลต ได้แก่ IDG5 สร้างสารสีส้ม และ IDG6 สร้างสารสีเหลืองใส ส่วนรากครามคัดแยกได้ 1 ไอโซเลต คือ RI1-2 สร้างสารสีเหลืองเข้ม และเมื่อนำแบคทีเรียที่สร้างสารสีมาทดสอบผลของอุณหภูมิและเวลาต่อการเจริญและการสร้างสารสี พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อการเจริญและการสร้างสารสี โดยแบคทีเรียทั้ง 3 ไอโซเลตมีการเจริญและการสร้างสารสีสูงที่สุดที่อุณหภูมิ 37°C เมื่อนำสารสีที่สกัดได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ พบว่า สารสีที่ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

MedThai, คราม สรรพคุณและประโยชน์ของต้นคราม 15 ข้อ! [สืบค้น], http://www.medthai.com/คราม/ [18 พฤศจิกายน 2559].

สมพงศ์ โอทอง เบ็ญจวรรณ บัวขวัญ และชลธิชา มามิมิน, นวัตกรรมจากภูมิปัญญาท้องถิ่นในมรดกทางวัฒนธรรมของการพัฒนาต้นเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสีครามจากต้นครามและการเก็บรักษาสีครามในสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน [สืบค้น], http://agkb.lib.ku.ac.th/main/search_detail/result/167478 [18 พฤศจิกายน 2559].

Indra Arulselvi P., Umamaheswari S., Ranandkumar Sharma G., Karthik C. and Jayakrishna C., 2014, Screening of yellow pigment producing bacterial isolates from various eco-climatic areas and analysis of the carotenoid produced by the isolate, Food Processing and Technical, 5(1): 1-4.

Navin raju V. and Radha T., 2015, Production of extracellular pigment from microbes and its application, International Journal on Applied Bioengineering, 9: 23-29.

Manivasagana P., Venkatesana J., Sivakumar K. and Kim S.K., 2014, Pharmaceutically active secondary metabolites of marine Actinobacteria, Microbiological Research, 169: 262–278.

Ahmad W.A., Ahmad W.Y.W., Zakaria Z.A. and Yusof N.Z., 2012, Isolation of pigment-producing bacteria and characterization of the extracted pigments, Application of Bacterial Pigments as Colorant, 25-44.

คุณสมบัติพรีไบโอติกของไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนของแกลบโดยไฮโดรไลซ์ด้วยกรด
Prebiotic Properties of Xylooligosaccharides from Xylan of Rice Husk by Acid Hydrolysis

ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Srinorasing, T.[1], Laohakunjit, N.[1] and Keardchoecheun, O.[1]

Abstract

In this research, xylooligosaccharides from xylan of rice husk was extracted by acid hydrolysis with H_2SO_4 (0.25, 0.5 and 1 N), hydrolysis time (10, 30 and 60 min) at 100°C. It was found that 0.5 N H_2SO_4 for 60 min at 100°C gave reducing sugar of 60.04 mg/g, and xylose, xylobiose, xylotriose, xylotetraose, xylopentaose and xylohexaose of 2.70, 1.86, 0.78, 0.92, 1.14, and 0.77 mg/mL, respectively. Xylooligosaccharides was purified by activated charcoal, that the sugar content was increased; however, furfural content was decreased. The xylooligosaccharides from xylan of rice husk was tested for prebiotic with *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium longum*. Results showed that the xylooligosaccharides could significantly stimulate the growth of *B. longum*. This study clearly indicated that the xylooligosaccharides could be applied as prebiotic.

Keywords: xylooligosaccharides, xylan, rice husk, acid hydrolysis, prebiotic

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนของแกลบด้วยการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด โดยใช้กรดซัลฟิวริก (0.25, 0.5 และ 1 นอร์มัล) เวลา (10, 30 และ 60 นาที) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่าภาวะการสกัดที่ดีที่สุดด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เวลา 60 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 60.04 มิลลิกรัมต่อกรัม มีไซโลส ไซโลไบโอส ไซโลไตรโอส ไซโลเตตระโอส ไซโลเพนตะโอส และไซโลเฮกซะโอสปริมาณ 2.70, 1.86, 0.78, 0.92, 1.14 และ 0.77 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากภาวะนี้นำไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์มาทำให้บริสุทธิ์ด้วยผง activated charcoal มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น และปริมาณเฟอร์ฟิวรัลลดลง ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ได้เมื่อทดสอบคุณสมบัติพรีไบโอติกกับเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Bifidobacterium longum* พบว่าจำนวนเชื้อ *B. longum* เพิ่มขึ้น ดังนั้นไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นพรีไบโอติกได้

คำสำคัญ: ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ ไซแลน แกลบ ไฮโดรไลซิสด้วยกรด พรีไบโอติก

คำนำ

ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (xylooligosaccharides; XOS) เป็นพรีไบโอติกที่กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลไซโลสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่ตำแหน่ง β (1$\rightarrow$4) ที่มี degree of polymerization (DP) จำนวน 2-10 โมเลกุล โดยไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์มีโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถทนต่อสภาวะกรดและเอนไซม์ในระบบย่อยอาหารได้ดีกว่าฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (fructooligosaccharides; FOS) และโอลิโกแซ็กคาไรด์จากถั่วเหลือง (soy oligosaccharides; SOS) สามารถส่งเสริมการเจริญของเชื้อโพรไบโอติก (probiotics) อย่างเชื้อ Bifidobacteria ได้ดี โดยเชื้อโพรไบโอติกใช้โอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นแหล่งคาร์บอนให้ผลิตกรดแลคติก (lactic acid) และกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid; SCFA) เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และกรดบิวทิริก (butyric acid) เป็นต้น จึงทำให้ภาวะ pH ภายในลำไส้เป็นกรดไม่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) กระตุ้นการดูดซึมแคลเซียม และส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันได้ดีอีกด้วย (Cardenas-Toro และคณะ, 2014) ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถสกัดได้จากแกลบ (rice husk) ที่เหลือทิ้งปริมาณมากจากกระบวนการขัดสีข้าวถึงร้อยละ 20 ของการผลิตข้าว (Kahlon, 2009) แกลบมีองค์ประกอบของเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ประมาณร้อยละ 25 ซึ่งมีโครงสร้างแบบกลูคูโรโนอะราบิโนไซแลน (glucurono-arabinoxylan structure) เป็นโครงสร้างของเปลือกชั้นนอกของธัญพืช สามารถนำมาสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้ (Ebringerova, 2006) ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถสกัดได้

[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

หลายวิธี เช่น วิธีทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี แต่วิธีการที่สามารถผลิตไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้ปริมาณมาก ใช้เวลาน้อย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ ตัวทำละลาย หรือวัตถุดิบที่มีราคาแพงคือ การสกัดด้วยวิธีทางเคมีด้วยกรดซัลฟิวริกที่อุณหภูมิสูง เพื่อเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ตัดสายไซแลนให้ได้ขนาดของไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้สูงกว่าการสกัดด้วยวิธีทางกายภาพ และชีวภาพ (Akpinar และคณะ, 2010) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาการสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแกลบด้วยกรดซัลฟิวริกเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์เป็นพรีไบโอติก และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตเหลือทิ้งทางการเกษตรอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำแกลบมาบดด้วยเครื่องบด IKA รุ่น M20 ร่อนแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh และอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน (Vansoest และ Wine, 1968) นำแกลบที่บดและอบแห้งมาสกัดไซแลนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 4 นอร์มัล ในอัตราส่วน 1:10 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงแยกส่วนของเหลวไซแลนที่ความเร็วรอบ 10,000 g เป็นเวลา 15 นาที ตกตะกอนด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 2 เท่าของปริมาตรของเหลวของไซแลน นำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนไซแลน แล้วนำไปประเหยแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณไซแลนที่สกัดได้ (%true recovery = [น้ำหนักไซแลนแห้งที่สกัดได้ (g) /น้ำหนักเปลือกข้าว (g)] X 100) วิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลองค์ประกอบในไซแลนด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography โดยใช้ Evaporative Light Scattering Detector (HPLC-ELSD) (Agilent, USA) โดยใช้น้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสเป็นน้ำตาลมาตรฐานอ้างอิง

การสกัดไซโลโอลิโกแซคคาร์ด์จากไซแลนของแกลบที่ผ่านสกัดด้วยด่างจากแกลบมาไฮโดรไลซ์ด้วยกรดซัลฟิวริก โดยแปรความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ 0.25, 0.5 และ 1 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที กรองแยกส่วนของแข็งด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับสภาพสารละลายให้เป็นกลางด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi (1952) วิเคราะห์อนุพันธ์ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วย Thin Layer Chromatography (TLC) และวิเคราะห์ปริมาณไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์โดยนำไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์มาทำอนุพันธ์ด้วยสาร PMP (1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone) ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography โดยใช้ UV-Vis detector ที่ความยาวคลื่น 245 นาโนเมตร โดยใช้น้ำตาลไซโลส และ ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นน้ำตาลมาตรฐานอ้างอิง (Li และคณะ, 2013) ทำให้ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์บริสุทธิ์ด้วยผงถ่านกัมมันต์ (activated charcoal) กวนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,000 g เป็นเวลา 20 นาที วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และเฟอร์ฟูรัล นำไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ระเหยน้ำด้วยเครื่อง rotary evaporator จนมีลักษณะเป็นไซรัป

ศึกษาผลของไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนของแกลบที่คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทดสอบคุณสมบัติพรีไบโอติกเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกคือ *Lactobacillus casei* และ *Bifidobacterium longum* โดยเปรียบเทียบแหล่งคาร์บอนชนิดต่างๆ ได้แก่ กลูโคส อินนูลิน และฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง ในสภาวะไร้ออกซิเจน เก็บตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อวัดค่า pH และนับจานวนเชื้อ (CFU/mL) (Samanta และคณะ, 2012)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แกลบประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นหลักร้อยละ 36.61 เฮมิเซลลูโลส และลิกนินร้อยละ 23.13 และ 21.12 ตามลำดับ หลังจากนั้นสกัดไซแลนจากแกลบด้วยด่างพบปริมาณร้อยละ 19.14 ประกอบด้วยน้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสร้อยละ 8.73, 5.27 และ 5.14 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งเป็นน้ำตาลองค์ประกอบของโครงสร้างกลูคูโรโนอะราบิโนไซแลนที่สามารถพบในพืชวงศ์หญ้า (Ebringerova, 2006) ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนของแกลบด้วยวิธีทางเคมีเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นพรีไบโอติกคือ การสกัดด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เวลา 60 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 60.07 มิลลิกรัมต่อกรัม (Fig 1) พบอนุพันธ์ไซโลส ไซโลไบโอส ไซโลไตรโอส ไซโลเตตระโอส ไซโลเพนตะโอส และไซโลเฮกซะโอส (Fig 2) ปริมาณ 2.70, 1.86, 0.78, 0.92, 1.14 และ 0.77 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ (Fig 3) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก และเวลาในการสกัดที่อุณหภูมิสูง ช่วยเร่งการไฮโดรไลซ์ไซแลนแบบสุ่ม (random hydrolysis) ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์เพิ่มมากขึ้น (Akpinar และคณะ, 2009) เมื่อนำไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัด.oสภาวะที่เหมาะสมมาทำให้บริสุทธิ์ด้วย activated charcoal ทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้นจาก 327.70 เป็น 667.70 มิลลิกรัมต่อกรัม เพิ่มขึ้น 2 เท่า และปริมาณเฟอร์ฟูรัลลดลงจากร้อยละ 3.41 เป็นร้อยละ 2.71 ลดลง 1.3 เท่า เพื่อเป็นการลด

สารพิษที่เป็นตัวขัดขวางคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) ของไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติพรีไบโอติกเทียบกับอินนูลิน และฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์พบว่า อินนูลิน และฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถส่งเสริมการเจริญของเชื้อ *Lactobacillus casei* มากกว่า *Bifidobacterium longum* ส่วนไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถส่งเสริมการเจริญของ *B. longum* ได้ดีกว่า *L. casei* อยู่ประมาณ 1.3 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์โพรไบโอติกมีเอนไซม์ที่จำเพาะ และใช้แหล่งคาร์บอนหลักที่จำเป็นต่อการเจริญที่แตกต่างกันไป (Holtl และคณะ, 2005) และจุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถผลิตกรดแลกติคและกรดไขมันสายสั้น ที่ทำให้สภาวะ pH ลดลงประมาณ 4.5-5.5 (Fig. 4) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อก่อโรค อีกทั้งกรดไขมันสายสั้นยังช่วยกระตุ้นให้เร่งการดูดซึมแร่ธาตุโดยเฉพาะแคลเซียมสู่ร่างกายมากขึ้น และยังช่วยระบบขับถ่ายเป็นปกติ (Moure และคณะ, 2006)

สรุปผล

ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดจากไซแลนของแกลบด้วยวิธีทางเคมีด้วยกรดซัลฟิวริกสภาวะที่เหมาะสมคือ สกัดด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 60.07 มิลลิกรัมต่อกรัม อนุพันธ์ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ขนาด DP 1-6 สูงสุด เมื่อผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์ทำให้ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น 2 เท่า และมีปริมาณเฟอร์ฟูรัลลดลง 1.3 เท่า และไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนของแกลบมีคุณสมบัติพรีไบโอติกกระตุ้นการเจริญของ *B. longum* ได้ดีกว่าฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Akpinar, O., Erdogan, K. and Bostanci, S., 2009, “Production of Xylooligosaccharides by Controlled Acid Hydrolysis of Lignocellulosic Materials”, **Carbohydrate Research**, Vol. 344, No. 5, pp. 660-666.

Akpinar, O., Erogan, K., Bakir, U. and Yilmaz, L., 2010, “Comparison of Acid and Enzymatic Hydrolysis of Tobacco stalk Xylan for Preparation of Xylooligosaccharides”, **LWT-Food Science and Technology**, Vol. 43, pp. 119-125.

Cardenas-Toro, F.P., Alcazar-Alay, S.C., Forster-Carneiro, T. and Meireles, M.A.A., 2014, “Obtaining Oligo- and Monosaccharides from Agroindustrial and Agricultural Residues Using Hydrothermal Treatments”, **Food and Public Health**, Vol. 4, No. 3, pp. 123-139.

Ebringerova, A., 2006, “Structural Diversity and Application Potential of Hemicelluloses”, **Macromolecular Symposia**, Vol. 232, No. 1, pp. 1-12.

Holtl, S.M., Miller-Fosmorel, C.M. and Cote, G.L., 2005, “Growth of various intestinal bacteria on alternansucrase derived oligosaccharides”, **Letters in Applied Microbiology**, Vol. 40, pp. 385-390.

Kahlon, T.S., 2009, “Rice bran: Production, Composition, Functionality and Food Applications, Physiological Benefits”, **Fiber Ingredients: Food Application and Health Benefits**, pp. 305-318.

Li, H., Long, C., Zhou, J., Liu, J., Wu, X. and Long, M., 2013, Rapid analysis of mono-saccharides and oligo-saccharides in hydrolysates of lignocellulosic biomass by HPLC, **Biotechnology Letters**, Vol. 35, No. 9, pp. 1405-1409.

Moure, A., Gullon, P., Dominguez, H. and Parajo, J.C., 2006, “Advances in the manufacture, purification and application of xylo-oliogosaccharides as food additives and nutraceuticals”, **Process Biochemistry**, Vol. 41, pp. 1913-1923.

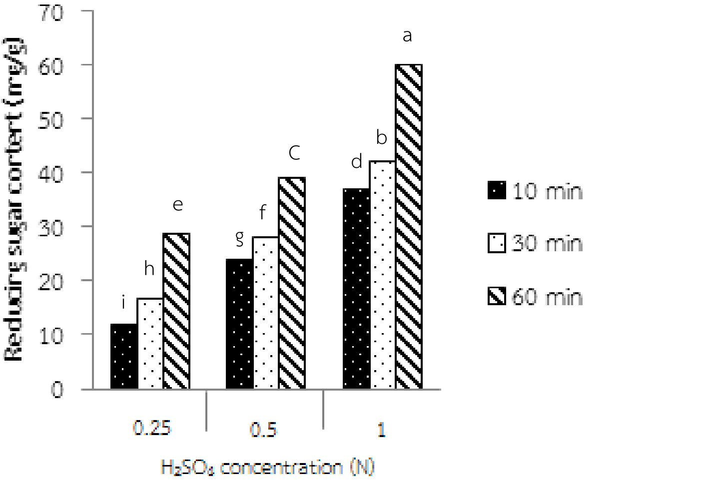
Samanta, A. K., Senani, S., Kolte, A. P., Sridhar, M., Sampath, K. T. and Jayapal, N., 2012, “Production and *in vitro* Evaluation of Xylooligosaccharides Generated from Corn Cobs”, **Journal of Food and Bioproducts Processing**, Vol. 90, pp. 466–474.

Somogyi, M., 1952, Notes on sugar determination, **Biological Chemistry**, Vol. 195, pp. 19-23.

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 composition of rice husk

Chemical composition	Rice husk (% w/w)
Cellulose	36.61
Hemicellulose	23.13
Lignin	21.12
Xylan	19.14
- Xylose	8.73
- Arabinose	5.27
- Glucose	5.14



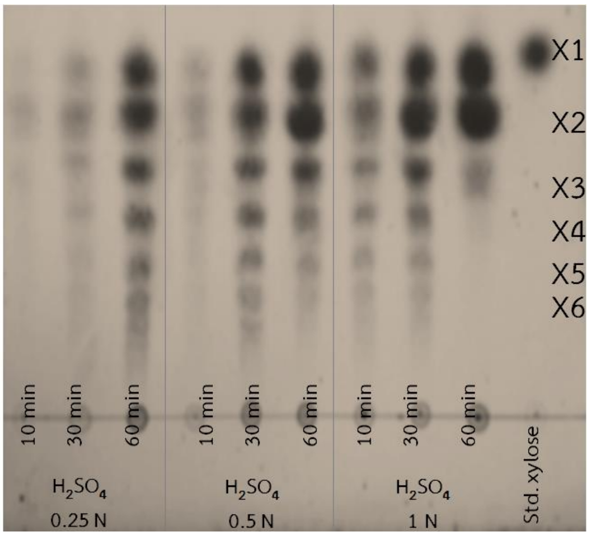


Figure 2 Xylooligosaccharides analyzed by thin-layer chromatography

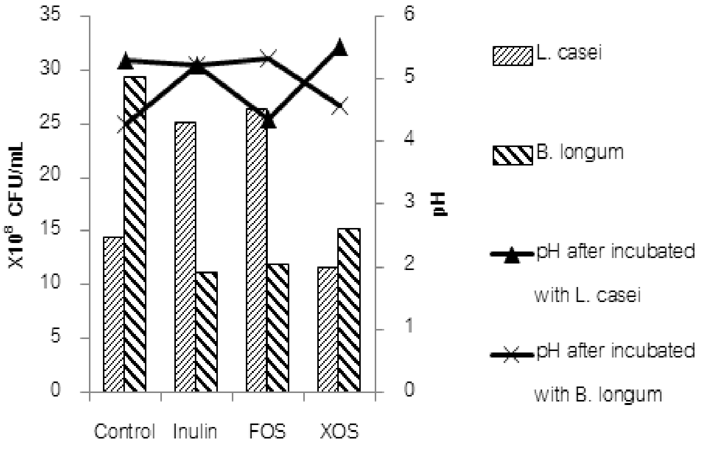


Figure 4 Number of probiotic and pH after incubated with prebiotic

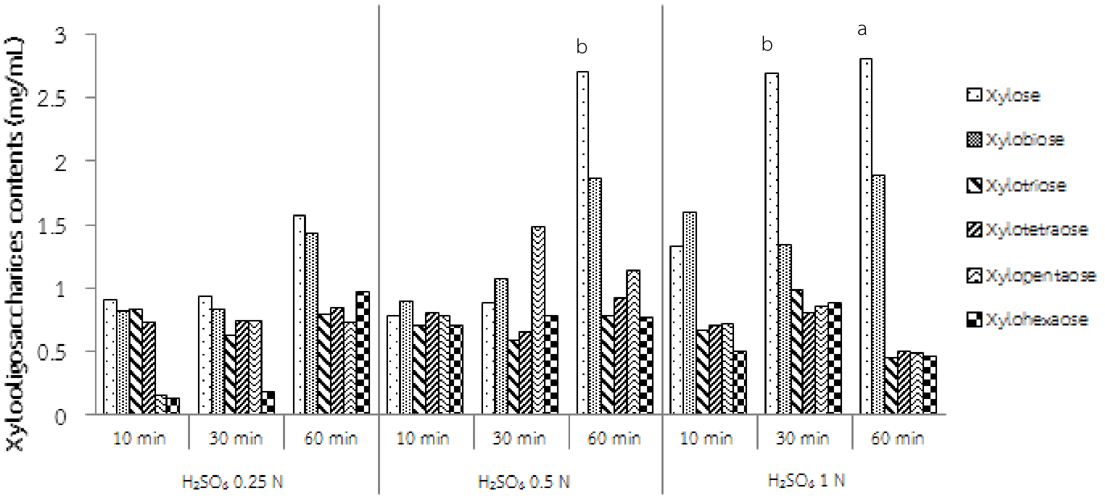


Figure 3 Amount of xylooligosaccharides analyzed by High Performance Liquid Chromatography

การผลิตเครื่องดื่มซุปเปอร์เบอรี่ที่มีสารสกัดแอนโธไซยานินจากข้าวหอมนิล บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส

Formulation of Super Berry Beverage Containing Anthocyanin Extract from Thai Black Jasmine Rice Based on Sensory Analysis

สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] และ รัชนี ไสยประจง[1]
Pinitglang, S.[1] and Saiprajong, R.[1]

Abstract

This research was to develop the extract from Thai black jasmine rice (TBJR). Anthocyanin extract from TBJR by water showed that the best ratio of TBJR: distilled water was 1: 2 (w/v). Results showed that the extracts of TTBJR had anthocyanin of 2.09±0.01 g/g and antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2-azobis (3-ethylbenzothialzoline- 6-sulfonic acid (ABTS) was 72.34±8.17 and 90.72±0.86, respectively. Then, the extract TBJR was mixed with the fruit juices containing 0.1 g super berries, with oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of up to 6000 units. The 3 formulas of juices (formula 1-3) consisted of TBJR of 5, 10, and 15 ml, respectively. Sensory evaluation by consumers revealed that the highest score of 4.8±0.41 was from formula 1, and its total energy was equal 65.07 Kcal/100 ml.

Keywords: anthocyanin, Thai black jasmine rice, ORAC, super berries

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสารสกัดจากข้าวหอมนิลเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม โดยศึกษาอัตราส่วนของสารสกัด anthocyanin จากข้าวหอมนิลด้วยน้ำกลั่น ผลพบว่าการสกัดที่ดีที่สุด คือ ใช้อัตราส่วนข้าวหอมนิล: น้ำ เท่ากับ 1:2 (w/v) และพบว่าสารสกัดข้าวหอมนิลมีปริมาณ Anthocyanins เท่ากับ 2.09±0.01 กรัม/กรัมข้าวหอมนิล และมีร้อยละการต้านอนุมูลอิสระด้วย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2-azobis (3-ethylbenzothialzoline-6- sulfonic acid) (ABTS) เท่ากับ 72.34±8.17 และ 90.72±0.86 ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดมาผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มรสผลไม้รวมที่มีผง super berries ปริมาณ 0.1 กรัม ซึ่งจะมีค่า Oxygen radical absorbance capacity หรือ ORAC สูงถึง 6000 หน่วยโดยทดลอง 3 สูตร (สูตร 1-3) มีสารสกัดข้าวหอมนิล 5 10 และ 15 มิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมเครื่องดื่มสูตรที่ 1 สูงที่สุดเท่ากับ 4.8±0.41 จากนั้นเมื่อนำเครื่องดื่มสูตรที่ 1 ไปวิเคราะห์ค่าพลังงานทั้งหมดพบว่ามีค่าเท่ากับ 65.07 Kcal/100 มิลลิลิตร

คำสำคัญ: แอนโธไซยานิน ข้าวหอมนิล ORAC super berries

คำนำ

วิถีชีวิตปัจจุบันของคนเมืองมีความเร่งรีบทั้งเรื่องงาน การดำเนินชีวิต ไม่มีเวลาพักผ่อน หรือการรับสารอาหารที่ไม่มีคุณค่าเนื่องจากไม่มีเวลาใส่ใจ ดังนั้นหากมีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตที่เร่งด่วนก็จะช่วยชดเชยสารอาหารที่ขาดหายไป ข้าวหอมนิลเป็นวัตถุดิบที่ผลิตในประเทศไทยและมีคุณสมบัติครบถ้วนทางด้านสารอาหาร โดยเฉพาะข้าวเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ (Goufo and Trindade, 2014) เช่น γ-oryzanol และ วิตามินอี (Vitamin E) พบมากในน้ำมันรำข้าว (Rogers et al. 1993) สารกลุ่มกรดฟีนอลิก (Phenolic acids) ก็พบได้มากในข้าวหลากหลายชนิด (Harukaze et al. 1999) หรือสารประกอบแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) พบมากในข้าวที่มีสีแดงหรือสีม่วงดำ (Terahara et al. 1994) โดยเฉพาะกลุ่มข้าวสีดำเช่นข้าวหอมนิลจะพบสารต้านอนุมูลอิสระ กลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) คือสารโปรแอนโทไซยานิดิน (Proanthocyanidin) อยู่สูง ซึ่งมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง มีฤทธิเป็นสารปฏิชีวนะ ต้านภูมิแพ้ ต้านไวรัส

---

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of The Thai Chamber of Commerce, 126/1 Dindaeng, Bangkok 10400

ช่วยการขยายตัวของหลอดเลือด รวมทั้งต้านการหืนของไขมัน นอกจากข้าวอีกกลุ่มผลไม้ที่มีคุณสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระสูง คือผลไม้ตระกูลเบอรี่ ซึ่งเป็นที่รู้จักว่าเป็นแหล่งอาหารที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอยู่สูง (Skrovankova et al., 2015)

การนำสารสกัดจากข้าวหอมนิลมาผสมในเครื่องดื่มรสผลไม้รวมที่มีผง super berries ก็เป็นอีกทางเลือกในการบริโภคเครื่องดื่มที่ดีต่อสุขภาพในสังคมเร่งด่วน เนื่องจากส่วนผลมของผง super berries ปริมาณ 0.1กรัม มีค่า Oxygen radical absorbance capacity หรือ ORAC สูงถึง 6000 หน่วย และ Proanthocyanidin ในข้าวหอมนิลจะช่วยเรื่องสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความดัน บำรุงสายตาและเส้นผม บำรุงผิวพรรณ และลดริ้วรอย เป็นต้น อีกทั้งเครื่องดื่มผสมสารสกัดข้าวหอมนิลนี้ยังเป็นเครื่องดื่มพลังงานต่ำสำหรับผู้ต้องการควบคุมน้ำหนัก ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากประโยชน์ของสารสกัดจากข้าวหอมนิลและ super berries แล้ว งานวิจัยนี้จึงจัดทำเพื่อพัฒนาสูตรเครื่องดื่มจากสารสกัดข้าวหอมนิลผสม super berries ที่ให้พลังงานต่ำ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมสารสกัดจากข้าวหอมนิล

บดข้าวหอมนิลจักรพรรดิปริมาณ 1 กิโลกรัม ด้วยเครื่อง Rotary Better mill และร่อนด้วย Sieving machine ขนาด 125 ไมโครเมตร จากนั้นนำผงข้าวหอมนิลจักรพรรดิ 500 กรัม และน้ำกลั่นปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ส่วนของแป้งตกตะกอน นำส่วนใสมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสปริมาตร 1000 มิลลิลิตร มาเพิ่มความเข้มข้นด้วยเครื่อง Rotary Evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเหลือปริมาตรเท่ากับ 40 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและค่าแอนโทไซยานิน

2. การทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH) (ดัดแปลงโดย Floegela et al. ,2011) ผสมสารสกัดข้าวหอมนิลปริมาณ 0.05 มิลลิลิตร กับสารละลาย DPPH ปริมาณ 2.95 มิลลิลิตร หลังจากบ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ส่วนวิธี 2,2-azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt radical scavenging (ABTS) (ดัดแปลงโดย Floegela et al., 2011) นำสารสกัดข้าวหอมนิลปริมาณ 0.02 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย ABTS ที่เจือจาง ปริมาณ 0.98 มิลลิลิตร หลังจากบ่มในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

3. การเตรียมสูตรเครื่องดื่มสำเร็จรูปจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวม

การเตรียมสูตรเครื่องดื่มสำเร็จรูปจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมทั้ง 3 สูตร เครื่องดื่มทั้ง 3 สูตร จะมีส่วนผสมหลักแบบเดียวประกอบด้วย ฟรุกทาโรส 15 กรัม วิตามินซี 0.06 กรัม กรดซิตริก 0.5 กรัม ไตรโซเดียมซิเตรต 0.2 กรัม ฟรุกโทส 18 กรัม ไฟเบอร์กัม 10 กรัม ผงมะนาว 1.25 กรัม สีแดงธรรมชาติ 150 ไมโครลิตร กลิ่นมิกซ์เบอรี่ 50 ไมโครลิตร กลิ่นทับทิม 50 ไมโครลิตร และผง super berries 0.1 กรัม ละลายส่วนผสมทั้งหมดด้วยน้ำปริมาตร 180 มิลลิลิตร โดยการทดลองจะแปรผันเฉพาะปริมาณสารสกัดจากข้าวหอมนิล โดยมีปริมาณที่แตกต่างกัน คือ สูตรที่ 1 มีปริมาณสารสกัดจากข้าวหอมนิล 5 มิลลิลิตร สูตรที่ 2 มีปริมาณสารสกัดจากข้าวหอมนิล 10 มิลลิลิตร และสูตรที่ 3 มีปริมาณสารสกัดจากข้าวหอมนิล 15 มิลลิลิตร จากนั้นศึกษาคุณลักษณะของเครื่องดื่มสำเร็จรูปจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมทั้ง 3 สูตร โดยการประเมินประสาทสัมผัสโดยวิธี 5-Point hedonic scale เพื่อช่วยในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ไดรับการยอมรับสูงที่สุด และวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารและพลังงานทั้งหมด

4. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบได้คัดเลือกผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน มาทำการประเมินประสาทสัมผัสโดยวิธี 5-Point hedonic scale (5 คะแนน) โดยมีระดับคะแนน 5 ระดับ คือ 5 = ชอบมากที่สุด 4 = ชอบ 3 = ปานกลาง 2 = ไม่ชอบ 1 = ไม่ชอบที่สุด) โดยวิเคราะห์การเปรียบเทียบทางสถิติแบบ Duncan’s new multiple-rang test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS version 11.5

5. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มสำเร็จรูปจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมตามวิธี AOAC (2012) ส่วนการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีน และความชื้น ตามวิธี AOAC (2012) การวิเคราะห์ปริมาณพลังงาน และคาร์โบไฮเดรทตามวิธี In-house method TE-CH-169 based on Compendium of Methods for Food Analysis. Thailand, 1st Edition, 2003 โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวหอมนิลพบว่ามีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ ABTS) เท่ากับ 72.34% และ 90.72% ตามลำดับ สารสกัดจากข้าวหอมนิลมีค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สูงกว่าวิธี DPPH เช่นเดียวกับการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดข้าวก่ำลืมผัวพบว่ามีค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สูงกว่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Thitipramote et al., 2016) ซึ่งทั้งข้าวหอมนิลและข้าวก่ำลืวผัวเป็นข้าวที่พบสารโปรแอนโทไซยานิดินในปริมาณสูง ขณะที่สารควบคุมคือ 10 mM วิตามินซี มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ ABTS) เท่ากับ 93% และ 96% ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าค่าการต้านอนุมูลอิสระ ABTS จากสารสกัดข้าวหอมนิลมีความสามารถใกล้เคียงกับวิตามินซีในการต้านอนุมูลอิสระสูงถึงร้อยละ 90 และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในสารสกัดจากข้าวหอมนิลพบว่ามีเท่ากับ 2.09 mg/g (Table 1) เมล็ดข้าวหอมนิลมีลักษณะสีม่วงดำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ cyanidin, peonidin และ procyanidin โดยสารกลุ่มนี้คือสารกลุ่ม flavonoid โดยคุณสมบัติเด่นของสารดังกล่าวเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Miguel, 2011) ข้าวหอมนิลเป็นข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 12.5 อะไมโลสร้อยละ 16 อีกทั้งยังมีแร่ธาตุที่สำคัญประกอบด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม (Chrispeels and David, 1994) โดยปกติสีม่วงดำในข้าวหอมนิลพบว่ามีปริมาณ polyphenolic ถึง 752.1 mg/100g, anthocyanin 109.50-256.60 mg/100g และ beta-carotene 63.3 μg/100g จากองค์ประกอบของสารทั้งสามชนิดนี้จึงส่งผลให้ข้าวหอมนิลมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่ง มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิตามินซี และวิตามินอี (Sompong et al., 2011; Pedro et al., 2016)

Table 1 Antioxidant properties of Homnin rice extracted.

Antioxidant properties	Homnin rice extracted	Control as 10 mM Vitamin C
% Inhibition DPPH	72.34 ± 8.17 %	93.14
% Inhibition ABTS	90.72 ± 0.86 %	96.33
Anthocyanin	2.09 ± 0.01 mg/g	-

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสได้ผลการทดสอบดังแสดงใน Table 2 จากผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสเครื่องดื่มจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมทั้ง 3 สูตรพบว่าลักษณะปรากฏของทั้ง 3 สูตร เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบโดยได้คะแนนสูงสุดเท่ากัน เท่ากับ 5 ขณะที่คุณสมบัติทางด้านสี กลิ่น และรสพบว่าสูตรที่ 1 มีคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุดเท่ากับ 4.9, 4.9 และ 4.8 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยสูตรที่ 2 มีคะแนนทางด้านสี กลิ่น และรส เท่ากับ 4.5, 4.5 และ 4.3 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 3 มีคะแนนทางด้านสี กลิ่น และรส น้อยที่สุดเท่ากับ 4.1, 3.6 และ 3.2 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนสูงที่สุดเท่ากับ 4.8 รองลงมาคือสูตรที่ 2 เท่ากับ 4.2 และสูตรที่ 3 เท่ากับ 3.8

สูตรที่ 2 และ 3 ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสน้อยอาจเนื่องจากปริมาณสารสกัดจากข้าวหอมนิลที่มีปริมาณมากทำให้มีรสฝื่น และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ซึ่งรสฝื่นอาจเนื่องจากปริมาณแทนนิน (Tannin) ในข้าวหอมนิลสารแทนนินเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenol) เป็นสารให้ความฝาดในพืช พบได้ในพืชหลายชนิด แทนนิน มี 2 ชนิด คือ สารไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysable tannins) และคอนเดนส์แทนนิน (condensed tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทรไซยานิน (proanthrocyanin) (Laks, 1989) ซึ่งสามารถพบได้ในกลุ่มข้าวมีสีเช่นข้าวหอมนิล กลุ่มข้าวมีสีพบว่ามีปริมาณแทนนินเท่ากับ 57 mg/100g (Trinidad et al., 2009) ดังนั้นปริมาณสารสกัดจากข้าวหอมนิลที่เหมาะสมสำหรับเติมในสูตรเครื่องดื่มจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมคือ 5 มิลลิลิตร และเมื่อวิเคราะห์ค่าพลังงานทั้งหมดของเครื่องดื่มจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมสูตรที่ 1 ปริมาตร 100 mL พบว่ามีพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 65.07 Kcal คาร์โบไฮเดรต 15.96 g โปรตีน 0.06 g และไขมัน 0.11 g (Table 3)

สรุปผล

สารสกัดจากข้าวหอมนิลเพบว่ามีค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณ แอนโทไซยานินสูง โดยสูตรเครื่องดื่มจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดคือ สูตรที่ 1 ที่มีปริมาณสารสกัดข้าวหอมนิลปริมาตร 5 มิลลิลิตร รวมทั้งเป็นเครื่องดื่มที่ให้พลังงานทั้งหมดเพียง 65 Kcal จึงถือได้ว่าเครื่องดื่มจากข้าวหอมนิลและผงผลไม้รวมเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณประโยชน์และน่าสนใจในทางธุรกิจ

คำขอบคุณ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ นายพีชณาณัฐน์ โคตแสง และนายทศพล แซ่ลี้ ที่จัดเตรียมการทดลองที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ รวมทั้ง ขอขอบคุณสาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Chrispeels, M.L., David, E.S. 1994. Plants, Genes and Agriculture. Jones and Bartlett Publishers, London, England.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.

Goufo, P., Trindade, H. 2014. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ-oryzanol, and phytic acid. Food Science & Nutrition, 2(2), 75-104.

Harukaze, A., Murata, M., Homma, S. 1999. Analysis of free and bound phenolics in rice. Food Science and Technology Research, 5, 74-79.

Laks, P.E. 1989. An Overview of Condensed Tannin Structure. in: Chemistry and Significance of Condensed Tannins, (Eds.) R.W. Hemingway, J.J. Karchesy, S.J. Branham, Springer US. Boston, MA, pp. 131-136.

Miguel, M. G., 2011, Anthocyanins: Antioxidant and/or anti-inflammatory activities, Journal of Applied Pharmaceutical Science, 1 (6): 7-15.

Pedro, A.C., Granato, D., Rosso, N.D. 2016. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability. Food Chemistry, 191, 12-20.

Rogers, E.J., Rice, S.M., Nicolosi, R.J., Carpenter, D.R., McClelland, C.A., Romanczyk, L.J. 1993. Identification and quantitation of γ-oryzanol components and simultaneous assessment of tocols in rice bran oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 70(3), 301-307.

Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J. 2015. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. International Journal of Molecular Sciences, 16(10), 24673-24706.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G., Berghofer, E. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. Food Chemistry, 124(1), 132-140.

Terahara, N., Saigusa, N., Ohba, R., Ueda, S. 1994. Composition of anthocyanin pigments in aromatic red rice and its wine. Journal Of The Japanese Society For Food Science And Technology, 41, 519-522.

Thitipramote, N., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Chaiwut, P., Pintathong, P., Thitilerdecha, N. 2016. Bioactive compounds and antioxidant activities of red (Brown Red Jasmine) and black (Kam Leum Pua) native pigmented rice. International Food Research Journal, 23(1), 410-414.

Trinidad, T.P., Mallillin, A.C., Sagum, R.S., Briones, D.P., Encabo, R.R., Juliano, B.O. 2009. Iron absorption from brown rice/brown rice-based meal and milled rice/milled rice-based meal. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60(8), 688-693.

Table 2 Sensory analysis of different formula of instant cereal beverage from Homnin rice and mix fruit powder

Attributes	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Appearance	5.0±0.0^{ns}	5.0±0.0^{ns}	5.0±0.0^{ns}
Color	4.9±0.31^{a}	4.5±0.51^{b}	4.1±0.71^{c}
Flavor	4.9±0.31^{a}	4.5±0.51^{b}	3.6±0.67^{c}
Sweet taste	4.8±0.41^{a}	4.3±0.65^{b}	3.2±0.41^{c}
Overall	4.8±0.41^{a}	4.2±0.41^{b}	3.8±0.41^{c}

Table 3 Proximate composition of instant cereal beverage from Homnin rice and mix fruit powder

Components	Content
Ash	0.22 g/100mL
Calories	65.07 Kcal/100mL
Carbohydrate	15.96 g/100mL
Fat	0.11 g/100mL

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 ($p>0.05$).

การสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค
Ultrasonic-assisted Water Extraction of Xylooligosaccharides from Riceberry Bran

ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์[1] ไกลกว่า วุฒิเสน[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Srinorasing, T.[1], Wuttisan, K.[1], Laohakunjit, N.[1] and Keardchoecheun, O.[1]

Abstract

The aim of this study was to extract xylooligosaccharides from riceberry bran by ultrasonic assisted (frequency 37 kHz) with water. Riceberry bran consisted of 11.71% protein, 10.97% fat, 5.44% crude fiber, 6.40% ash, 60.41% carbohydrate. To obtaine xylan, riceberry bran was pretreated with 1 N NaOH at 30°C for 24 h, and then xylooligosacchrides was extracted from xylan by water and ultrasonic assisted at 80°C for 10, 30 and 60 min. Results showed that the optimum condition to extract xylooligosaccharides from xylan of riceberry bran was water and ultrasonic assisted at 80 °C for 30 min, obtaining the highest reducing sugar and xylohexaose content of 87.84 mg/g xylan and 1.52 µg/mL, respectively.
Keywords: xylooligosaccharides, ultrasonic-assisted extraction, riceberry bran, water

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค (ความถี่ 37 กิโลเฮิร์ต) โดยการพรีทรีตไซแลนจากรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แปรเวลาที่ 10, 30 และ 60 นาที องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวไรซ์เบอรี่มีโปรตีน 11.71% ไขมัน 10.97% กากใย 5.44% เถ้า 6.40% คาร์โบไฮเดรต 60.41% และไซแลน 21.68% เมื่อนำไซแลนของรำข้าวไรซ์เบอรี่มาสกัดด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าสภาวะการสกัดที่เวลา 30 นาที ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และไซโลเฮกซะโอสปริมาณสูงสุดเท่ากับ 87.84 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมไซแลน และ 1.52 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ
คำสำคัญ: ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ การสกัดด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค รำข้าวไรซ์เบอรี่ น้ำ

คำนำ

ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (xylooligosaccharides) เป็นสารชีวโมเลกุลประเภทคาร์โบไฮเดรตชนิดโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มี degree of polymerization (DP) ขนาด 2-10 (Fernandez และคณะ, 2015) เป็นโครงสร้างองค์ประกอบหลักของไซแลน หรือเฮมิเซลลูโลสของผนังเซลล์พืชที่มี DP มากกว่า 130 ขึ้นไป พบในพืชเนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน เปลือก หรือรำของข้าว รวมถึงรำข้าวไรซ์เบอรี่ ที่ได้จากการขัดสีรำชั้นนอกออกจากเมล็ดข้าว และรำข้าวเป็นแหล่งของไขมัน จึงนำไปสกัดไปผลิตเป็นอาหารเสริมน้ำมันรำข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยน้ำตาลไซโลสเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่ตำแหน่ง β (1→4) และอาจมีสารประกอบชนิดอื่นร่วมด้วยในโครงสร้าง เช่น น้ำตาลอะราบิโนส หมู่อะเซตติล กรดกลูคูโรนิค และเฟอร์รูริก เป็นต้น (Ebringerova, 2006) ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีขนาด DP สูงมีคุณสมบัติเด่นในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติทนต่อการย่อยของเอนไซม์ และกรดในระบบทางเดินอาหารของคนได้ดีกว่าโอลิโกแซ็กคาไรด์ชนิดอื่น รวมทั้งส่งเสริมระบบต่างๆในร่างกายให้ดีขึ้น ส่งเสริมการเจริญของโพรไบโอติก (probiotic) ในลำไส้ใหญ่ และยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค (pathogen) ได้ดี (Zampa และคณะ, 2004) มีการศึกษาการสกัดเพื่อให้ได้ขนาด DP สูงของไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์หลากหลายวิธี เช่น การสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วยวิธีชีวภาพ (biological method) เช่น การสกัดด้วยเอ็นไซม์ไซลาเนส และทางเคมี (chemical method) เช่น การสกัดด้วยกรดซัลฟูริก เป็นต้น แต่ต้องใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ และสารเคมีในการสกัด ซึ่งอาจมีการปนเปื้อน หรืออันตรายหากเกิดผลพลอยที่ไม่ต้องการ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพคน มีวิธีการสกัดทางกายภาพ (physical method) (Singh และคณะ, 2015) ซึ่งใช้น้ำในการสกัดร่วมกับเครื่องมือเฉพาะ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สกัดไม่ยุ่งยาก

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 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

และไม่เกิดผลพลอยได้ที่เป็นอันตราย เช่น สกัดโอลิโกแซ็กคาไรด์จากเปลือกของลองกองด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัล ตร้าโซนิค (ultrasonic wave) (Jiang และคณะ, 2009) ซึ่งการศึกษาสกัดด้วยวิธีนี้ยังมีอยู่น้อยมาก จึงนำมาใช้ศึกษาการสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำรำข้าวไรซ์เบอรี่มาบดด้วยเครื่องบด IKA รุ่น M20 ร่อนแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh กำจัดไขมันและสารอินทรีย์ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง (Hsu และคณะ, 1996) กรองแยกจากตัวทำละลาย และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้าและคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) นำรำข้าวไรซ์เบอรี่ที่บดและอบแห้งมาพรีทรีตเพื่อสกัดไซแลนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ในอัตราส่วน 1:10 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงแยกส่วนของเหลวไซแลนที่ความเร็วรอบ 10,000 g เป็นเวลา 15 นาที ตกตะกอนด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 2 เท่าของปริมาตรของเหลวของไซแลน นำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนไซแลน แล้วนำไประเหยแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณไซแลนที่สกัดได้ (%true recovery = [น้ำหนักไซแลนแห้งที่สกัดได้ (g) /น้ำหนักเปลือกข้าว (g)] X 100) (Samanta และคณะ, 2012)

การสกัดไซโลโอลิโกแซคคารด์จากไซแลนของรำข้าวไรซ์เบอรี่ที่ผ่านสกัดข้างต้นด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค (ความถี่ 35 กิโลเฮิร์ต) ชนิด ultrasonic cleaner ยี่ห้อ Elmasonic รุ่น E70H ประเทศนิวซีแลนด์ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที กรองแยกส่วนของแข็งด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi (1952) วิเคราะห์อนุพันธ์ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ด้วย Thin Layer Chromatography (TLC) และวิเคราะห์ปริมาณไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์โดยนำไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์มาทำอนุพันธ์ด้วยสาร PMP (1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone) แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography โดยใช้คอลัมภ์ Zorbax Carbohydrate และ UV-Vis detector ที่ความยาวคลื่น 245 นาโนเมตร โดยใช้น้ำตาลไซโลส และ ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นน้ำตาลมาตรฐานอ้างอิง (Li และคณะ, 2013)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

รำข้าวไรซ์เบอรี่ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า คาร์โบไฮเดรต และไซแลนร้อยละ 11.71, 10.97, 5.44, 6.40, 60.41 และ 21.68 โดยน้ำหนักตามลำดับ (Table 1) หลังจากนั้นสกัดไซแลนจากรำข้าวไรซ์เบอรี่ ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนของรำข้าวไรซ์เบอรี่ คือ การสกัดด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค (ความถี่ 35 กิโลเฮิร์ต) เวลา 60 นาที อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 30.00 มิลลิกรัมต่อกรัม (Fig 1) โดยอนุพันธ์ของไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์พบเฉพาะไซโลเฮกซะโอส (Fig 2) ปริมาณ 1.40, 1.52 และ 1.37 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรที่เวลา 10 30 และ 60 นาที ตามลำดับ (Fig 3) เนื่องจากไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จับกับไซแลนด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่ตำแหน่ง β (1$\rightarrow$4) ที่แข็งแรงจึงไม่สามารถสกัดด้วยน้ำอย่างเดียว ต้องใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด โดยคลื่นอัลตร้าโซนิคเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงมากกว่า 20 กิโลเฮิร์ต ซึ่งช่วงความถี่ที่ใช้สกัดคือ 35 กิโลเฮิร์ต ซึ่งมีคุณสมบัติในการสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากสายพอลิเมอร์หรือ การ depolymerization ด้วยการผลิตฟองน้ำสุญญากาศในขนาดที่แตกต่างกัน เมื่อฟองอากาศแตกแรงดันสุญญากาศไปช่วยดึง และตัดสายพอลิเมอร์ ทำให้สายพอลิเมอร์สั้นลง (Barrier, 1991) ทำให้สามารถสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มเวลาถึง 60 นาที ปริมาณไซโลเฮกซะโอสลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความหนืดสารสกัดเพิ่มมากขึ้นจากการละลายของไซแลน การเกิดฟองสุญญากาศลดลง ทำให้การสกัดไซโลเฮกซะโอสจึงลดลงด้วย (Barrier, 1991)

สรุปผล

รำข้าวไรซ์เบอรี่มีองค์ประกอบของกากใยหยาบซึ่งมีโครงสร้างของไซแลน สามารถนำไปสกัดไซโลเฮกซะโอส โดยการพรีทรีตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วสกัดด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, “**Official Methods of Analysis**”, in Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, Virginia.

Barrier M., 1991, “The Ultimate Ultrasound”, **Nation’s Business**, Vol. 79, pp. 53-54.

Ebringerova, A., 2006, “Structural Diversity and Application Potential of Hemicelluloses”, **Macromolecular Symposia**, Vol. 232, No. 1, pp. 1–12.

Fernandez, J., Redondo-Blanco, S., Miguélez, E.M., Villar, C.J., Clemente, A. and Lombó, F., 2015, “Healthy Effects of Prebiotics and Their Metabolites Against Intestinal Diseases and Colorectal Cancer”, **AIMS Microbiology**, Vol. 1, No. 1, pp. 48-71.

Hsu, W., Wells, J. H., Shin, T. and Godber, J. S., 1996, “Comparison of Isopropanol and Hexane for Extraction of Vitamin E and Oryzanols from Stabilized Rice Bran”, **American Oil Chemists’ Society**, Vol. 73, pp. 1653-1656.

Jiang, G., Jiang, Y., Yang, B., Yu, C., Tsao, R., Zhang, H. and Chen, F., 2009, “Structural Characteristics and Antioxidants Activities of Oligosaccharides from Longan Fruit Pericarp”, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Vol. 57, pp. 9293-9298.

Singh, R. D., Banerjee, J. and Arora, A., 2015, “Prebiotic Potential of Oligosaccharides: A Focus on Xylan Derived Oligosaccharides”, **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, Vol. 5, No. 1, pp. 19-30.

Somogyi, M., 1952, Notes on sugar determination, **Journal of Biological Chemistry**, Vol. 195, pp. 19-23.

Zampa, A., Silvi, S., Fabiani, R., Morozzi, G., Orpiansri, C. and Cresi, A., 2004, “Effects of Different Digestible Carbohydrates on Bile Acid Metabolism and SCFA Production by Human Gut Micro-flora Grown in an *in vitro* Semi-continuous Culture”, **Anaerobe**, Vol. 10, pp. 19-26.

Table 1 Chemical composition of riceberry bran

Chemical composition	Riceberry bran (% w/w)
Protein	11.71
Lipid	10.97
Crude fiber	5.44
Ash	6.40
Carbohydrate	60.41
Xylan	21.68

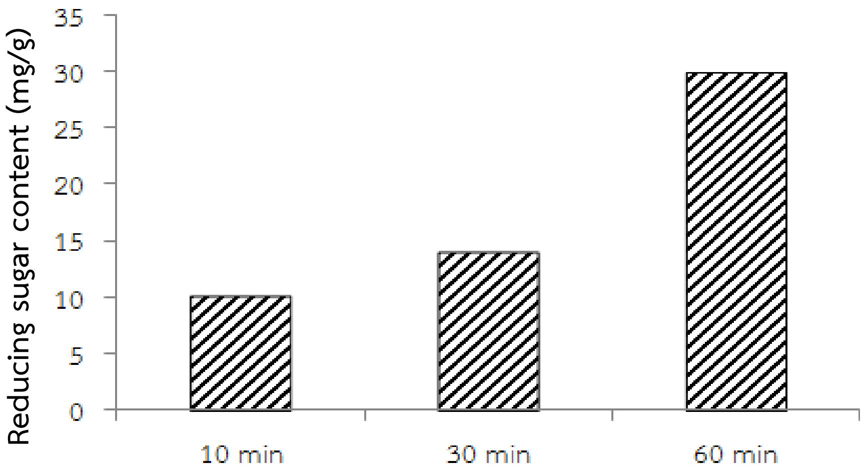


Figure 1 Reducing sugar content of xylooligosaccharides extraction

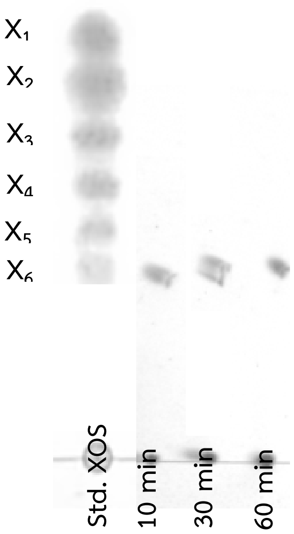


Figure 2 Xylooligosaccharides analyzed by thin-layer chromatography

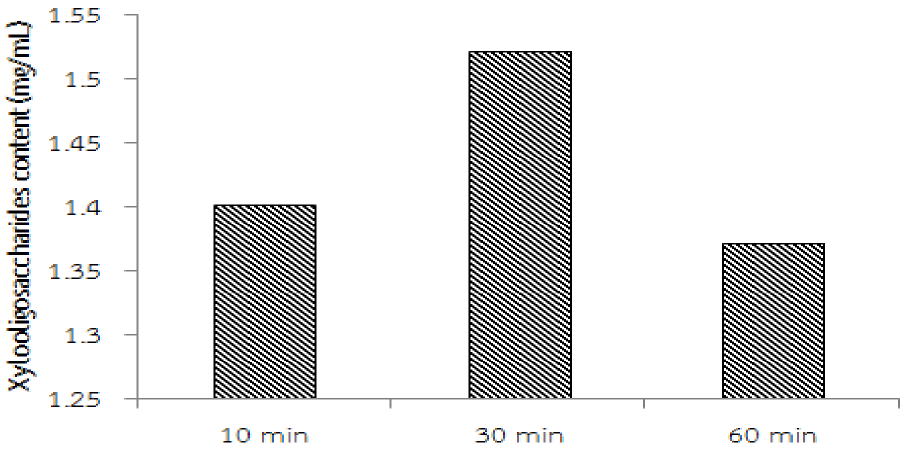


Figure 3 Amount of xylooligosaccharides analyzed by High Performance Liquid Chromatography

มะม่วงเพียวเร่สำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบาก
Mango Puree for Elderly with Dysphagia

ปวีณ์ริศา ช้อยเชื้อดี[1] อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[2] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]
Choichuedee, P.[1], Suttisansanee, U.[2], Hudthagosol C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

Abstract

The objective of this research was to develop mango puree (MP) for elderly with dysphagia by studying the effect of sugar content on physio-chemical and sensory properties of products. The total phenolic content and antioxidant activities by FRAP and ORAC assay of Nam Dok Mai mango were 775.93 mg GAE/100g, 3487.12 and 6750.03 µmol TE/100g, respectively. The three different levels of sugar at 2.51, 3.12 and 3.72% were added in MP. Results showed that the apparent viscosity ($\eta_{a, 50}$) significantly increased with increasing sugar in MP ($p \leq 0.05$). Only MP with 2.51% sugar was classified as a pureed diet ($\eta_{a, 50}$= 6.71 Pa.s). The sensory evaluation results including color, flavor, taste, texture, overall acceptability and easy to swallow showed that the MP with different levels of sugar were not significant difference ($p>0.05$). In addition, the total phenolic content and antioxidant activities by FRAP and ORAC assay of MP with 2.51% sugar were 385.47 mg GAE/100g, 1479.24 and 5571.28 µmol TE/100g, respectively.

Keywords: mango puree, sugar content, elderly, dysphagia

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามะม่วงเพียวเร่สำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบาก โดยศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลทรายต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ มะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารต้านอนุมูอิสระด้วยวิธี FRAP และ ORAC เท่ากับ 775.93 mg GAE/100g, 3487.12 และ 6750.03 µmol TE/100g ตามลำดับ เมื่อแปรปริมาณน้ำตาลทรายเป็นร้อยละ 2.51, 3.12 และ 3.72 ในมะม่วงเพียวเร่ พบว่า เมื่อปริมาณของน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) มะม่วงเพียวเร่ที่ใช้น้ำตาลทรายร้อยละ 2.51 เท่านั้นที่จัดเป็นอาหารเพียวเร่ (ค่าความหนืดเท่ากับ 6.71 Pa.s) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า มะม่วงเพียวเร่ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลทรายแตกต่างกัน มีคะแนนด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส การยอมรับโดยรวม และความยากง่ายในการกลืนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ ORAC ของมะม่วงเพียวเร่สูตรดังกล่าว มีค่าเท่ากับ 385.47 mg GAE/100g, 1479.24 และ 5571.28 µmol TE/100g ตามลำดับ

คำสำคัญ: มะม่วงเพียวเร่ ปริมาณน้ำตาล ผู้สูงอายุ ภาวะกลืนลำบาก

คำนำ

ภาวะกลืนลำบาก (Dysphagia) คือ ความยากลำบากในการกลืนอาหาร หรือของเหลว หรือทั้งอาหารและของเหลว เป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในประชากรผู้สูงอายุ (Wieseke และคณะ, 2008) เนื่องจากเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งโครงสร้างของอวัยวะ และการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการกลืน ทั้งนี้ภาวะกลืนลำบากในผู้สูงอายุมักเกิดจากความผิดปกติบริเวณช่องปากและคอหอย และอาจเกิดจากโรคทางระบบประสาท ได้แก่ โรคหลอดเลือดสมอง และภาวะสมองเสื่อม ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดความเสี่ยงต่อการขาดสารอาหาร (Malnutrition) ขาดน้ำ (Dehydration) และติดเชื้อทางเดินหายใจจากการสำลัก (Aspiration pneumonia) (Atherton และคณะ, 2007) การดัดแปลงเนื้อสัมผัสอาหารจึงเป็นวิธีการรักษาที่สำคัญ ด้วยการปรับลักษณะทางกายภาพของอาหารให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบาก ได้แก่ ความหนืด และ

[1]ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[1]Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400
[2]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73130
[2]institute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phuttamonthon 4 Rd., Salaya, Phuttamonthon Nakhon Pathom 73170

ความสามารถในการไหลของอาหาร ซึ่งจะช่วยให้สามารถกลืนได้อย่างปลอดภัย โดยอาหารเพียวเร่ (Puree diet) เป็นหนึ่งในอาหารดัดแปลงเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะผิวสัมผัสละเอียด ข้นและหนืดเป็นเนื้อเดียวกัน เกาะกันเป็นก้อน คล้ายพุดดิ้ง (Maher, 2011) อย่างไรก็ตามมะม่วงเพียวเร่ดัดแปลงมาจากเมนูข้าวเหนียวมะม่วง ซึ่งเป็นตำรับอาหารหวานไทยที่ได้รับความนิยมทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ รับประทานคู่กับข้าวเหนียวมูนเพียวเร่ที่ได้พัฒนามาก่อนหน้านี้ หนึ่งหน่วยบริโภคของผลิตภัณฑ์ให้พลังงาน 250 กิโลแคลอรี จากข้าวเหนียวมูนเพียวเร่และมะม่วงเพียวเร่ 198.2 และ 51.8 กิโลแคลอรี ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์นี้ช่วยให้ผู้ที่มีภาวะกลืนลำบากสามารถรับประทานอาหารตำรับไทยที่มีการปรับเนื้อสัมผัสให้เหมาะสม ลดความเสี่ยงต่อการเกิดการสำลัก นอกจากนี้ยังไม่มีส่วนผสมของนมวัว ทำให้ผู้บริโภคที่แพ้นมหรือผู้บริโภคมังสวิรัติสามารถรับประทานได้ การพัฒนามะม่วงเพียวเร่ให้มีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากและการเติมน้ำตาลทรายลงในมะม่วงเพียวเร่จะช่วยปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณน้ำตาลทรายต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และประสาทสัมผัสของมะม่วงเพียวเร่

อุปกรณ์และวิธีการ

มะม่วงน้ำดอกไม้พันธุ์สีทอง (*Mangifera indica* L.) จากสวนแก้ววงษ์นุกูล จังหวัดฉะเชิงเทรา ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก ฝานเนื้อมะม่วงครึ่งผล ตัดส่วนที่ติดกับขั้วและส่วนปลายผลทิ้ง แช่ในสารละลายผสมกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล บรรจุในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ เก็บรักษาด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ -20 $^{\circ}$C ก่อนนำไปวิเคราะห์ สกัดมะม่วงสุก 1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ด้วยเมทานอล 80% 40 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Total phenolic content, TPC) ด้วยวิธี Folin-ciocalteu (Amarowicz และคณะ, 2004) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) (Ou และคณะ, 2001) และ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie และ Strain, 1996)

จากการศึกษาเบื้องต้นของคณะผู้วิจัย พบว่า มะม่วงเพียวเร่ที่มีน้ำตาลทราย ร้อยละ 1.27 หวานน้อยเกินไป รสชาติยังไม่เป็นที่ยอมรับในผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบาก จึงศึกษาอิทธิพลของน้ำตาลทราย เพื่อปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์มะม่วงเพียวเร่ โดยแปรปริมาณน้ำตาลทรายแตกต่างกัน ได้แก่ ร้อยละ 2.51, 3.12 และ 3.72 เตรียม MP ด้วยการปั่นมะม่วงน้ำดอกไม้ให้เข้ากัน กรองแยกกากออก ผสมมะม่วงน้ำดอกไม้ปั่น น้ำตาลทราย แป้งดัดแปรจากมันสำปะหลัง และแซนแทนกัมให้เข้ากัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซสเซียส บรรจุในขวดแก้วปิดสนิท สเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที เก็บที่อุณหภูมิห้อง นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธี 9 point hedonic scale และด้านความยากง่ายในการกลืน ด้วยวิธี 3 point rating scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมเป็นผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากจำนวน 20 คน เพศชาย 4 คน (ร้อยละ 20) เพศหญิง 16 คน (ร้อยละ 80) มีอายุเฉลี่ย 76.35 ปี ส่วนใหญ่เกิดภาวะกลืนลำบากจากการเสื่อมของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกลืนตามวัย ทดสอบสมบัติทางรีโอโลยีด้วยเครื่อง Rheometer (Haake Mars III, Thermo Fisher Scienctific Inc., Germany) และวิเคราะห์ค่า TPC FRAP และ ORAC วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 18.0 เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผล

จาก Table 1 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ ORAC พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้มีค่า TPC เท่ากับ 775.93 mg GAE/100g ค่า FRAP และ ORAC เท่ากับ 3487.12 และ 6750.03 μmol TE/100g (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาโดย Patthamakanokporn และคณะ (2008) รายงานว่า มะม่วงน้ำดอกไม้มีค่า TPC เท่ากับ 113 mg GAE/100g ค่า FRAP และ ORAC เท่ากับ 800 และ 2100 μmol TE/100g ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น แหล่งที่ปลูก เกณฑ์การคัดเลือก วิธีการและเวลาที่ใช้ในการสกัด ฯลฯ จาก Figure 1 พบว่า คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 point hedonic scale ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ของ MP ทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และผู้ทดสอบชิมระบุว่า MP ทั้ง 3 สูตรเป็นผลิตภัณฑ์ที่กลืนง่าย ไม่เกิดการสำลักขณะบริโภค เมื่อศึกษาสมบัติรีโอโลยีของ MP ที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$C (Table 2) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress กับ shear rate สอดคล้องกับสมการ power law model และมีพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก (shear-thinning) ซูโดพลาสติกเป็นการไหลแบบ Non-Newtonian fluid เมื่อ shear rate เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะลดลง (Chhabra, 2011) โดยมีค่า flow behavior index (n) ระหว่าง 0.26 - 0.29 นั่นคือ ค่าความหนืดปรากฏ ($\eta_{a, 50}$) ลดลง เมื่อค่า shear rate เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Salehi และคณะ (2004) ที่ศึกษาอิทธิพลของปริมาณของน้ำตาล (ซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส) ต่อสมบัติรีโอโลยี

ของ Balangu seed gum มีค่า n ระหว่าง 0.36 - 0.41 เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลทรายใน MP พบว่า ค่า consistency coefficient (K) และค่าความหนืดปรากฏ ($\eta_{a, 50}$) ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 6.71 - 9.87 Pa.s ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลทรายเข้าถึงชั้นไฮเดรชั่นของสายโซ่แป้งมากขึ้น ส่งผลให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และเกิดการป้องกันการพองตัวของเม็ดแป้งในโมโลกุล (Krüger และคณะ, 2003) จากการศึกษาของ Casanovas และคณะ (2011) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเพียวเร่ทางการค้าสำหรับผู้ที่มีภาวะกลืนลำบากมีค่าความหนืดระหว่าง 4.9 - 7.7 Pa.s ที่ shear rate 50 s^{-1} ดังนั้น MP สูตรที่มีส่วนผสมของน้ำตาลทราย ร้อยละ 2.51 เพียงสูตรเดียวเท่านั้นที่จัดเป็นอาหารเพียวเร่ (ค่าความหนืด = 4.9 Pa.s) จากผลการศึกษานี้จึงพบว่า สมบัติทางรีโอโลยีของ MP ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำตาลทรายที่เติมในผลิตภัณฑ์ เมื่อนำ MP ที่มีส่วนผสมของน้ำตาลทราย ร้อยละ 2.51 ไปวิเคราะห์ TPC พบว่ามีค่าเท่ากับ 385.47 mg GAE/100g, ค่า FRAP และ ORAC เท่ากับ 1479.24 และ 5571.28 µmol TE/100g ตามลำดับ (Table 1)

สรุปผล

ปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสของ MP ทั้ง 3 สูตร แต่มีผลต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น MP ที่มีส่วนผสมของน้ำตาลทรายร้อยละ 2.51 จึงเหมาะสมในการผลิตมะม่วงเพียวเร่ที่มีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหากลืนลำบาก ความหนืดเท่ากับ 6.71 Pa.s จัดเป็นอาหารเพียวเร่ และผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากระบุว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่กลืนง่าย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท ฟอร์แคร์ จำกัด ภายใต้ชื่อ “โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท” ปี พ.ศ. 2558

เอกสารอ้างอิง

Amarowicz, R., Pegg, R.B.., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B. and Weil, J.A., 2004, Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies, Food Chemistry, 84 :551-562.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay, Analytical Biochemistry, 239 :70-76.

Chhabra, R.P., 2010, Non-Newtonian Fluids: An introduction, In: Krishnan, J.M., Deshpande, A.P., and Kumar, P.B.S (Eds.), Rheology of Complex Fluids, Springer, New York, pp. 3-34.

Maher, A.K., 2011, Consistency Altered Diets, In: Maher AK, Ed., Simplified Diet Manual, 11th ed, Malden, MA: Wiley-Blackwell, pp. 43-64.

Atherton, M., Bellis-Smith, N., Cichero, J.A.Y. and Suter, M., 2007, Texture-modified foods and thickened fluids as used for individuals with dysphagia: Australian standardised labels and definitions, Nutrition and Dietetics, 64, s53-76.

Casanovas, A., Hernández, M.J., Martí-Bonmatí, E, and Dolz, M., 2011, Cluster classification of dysphagia-oriented products considering flow, thixotropy and oscillatory testing, Food Hydrocolloids, 25 :851-859.

Krüger, A., Ferrero, C. and Zaritzky, N.E., 2003, Modelling corn starch swelling in batch systems: effect of sucrose and hydrocolloids, Journal of Food Engineering, 58: 125-133.

Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong. A. and Sirichakwal, P.P., 2008, Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits, Journal of Food Composition and Analysis. 21 :241-248.

Salehi, F., Kashaninejad, M. and Behshad, V., 2014, Effect of sugars and salts on rheological properties of Balangu seed (Lallemantia royleana) gum, International Journal of Biological Macromolecules, 67: 16-21.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M. and Prior, R.L., 2001, Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4619-4626.

Wieseke, A., Bantz, D., Siktberg, L. and Dillard, N., 2008, Assessment and early diagnosis of dysphagia, Geriatric Nursing, 29: 376-383.

Table 1 Total phenolic content (TPC) and antioxidant activities of Nam Dok Mai mango and mango puree (MP) with 2.51% sugar.

Content and antioxidant activities	Nam Dok Mai mango	Mango puree with 2.51% sugar
TPC[0] (mg GAE/100g dry weight)	775.93±1.92	385.47±0.54
ORAC[1] (μmol TE/100g dry weight)	3487.12±4.29	1479.24±13.73
FRAP[2] (μmol TE/100g dry weight)	6750.03±66.99	5121.19±10.91

[0]Total phenolic content, [1]Oxygen radical absorbance capacity, [2]Ferric reducing antioxidant power

Table 2 Apparent viscosity ($\eta_{a, 50}$), flow behaviour index (n) values and consistency index (K) of mango puree diet determined from power law model[1]

Treatment	[2]Apparent viscosity	Power Law		
	$\eta_{a, 50}$ (Pa.s)	n	K (Pa.s^n)	R^2
MP with 2.51% sugar	6.71±0.47^c	0.26±0.00^b	122.83±9.01^b	0.99
MP with 3.12% sugar	8.26±0.68^b	0.29±0.01^a	137.37±11.43^b	0.99
MP with 3.72% sugar	9.87±0.14^a	0.28±0.01^a	166.60±13.85^a	0.99

[abc]Means followed by difference letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).
[1]$\sigma = K\gamma^n$
[2]Apparent viscosity of mango puree diet was measured with shear rate 50 s^{-1} at 25 °C
$\eta_{a, 50}$ = Apparent viscosity, n = Flow behavior index, K = Consistency index, Pa.s = Pascal-second

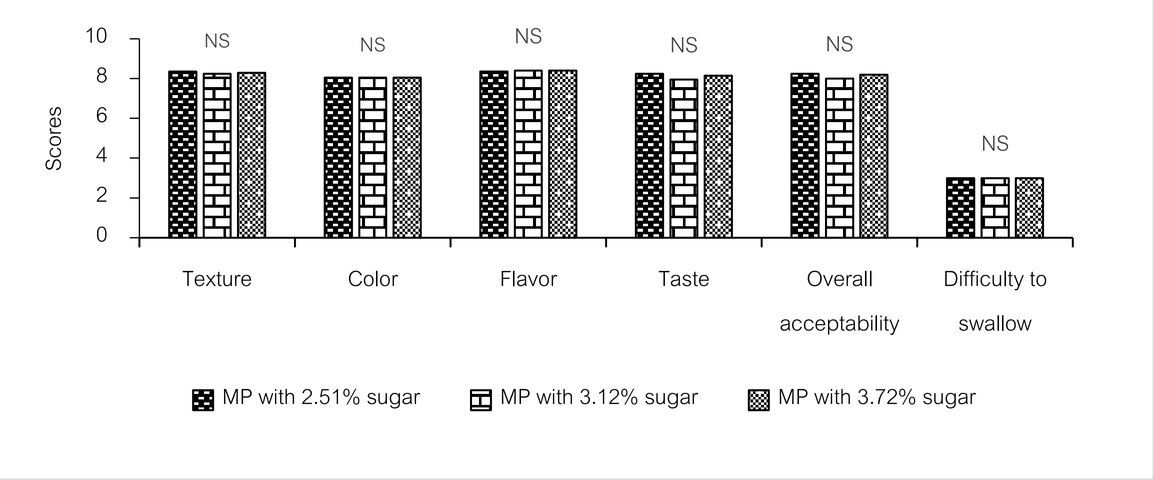


Figure 1 Sensory attribute scores of the MP containing different of concentrations of sugar.

Texture, color, flavor, taste and overall acceptability using nine-point hedonic scale (9 = like very much, 5 = neither like nor dislike, 1 = dislike very much).

Difficulty to swallow using three-point rating scale (3 = easy, 2 = neither difficult nor easy, 1 = difficult).

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 37-40 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 37-40 (2561)

คุณภาพของขนมปังนมถั่วเหลืองเมื่อนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มาใช้ทดแทนเนยขาว
Quality of Soymilk Bread Prepared with Virgin Coconut Oil as Replacement for Shortening

สิรินาถ ตัณฑเกษม[1] และ สุภางค์ เรืองฉาย[1]
Tantakasem, S.[1] and Ruangchai, S.[1]

Abstract

Virgin coconut oil was extracted by cold compression from fresh dried coconuts to make it colorless and odorless. This preserved all the natural goodness of this oil, including a high content of vitamin E and antioxidants. The objective of this research was to study the effect of replacement of shortening with virgin coconut oil on soymilk bread quality. Control bread and soymilk bread were prepared by replacing shortening with virgin coconut oil at the level of 0, 50 and 100% virgin coconut oil by weight of shortening. Results indicated that the bread with virgin coconut oil had high in specific volume and water activity value, and had high lightness value in crust color. The bread prepared by replacing shortening with virgin coconut oil had no significant differences in texture profile (hardness, cohesiveness, gumminess and chewiness). The control bread and soymilk bread with virgin coconut oil at level 50 and 100% had no significant differences (P>0.05) in chemical composition and sensory score in flavor acceptance.
Keywords: bread, virgin coconut oil, shortening

บทคัดย่อ

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันที่ผ่านกระบวนการบีบเย็น มีความใสและไม่มีกลิ่น มีวิตามินอีและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มาทดแทนเนยขาวในขนมปัง โดยใช้ขนมปังสูตรควบคุมที่ใช้นมผงและสูตรที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผง แปรปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นร้อยละ 0, 50 และ 100 (โดยน้ำหนักเนยขาว) พบว่าขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาวมีค่าปริมาตรจำเพาะ วอเตอร์แอคติวิตีและค่าความสว่างของเปลือกขนมปังสูงขึ้น มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่ศึกษาโดยวิธี Texture Profile Analysisในด้าน hardness, cohesiveness, gumminess และ chewiness ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขนมปังสูตรนมผงและนมถั่วเหลืองผงที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาวร้อยละ 50 และ 100 (โดยน้ำหนักเนยขาว) มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน และมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ที่ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ในด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกัน (P>0.05)
คำสำคัญ: ขนมปัง น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เนยขาว

คำนำ

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil) เป็นน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการบีบเย็น ที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส มีความใส มีค่าเพอร์ออกไซด์และกรดไขมันอิสระต่ำ และยังมีวิตามินอีช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ เป็นน้ำมันธรรมชาติที่กระตุ้นกระบวนการเผาผลาญในร่างกาย ป้องกันการสะสมของไขมัน จึงให้พลังงานน้อยกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น และไม่เปลี่ยนเป็นกรดไขมันรูปทรานส์จึงไม่เกิดสารก่อมะเร็ง ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนยขาว (shortening)เป็นไขมันทำให้กลูเตนมีความยืดหยุ่นช่วยในการกักเก็บก๊าซทำให้ขนมปังมีปริมาตรมากขึ้น เนยขาวเป็นไขมันพืชที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน (hydrogenate)มีไขมันทรานส์อยู่ในปริมาณสูง จึงได้ทดลองนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธ์มาทดแทนเนยขาว ในขนมปังสูตรที่ใช้นมผงเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรที่ใช้นมถั่วเหลืองผง มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติหน้าที่ของโปรตีนถั่วเหลืองที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังถั่วเหลือง เช่น Nilufer, Boyacioglu, and Vodovotz(2008)พบว่าการเพิ่มปริมาณนมถั่วเหลืองผงทำให้ขนมปังมีปริมาตรลดลง เนื้อขนมปังมีค่าความสว่างสูงขึ้น และเปลือกขนมปังมีสีเข้มขึ้น เป็นต้นงานวิจัยนี้จึงนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มาใช้ทดแทนเนยขาวในขนมปังสูตรที่มีการใช้นมผงและนมถั่วเหลืองผงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังรวมทั้งประเมินผลทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาว

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ10400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การผลิตขนมปังสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาว

1.1 ผลิตขนมปังสูตรควบคุม

ผลิตขนมปังสูตรควบคุมโดยมีส่วนผสมของแป้งขนมปัง (แป้งสาลี บริษัทยูไนเต็ด ฟลาวมิลล์ จำกัด) น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล) เกลือ (ตราปรุงทิพย์) ยีสต์แห้ง (ตราเฟอร์มิพัน เรด) เนยขาว (ตราคริสโก) นมผง (ตราสวนดุสิต) และน้ำ เป็น 53.0, 2.7, 0.8, 0.5, 5.5, 5.0 และ 32.5% (โดยน้ำหนักรวม) ตามลำดับ ผลิตขนมปังแบบขั้นตอนเดียว (Straight dough method) จากนั้นนำขนมปังไปอบที่อุณหภูมิ 200 ^{o}C เป็นเวลาประมาณ 35 นาทีและผลิตขนมปังสูตรนมถั่วเหลืองผง โดยใช้นมถั่วเหลืองผง (ตราดอยคำ) แทนนมผง

1.2 ผลิตขนมปังสูตรที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาว

นำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (ตราไทยเพียว) มาทดแทนเนยขาวในขนมปังสูตรนมผงและสูตรนมถั่วเหลืองผงโดยแปรปริมาณการทดแทนเป็น 0, 50 และ 100% (โดยน้ำหนักเนยขาว) ผลิตขนมปังเช่นเดียวกับสูตรควบคุม

2. ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาว

นำขนมปังสูตรนมผงและนมถั่วเหลืองผงที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาวในปริมาณ 0, 50และ 100% (โดยน้ำหนักเนยขาว) มาศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ ดังนี้

2.1ศึกษาค่าปริมาตรจำเพาะ (specific volume) และค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Aw) ตามวิธี The Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

2.2วัดค่าสีของขนมปังโดยใช้เครื่อง HunterLab Digital Color Difference Meter รุ่น DP-9000 (Kane, et al., 2003)

2.3ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis, TPA) ของขนมปัง ในด้าน hardness,cohesieveness, gumminess และ chewinessโดยใช้เครื่อง Texture Analyser รุ่น LRX ใช้โปรแกรม NEXYGEN

2.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ตามวิธี The Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

3. ประเมินผลทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาว

ประเมินผลความชอบทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากพิเศษ5 = เฉยๆ 9 = ชอบมากพิเศษ) (Gambaro, et al., 2004) ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 50 คน

4. การประเมินผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับสมบัติทางเคมีกายภาพ และแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

1. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาว

จากการนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มาทดแทนเนยขาวพบว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาวในปริมาณ 50 และ 100% ทำให้ขนมปังมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีสูงกว่าขนมปังสูตรที่ใช้เนยขาวอย่างมีนัยสำคัญโดยขนมปังสูตรที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีอยู่ในช่วง 0.90 – 0.91 ขณะที่ขนมปังสูตรนมผงและนมถั่วเหลืองผงที่ใช้เนยขาวมีค่าเท่ากับ 0.81 และ 0.84 ตามลำดับ การใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังมีผลทำให้ขนมปังมีค่าปริมาตรจำเพาะที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 1)โดยในขนมปังสูตรนมผงและนมถั่วเหลืองผงมีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 4.35 cm^3/g ซึ่งสูงกว่าขนมปังสูตรควบคุมและสูตรนมถั่วเหลืองผงที่ใช้เนยขาวที่มีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 3.03 และ 2.86 cm^3/g ตามลำดับ จากการวัดค่าความสว่าง(L*) ของเนื้อและเปลือกขนมปัง พบว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แทนเนยขาวทำให้เนื้อขนมปังมีค่าความสว่างลดลง โดยที่เปลือกของขนมปังจะมีค่าความสว่างสูงขึ้น และจากการการคำนวณค่า chroma และ hue angle (0^{o} or 360^{o} = red; 90^{o} = yellow; 180^{o} = green; 270^{o} = blue) (Shan,et al., 2013) ของขนมปัง พบว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไม่มีผลต่อค่าความเข้มสี (chroma) และ hue angle ของเนื้อขนมปัง โดยขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แทนเนยขาว 0 50 และ 100% ในสูตรนมผงมีค่า chroma อยู่ในช่วง 20.60 – 20.97 และมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 60.45 – 60.81 และในขนมปังสูตรนมถั่วเหลืองผงมีค่า

chroma อยู่ในช่วง 22.050 – 22.14 และมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 62.98 – 63.27แต่พบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีผลทำให้เนื้อขนมปังมีค่าความสว่างลดลงและเปลือกขนมปังมีค่าความสว่างสูงขึ้นเมื่อเทียบกับขนมปังสูตรที่ใช้เนยขาวดัง Table 1

จากการศึกษาด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) (Table 2) พบว่าขนมปังทุกสูตรมีค่า hardness, cohesiveness, gumminess และ chewiness ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถใช้ทดแทนเนยขาวได้ 100% โดยไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังทั้งในสูตรนมผงและนมถั่วเหลืองผง อีกทั้งยังทำให้ขนมปังมีการขึ้นฟูที่ดีขึ้นจากค่าปริมาตรจำเพาะที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 3) ในด้าน โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต พบว่าขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาวมีองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05)

2. ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาว

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาวในปริมาณ 50 และ 100% (Table 4) พบว่าขนมปังได้รับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P > 0.05) โดยขนมปังสูตรที่ใช้นมผงมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมสูงกว่าขนมปังสูตรที่ใช้นมถั่วเหลืองผง

สรุปผล

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถใช้ทดแทนเนยขาวได้ในปริมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยทำให้ขนมปังนมถั่วเหลืองผงมีค่าปริมาตรจำเพาะและค่าวอเตอร์แอคติวิตีสูงขึ้น มีค่าเนื้อสัมผัสที่ศึกษาโดยวิธี Texture Profile Analysis ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และทำให้เปลือกขนมปังมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น การใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีราคาสูงแทนเนยขาว มีผลต่อต้นทุนการผลิตไม่มากเนื่องจากในสูตรขนมปังใช้เนยขาวเพียง 5.5 % อีกทั้งขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาว 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นรสที่ไม่แตกต่างกัน โดยขนมปังสูตรที่ใช้นมผงมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมสูงกว่าขนมปังสูตรนมถั่วเหลืองผงและพบว่าขนมปังที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ทดแทนเนยขาวมีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (*P*>0.05)

เอกสารอ้างอิง

Gambaro, A., Fiszman, S., Gimenez, A., Varela, P., and Salvador, 2004, A. consumer acceptability compared with sensory and instrumental measures of white panBread: Sensory shelf-life estimation by survival analysis, Journal of Food Science, 69: S401-S405.

Kane, A.M., Lyon, B.G., Swanson, R.B. and Savage, E.M., 2003, Comparison of two sensory and two instrumental methods to evaluate cookie color, Journal of Food Science, 68:1831-1837.

Nilufer, D., Boyacioglu, D., and Vodovotz, Y., 2008, Functionality of soymilk powder and its components in freshsoy bread, Journal of Food Science, 73:275-281.

Shan, S., Zhu, K., Peng, W., and Zhou, H., 2013, Physicochemical properties and salted noodle-making quality of purple sweet potato flour and wheat flour blends, Journal of Food Processing and Preservation, 37:709-716.

Table 1 Specific volume, water activity and L* value of bread prepared by replacing shortening with coconut oil.

Formula	Coconut oil level (%)	Specific volume (cm^3/g)	Water activity (Aw)	Color value (L*)	
				Crumb color	Crust color
Milk powder (MP)	0	$3.03^{c}\pm0.53$	$0.84^{b}\pm0.03$	$76.60^{a}\pm0.18$	$43.95^{e}\pm0.30$
	50	$3.70^{b}\pm0.43$	$0.90^{a}\pm0.017$	$73.89^{c}\pm0.21$	$59.14^{c}\pm0.41$
	100	$4.35^{a}\pm0.52$	$0.91^{a}\pm0.01$	$70.96^{e}\pm0.27$	$60.77^{b}\pm0.17$
Soymilk powder(SMP)	0	$2.86^{c}\pm0.78$	$0.81^{b}\pm0.01$	$74.71^{b}\pm0.18$	$45.84^{d}\pm0.30$
	50	$3.70^{b}\pm0.59$	$0.90^{a}\pm0.01$	$72.10^{d}\pm0.23$	$59.81^{c}\pm0.32$
	100	$4.35^{a}\pm0.55$	$0.90^{a}\pm0.01$	$70.70^{e}\pm0.30$	$63.96^{a}\pm0.29$

Mean in the same column followed by different superscript letters differs significantly ($P< 0.05$).

L* = lightness (0 = black, 100 = white) ; a* = redness/greeness (+ = red, - = green).

Table 2 Textural value of bread prepared by replacing shortening with coconut oil.

Replacement level(%)	Hardness^{ns} (kgf)	Cohesiveness^{ns}	Gumminess^{ns} (kgf)	Chewiness^{ns} (kgf)
0 (MP)	0.89±0.33	0.59±0.10	0.42±0.07	1.50±0.14
50 (MP)	0.77±0.15	0.36±0.17	0.21±0.08	1.22±0.12
100 (MP)	0.84±0.21	0.45±0.19	0.30±0.14	1.38±0.13
0 (SMP)	0.60±0.30	0.36±0.17	0.23±0.17	1.02±0.21
50 (SMP)	0.71±0.09	0.38±0.24	0.26±0.13	1.24±0.14
100 (SMP)	0.68±0.11	0.42±0.32	0.34±0.19	1.51±0.22

^{ns} The values in the same column were not significantly different ($P> 0.05$).

Table 3 Chemical composition of bread prepared by replacing shortening with coconut oil.

Replacement level (%)	Chemical composition (%)					
	Protein^{ns}	Fat^{ns}	Fiber^{ns}	Ash^{ns}	Moisture^{ns}	Carbohydrate^{ns}
50 (MP)	13.50±0.04	2.16±0.09	0.11±0.03	1.60±0.13	35.81±0.36	46.82±0.39
100 (MP)	13.47±0.05	2.17±0.13	0.12±0.02	1.69±0.06	36.04±0.09	46.51±0.13
50 (SMP)	13.51±0.01	2.17±0.17	0.15±0.03	1.62±0.05	35.85±0.16	46.70±0.34
100 (SMP)	13.58±0.02	2.17±0.15	0.14±0.01	1.62±0.01	35.98±0.09	46.51±0.19

^{ns} The values in the same column were not significantly different ($P> 0.05$).

Table 4 Mean sensory score of bread prepared by replacing shortening with coconut oil.

Coconut oil (%)0	Sensory score					
	Appearance	Color	Flavor	Texture	Taste	Overall acceptability
50 (MP)	$7.53^{a}\pm1.11$	$7.30^{a}\pm1.05$	$6.90^{a}\pm1.07$	$7.00^{ab}\pm1.24$	$6.83^{a}\pm1.15$	$7.30^{a}\pm1.12$
100 (MP)	$7.10^{ab}\pm1.14$	$7.37^{a}\pm1.13$	$6.83^{a}\pm1.08$	$7.13^{a}\pm1.33$	$6.77^{a}\pm1.21$	$7.47^{a}\pm1.17$
50 (SMP)	$6.70^{b}\pm1.10$	$6.50^{b}\pm1.17$	$6.50^{a}\pm1.1$	$6.50^{b}\pm1.31$	$6.70^{ab}\pm1.22$	$6.77^{b}\pm1.21$
100 (SMP)	$6.90^{b}\pm1.09$	$6.60^{b}\pm1.19$	$6.50^{a}\pm1.1$	$6.60^{b}\pm1.28$	$6.53^{b}\pm1.10$	$6.53^{b}\pm1.24$

Mean in the same column followed by different superscript letters differs significantly ($P< 0.05$).

ผลของข้าวตอกจากข้าวก่ำต่อสมบัติของกราโนลา
Effect of Popped Purple Rice on the Properties of Granola

อโนชา สุขสมบูรณ์[1] อภิญญา ว่องปัญญา[1] และ ณัฐญาดา เหร่าหมัด[1]
Suksomboon, A.[1], Wongphaya, A. [1] and Raomad, N. [1]

Abstract

This research aims to study the effect of popped purple rice and rolled oats ratio of 0:100 25:75 50:50 75:25 and 100:0 on the physical and functional properties of granola. Some physical and antioxidant properties of popped purple rice and rolled oats were evaluated. Results showed that popped purple rice had higher specific volume and anthocyanin content, but lower antioxidant activity than rolled oats did ($p \leq 0.05$). Result also showed that the granola with ratio of popped purple rice and rolled oats of 0:100 had the highest protein content, antioxidant activity, L*, a*, b* values and hardness ($p \leq 0.05$). In the other hand, the granola with popped purple rice and rolled oats ratio of 100:0 had the highest moisture content, crude fiber, anthocyanin contents and specific volume ($p \leq 0.05$). The granola with popped purple rice and rolled oats ratio of 50:50 received the highest overall preference score as well as the granola with popped purple rice and rolled oats ratio of 25:75 ($p > 0.05$).

Keywords: purple rice, oat, granola, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำ (0:100 25:75 50:50 75:25 และ 100:0) ต่อข้าวโอ๊ตที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ของกราโนลา จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระบางประการของข้าวตอกจากข้าวก่ำเปรียบเทียบกับข้าวโอ๊ต พบว่า ข้าวตอกจากข้าวก่ำมีปริมาตรจำเพาะและมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวโอ๊ต แต่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าข้าวโอ๊ต ($p \leq 0.05$) และยังพบว่า กราโนลาที่มีอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต 0:100 มี ปริมาณโปรตีน และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ค่า L* a* และ b* ความแข็ง มากที่สุด ($p \leq 0.05$) ส่วนกราโนลาที่มีอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต 100:0 ปริมาณความชื้น ปริมาณเส้นใยหยาบ และปริมาณแอนโทไซยานิน และปริมาตรจำเพาะมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ พบว่า กราโนลาที่มีอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต 50:50 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเช่นเดียวกับจากกราโนลาที่มีอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต 25:75 ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: ข้าวก่ำ ข้าวโอ๊ต กราโนลา สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

กราโนลาเป็นอาหารเช้าและอาหารว่างซึ่งประกอบด้วย ข้าวโอ๊ต เม็ดมะม่วงหิมพานต์ น้ำผึ้งหรือสารให้ความหวานอื่น ๆ ที่นำไปอบจนกรอบหรืออาจมีการเติมผลไม้อบแห้ง (วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี, 2556) โดยข้าวโอ๊ตถือเป็นส่วนประกอบหลักของกราโนลาซึ่งในสูตรการเตรียมกราโนลาโดยทั่วๆ ไปจะใช้ข้าวโอ๊ตประมาณ 50 % ทั้งนี้ข้าวโอ๊ตเป็นธัญชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยคุณลักษณะเด่นคือมีโปรตีน และเส้นใยอาหาร (สภากาชาดไทย, 2552) แต่อย่างไรก็ตามข้าวโอ๊ตเป็นธัญชาติที่ไม่ได้ผลิตในประเทศไทย ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องมีการนำเข้าข้าวโอ๊ต เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของกราโนลาร่วมทั้งอาหารอื่น ๆ

ข้าวตอก คือ ข้าวเปลือกที่คั่วให้แตกออกเป็นดอกขาวนิยมทำจากข้าวเหนียว ซึ่งใช้ข้าวเปลือกใหม่ ๆ ที่ผึ่งแห้งสนิทแล้วมาคั่วไฟอ่อน ๆ ให้ร้อนเสมอกัน เมื่อร้อนถึงขีดหนึ่งเนื้อในจะขยายบานออกดันเปลือกให้ขาดจากกัน เมื่อฝัดเอาเปลือกทิ้งไปจะได้ข้าวตอก (ทัศนีย์, 2553) ผู้วิจัยมีแนวคิดจะนำข้าวเหนียวดำ (ข้าวก่ำหรือข้าวที่ไม่มีการขัดสี) มาทำเป็นข้าวตอกแล้วนำมาใช้เป็นส่วนผสมในกราโนลา เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับกราโนลา โดยมีรายงานว่ารำข้าวก่ำซึ่งเป็นส่วนของเยื่อหุ้มผลของข้าวก่ำที่จะติดอยู่กับข้าวก่ำที่ไม่ผ่านการขัดสีมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีน 11 % และเส้นใย 1.2 % นอกจากนั้นยังมี สารแกมมา

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

โอรีซานอล (gamma oryzanol) และวิตามินอี (vitamin E) รวมทั้งสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูง มีฤทธิ์ต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยในการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกายและช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็ง (กรมการค้าข้าว, 2554) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ข้าวตอกข้าวก่ำทดแทนข้าวโอ๊ตในผลิตภัณฑ์กราโนลา โดยศึกษาอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำต่อข้าวโอ๊ตที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของกราโนลาที่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมข้าวตอก นำข้าวเปลือกข้าวก่ำ 100 กรัม มาปรับปริมาณความชื้นให้เป็น 14 % นำมาคั่วบนกระทะไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-35 วินาที ตามวิธีของอโนชา, ดวงกมล และศุทธินี (2559)

วิเคราะห์สมบัติของข้าวตอกจากข้าวก่ำเปรียบเทียบกับข้าวโอ๊ตแบบบดทั้งเมล็ด (rolled oats) โดยวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ โดยการเทข้าวตอกจากข้าวก่ำลงในกระบอกตวงจนเต็มปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วเทข้าวตอกจากข้าวก่ำออกมาชั่งน้ำหนักคำนวณหาปริมาตรจำเพาะในหน่วยมิลลิลิตรต่อกรัม วิเคราะห์สมบัติในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ตามวิธีของ lqbal และคณะ (2005) และวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินตามวิธี Sun และคณะ (2009)

เตรียมกราโนลา โดยนำข้าวตอกที่ได้จากข้าวก่ำมาเตรียมกราโนลา โดยแปรอัตราส่วนข้าวตอกข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต เท่ากับ 0 : 100 , 25 : 75 , 50: 50 , 75 : 25 และ 100 : 0 โดยเคี่ยวน้ำผึ้ง (35 กรัม) เกลือ (0.52) และอบเชย (0.1 กรัม) ด้วยกระทะไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 5 นาที นำข้าวโอ๊ตและข้าวตอกข้าวก่ำ (100 กรัม) และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ (40กรัม) มาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส พักไว้10 นาที แล้วนำมาผสมกับลูกเกด (25 กรัม) และส่วนผสมที่เคี่ยวไว้ แล้วนำมาเกลี่ยลงถาดขนาด 16x24x1 นิ้ว ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บในกล่องพลาสติกในระหว่างที่รอการนำมาวิเคราะห์

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกราโนลา ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใยหยาบ (AOAC, 2000) วิเคราะห์สมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ตามวิธีของ lqbal และคณะ (2005) และวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ตามวิธีของ Sun และคณะ (2009)

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกราโนลา ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รายงานค่าเป็นค่าความสว่าง L* ค่าความเป็นสีแดง a* และค่าความเป็นสีเหลือง b* วิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ เช่นเดียวกับตอนต้น วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analyzer รุ่น TA-XT2 โดยนำตัวอย่างมาเติมลงใน A/BE Back Extrusion Cell ให้มีความสูง 5 เซนติเมตร และกดด้วยหัววัด Compression disc ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตรด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตร/วินาที รายงานเป็นค่าความแข็ง (hardness) และค่าความกรอบ (crispness)

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำตัวอย่างกราโนลาที่เตรียมได้มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบโดยรวม โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

วางแผนการทดสอบแบบ Completely Randomized Design (CRD) การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์สมบัติของข้าวตอกจากข้าวก่ำเปรียบเทียบกับข้าวโอ๊ต (Table 1) พบว่าข้าวตอกจากข้าวก่ำมีปริมาตรจำเพาะสูงกว่าข้าวโอ๊ต เนื่องจากข้าวตอกจากข้าวก่ำมีลักษณะที่พองตัวกว่าข้าวโอ๊ต ทั้งนี้ข้าวตอกจากข้าวก่ำผลิตจากโดยการให้ความร้อนโดยนำข้าวเปลือกมาคั่วเมื่อเนื้อเมล็ดสัมผัสกับความร้อนสูงจะสุกและพองตัวมากขึ้น ในขณะที่ข้าวโอ๊ตที่นำมาใช้ผลิตด้วยการนำข้าวโอ๊ตมานึ่งให้สุก จากนั้นก็นำมากดทับให้แบนด้วยลูกกลิ้งและนำไปอบให้แห้งอีกครั้ง ซึ่งทำให้ข้าวโอ๊ตมีลักษณะของเมล็ดที่แบนและไม่พองตัวเหมือนข้าวตอกจากข้าวก่ำ ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ข้าวตอกจากข้าวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวโอ๊ต แต่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าข้าวโอ๊ต ($p \leq 0.05$) Peterson (2001) รายงานว่า ข้าวโอ๊ตมีสารที่สามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น วิตามินอี กรดไฟติก สารประกอบฟีนอลลิก และ อะวีแนนธาไมด์ (avenanthramides) นอกจากนั้นยังพบสารประกอบ ฟลาโวนอย และสเตอรอลอีกด้วย ในขณะที่ข้าวก่ำมีสารประกอบแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบหลักที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (กรมการข้าว, 2554)

จาก Table 2 แสดงให้เห็นว่าความชื้นของกราโนลามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำเพิ่มขึ้น โดย

กราโนลาที่มีอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต 100: 0 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์ความชื้นของข้าวตอกข้าวก่ำและข้าวโอ๊ตของผู้วิจัยพบว่าข้าวตอกจากข้าวก่ำมีปริมาณความชื้น 4.01 % ซึ่งสูงกว่าข้าวโอ๊ตที่มีปริมาณความชื้น 3.88 % ดังนั้นเมื่อใช้ข้าวตอกจากก่ำในส่วนผสมที่มากขึ้นจึงทำให้กราโนลามีความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเพิ่มอัตราส่วนข้าวตอกจากข้าวก่ำทำให้กราโนลามีปริมาณโปรตีนลดลงและเส้นใยหยาบเพิ่มขึ้น ซึ่งจากการเปรียบเทียบข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของข้าวก่ำและข้าวโอ๊ตที่รายงานโดย กรมการข้าว (2554) และสภากาชาดไทย (2552) พบว่า เห็นว่าข้าวก่ำมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าข้าวโอ๊ต แต่มีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำในปริมาณที่สูงกว่าข้าวโอ๊ต จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า ปริมาณสารแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนข้าวตอกจากข้าวก่ำเพิ่ม เนื่องจากข้าวตอกจากข้าวก่ำมีเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วง ซึ่งมีสารแอนโทไซยานิน (กัลยาภรณ์, 2554) กราโนลาที่มีอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต 0:100 มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำ ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใน Table 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวโอ๊ตมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่มากกว่าข้าวตอกข้าวก่ำ แม้จะมีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำกว่า ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระหลักในข้าวโอ๊ตอาจจะเป็นสารชนิดอื่นที่ไม่ใช่แอนโทไซยานิน

เมื่อเพิ่มปริมาณข้าวตอกจากข้าวก่ำทำให้กราโนลามีค่า a* และ b* ที่ลดลง สอดคล้องกับ Figure 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากราโนลามีสีม่วงออกดำมากขึ้นตามปริมาณของข้าวตอกจากข้าวก่ำที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า ปริมาตรจำเพาะของกราโนลามีค่ามากขึ้นตามปริมาณของข้าวตอกจากข้าวก่ำที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวตอกจากข้าวก่ำมีปริมาณจำเพาะสูงกว่าข้าวโอ๊ตดังข้อมูลที่แสดงใน Table 1 นอกจากนั้นยังพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนข้าวตอกจากข้าวก่ำมากขึ้นทำให้กราโนลามีค่าความแข็งที่ลดลง เนื่องจากข้าวตอกจากข้าวก่ำมีลักษณะพองฟูจึงให้เนื้อสัมผัสที่มีความแข็งน้อยกว่าข้าวโอ๊ต เมื่อเติมลงไปในปริมาณมากขึ้นจึงทำให้กราโนลามีเนื้อสัมผัสที่แข็งน้อยลง เมื่อนำกราโนลาไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบ พบว่า กราโนลาที่เตรียมจากข้าวตอกจากข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต 50:50 และ 25:75 มีคะแนนความชอบสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าเป็นสูตรที่มีเนื้อสัมผัสดีไม่แข็งจนเกินไป และชอบในสีม่วงของข้าวตอกจากข้าวก่ำที่ใช้เป็นส่วนผสมที่ไม่มากจนเกินไป เหมือนกับสูตรที่ใช้ข้าวตอกจากข้าวก่ำทั้งหมดโดยไม่มีข้าวโอ๊ต

สรุปผล

อัตราส่วนของข้าวตอกจากข้าวก่ำต่อข้าวโอ๊ตมีผลต่อคุณลักษณะของกราโนลา การเพิ่มปริมาณข้าวตอกจากข้าวก่ำทำให้ปริมาณความชื้น เส้นใยหยาบ ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่า a* และ b* และปริมาตรจำเพาะของกราโนลามีค่ามากขึ้น แต่จะลดปริมาณโปรตีน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความแข็งลง กราโนลาที่เตรียมจากข้าวตอกจากข้าวก่ำ : ข้าวโอ๊ต 50:50 และ 25:75 มีคะแนนความชอบสูงสุดไม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2542, ข้าว [สืบค้น], http://www.ricethailand.go.th [17/December/16].

กัลยาภรณ์ จันตรี, 2554, การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวก่ำและข้าวก่ำงอก, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ, 2553, ภูมิปัญญาอาหารจากข้าว, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

วิกิพิเดีย สารานุกรมเสรี, 2556, กราโนลา [สืบค้น], https://th.wikipedia.org/wiki/กราโนลา [17/December/16]

สภากาชาดไทย, 2552, อาหารเสริมที่ทำจากข้าวโอ๊ต [สืบค้น], http://en.jsppharma.com/Pharma-knowledge/Oat-Bran-Powder.html [17/December/16].

อโนชา สุขสมบูรณ์ ดวงกมล เวหุวรรณ และ ศุทธินี เพ็งแพง, 2559, ผลของชนิดของน้ำตาลที่มีต่อคุณลักษณะบางประการและค่าดัชนีไกลซีมิกของกระยาสารท, การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, หน้า 393-398.

AOAC, 2000, Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, Washington D.C. Peterson M. D., 2001, Oat Antioxidants, Journal of Cereal Science, 33 (2): 115-129.

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, 93:265-272.

Sun, J., Yao, J., Huang, S., Long, X., Wang, J. and García, E.G., 2009, Antioxidant activity of polyphenol and anthocyanin extracts from fruits of *Kadsura coccinea* (Lem.) A.C. Smith, Food Chemistry, 117(2): 276–281.

Figure 1 Granola with different of popped purple rice and rolled oat ratio.

Table 1 Specific volume, anthocyanin and antioxidant activity of popped purple rice and rolled oat.

sample	specific volume (ml/g)	anthocyanin (mg/l crude extract)	antioxidant activity (% inhibition)
popped purple rice	7.66±0.01^{a}	85.44 ± 0.34^{a}	47.34 ± 0.63^{b}
rolled oat	2.28±0.00^{b}	6.86 ± 1.81^{b}	77.85 ± 1.66^{a}

$^{a,b,..}$ Means with in a column with different superscripts are significantly different (p≤0.05).

Table 2 Chemical and antioxidant activities of granola with different of popped purple rice and rolled oat ratio.

popped rice :oat	moisture (%)	protein (% db)	crude fiber (% db)	anthocyanin (mg/l crude extract)	antioxidant activity (% inhibition)
0:100	9.90 ± 0.41^{c}	9.50 ± 007^{a}	1.90 ± 0.01^{e}	5.97 ± 1.26^{d}	86.76 ± 1.13^{a}
25:75	12.59 ± 0.26^{b}	9.44 ± 0.02^{a}	8.17 ± 0.00^{d}	17.45 ± 0.26^{c}	84.28 ± 0.29^{b}
50:50	12.24 ± 0.68^{b}	9.26 ± 0.08^{ab}	8.93 ± 0.01^{c}	32.70 ± 0.93^{b}	82.07 ± 0.49^{c}
75:25	13.54 ± 0.65^{a}	9.06 ± 0.02^{b}	9.10 ± 0.07^{b}	34.29 ± 1.29^{b}	78.95 ± 0.57^{d}
100:0	14.30 ± 0.22^{a}	8.91 ± 0.06^{b}	11.32 ± 0.08^{a}	53.47 ± 0.83^{a}	73.41 ± 0.62^{e}

$^{a,b,..}$ Means with in a column with different superscripts are significantly different (p≤0.05).

Table 3 L* a* b*, specific volume, hardness and overall preference of granola with different of popped purple rice and rolled oat ratio.

popped rice:oat	L*	a*	b*	specific volume (ml/g)	hardness (N.force)	overall preference
0:100	69.57 ± 0.07^{a}	5.03 ± 0.01^{a}	22.24 ± 0.04^{a}	2.32 ± 0.00^{e}	57.92±2.7^{a}	6.70±2.00^{bc}
25:75	65.44 ± 0.03^{b}	4.59 ± 006^{b}	18.19 ± 0.11^{b}	2.65 ± 0.01^{d}	31.79±2.7^{b}	7.05±1.00^{ab}
50:50	62.54 ± 0.03^{c}	3.05 ± 0.03^{c}	13.76 ± 0.05^{c}	4.66 ± 0.01^{c}	31.33±1.9^{b}	7.46±1.00^{a}
75:25	60.84 ± 0.03^{d}	3.10 ± 0.03^{c}	11.17 ± 0.08^{d}	5.56 ± 0.01^{b}	27.52±1.5^{b}	6.73±1.00^{bc}
100:0	59.80 ± 0.07^{e}	3.09 ± 0.05^{c}	10.52 ± 0.09^{e}	5.71 ± 0.00^{a}	26.66±1.8^{b}	6.50±1.00^{c}

$^{a,b,..}$ Means with in a column with different superscripts are significantly different (p≤0.05).

ผลของการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น
Effect of Substitute Chinese Water Chestnut Flour for Wheat Flour in Batter Type Cakes

ผาณิต รุจิรพิสิฐ[1] และ อารีวรรณ สุขวิลัย[1]
Rujirapisit, P.[1], and Sukwilai, A.[1]

Abstract

This study was aimed to investigate effects of substituted Chinese water chestnut flour for wheat flour in batter type cakes. Chinese water chestnut flour was added to wheat flour at 0, 30, 40, 50 and 60 % (flour basis). Physical properties and sensory attributes were evaluated. Results showed that higher amount of Chinese water chestnut flour in batter type cakes gave smaller size and more firmness texture when Chinese water chestnut flour increased, cutting force, bulk density and shrinkage value were increased ($p \leq 0.05$), but specific volume and volume index were decrease ($p \leq 0.05$). Result also found that lightness (L*) color were decreased when amount of Chinese water chestnut flour were increased, while redness (a*), yellowness (b*) and chroma increased ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation using 9-point hedonic scale showed that Chinese water chestnut flour could be used for substitute wheat flour at 50% (flour basis) which it had Chinese water chestnut odor.

Keywords: Chinese water chestnut, Chinese water chestnut flour, Batter type cakes

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น โดยแปรปริมาณการทดแทนเป็น 0, 30, 40, 50 และ 60 % (โดยน้ำหนักแป้ง) ประเมินคุณภาพของเค้กชนิดส่วนผสมข้น โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น ทำให้เค้กมีขนาดลดลง และมีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น ซึ่งมีผลให้ค่าแรงตัดขาด ค่าความหนาแน่น และค่าการหดตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าปริมาตรจำเพาะ และค่าดัชนีปริมาตรลดลง ($p \leq 0.05$) และพบว่าเมื่อปริมาณการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความเข้มของสี (Chroma) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) จากการทดสอบลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าสามารถใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้นได้ 50 % โดยผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมเฉพาะของแห้วจีน

คำสำคัญ: แห้วจีน แป้งแห้วจีน เค้กชนิดส่วนผสมข้น

คำนำ

แห้วจีน (*Eleocharis dulcis* Trin.) เป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่สำคัญของจังหวัดสุพรรณบุรี เป็นพืชที่ปลูกได้ผลดีในบางตำบลของอำเภอศรีประจันต์ และอำเภอเมืองสุพรรณบุรี (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดสุพรรณบุรี, 2559) นำมาทำอาหารได้หลายชนิด และมีสรรพคุณทางยา ช่วยในเรื่องของระบบขับถ่าย ลดความดันโลหิต ช่วยบำรุงกระดูกและข้อ และช่วยให้ผู้บริโภคมีสุขภาพดี (Grassby et.al., 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเป็นแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงถึง 32.75 % (ผาณิต, 2551) โดยได้มีการศึกษาการนำแป้งที่มีอะมิโลสสูงมาใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี เช่น ถั่วลูกไก่(chick pea) ซึ่งมีปริมาณอะมิโลส 29.2 % (Fernando et.al., 2011) ได้มีการทดลองนำมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง (Mohammed et.al., 2014) และขนมเค้ก Gómez et.al., 2008) นอกจากนี้แป้งสาลีในประเทศไทย ยังต้องมีการนำเข้าวัตถุดิบข้าวสาลีจากต่างประเทศ และเพื่อเป็นการส่งเสริม การใช้วัตถุดิบแห้วจีนซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นของประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงต้องการศึกษาผลของการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น (batter type cakes) ซึ่งเป็นเค้กที่มีเนื้อหนัก ขึ้นฟูด้วยการใช้ไขมันในการตีเก็บอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปริมาณแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนที่เหมาะสมในการนำมาทดแทนแป้ง

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindang Bangkok 10400

สาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้นโดยเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของเค้กชนิดส่วนผสมข้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น โดยใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีชนิดโปรตีนต่ำสำหรับทำขนมเค้ก ในปริมาณ 0, 30, 40, 50, และ 60 % โดยน้ำหนักแป้ง คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมโดยการวัดค่าสี L*, a*, b* 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) และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเค้ก 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% โดยทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง***

ผลจากการนำแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น พบว่า เมื่อปริมาณการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าความหนาแน่น และค่าการหดตัว (Shrinkage value)เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าปริมาตรจำเพาะ และค่าดัชนีปริมาตร (Volume index) ลดลง ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าดัชนีความสมมาตร (Symmetry index) และ ค่าดัชนีเนื้อเค้กโดยรวม (Contour index) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังแสดงผลการทดลองใน Table 1

Table 1 Bulk desity, specific volume and cake morphology on substitute Chinese water chestnut flour for wheat flour in batter type cakes.

Chinese water chestnut flour (%)	Bulk density (g/cm^3)	Specific volume (cm^3/g)	Cake morphology			
			Shrinkage value	Volume index	Symmetry index^{ns}	Contour index^{ns}
0	0.41^b	2.42^a	1.24^c	16.21^a	0.21	0.23
30	0.41^b	2.43^a	1.28^b	16.10^a	0.19	0.21
40	0.42^{ab}	2.34^b	1.29^b	15.60^b	0.20	0.22
50	0.43^a	2.32^b	1.30^b	15.42^b	0.19	0.21
60	0.43^a	2.31^b	1.32^a	13.21^c	0.21	0.23

$^{a,b,..}$Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *p > 0.05* by DMRT test

^{ns} Means for each characteristic in the same column are not significantly different at *p> 0.05* by DMRT test

และเมื่อนำผลิตภัณฑ์เค้กชนิดส่วนผสมข้นที่ได้ไปวัดค่าสี และค่าแรงตัดขาด ได้ผลการทดลองดัง Table 2 พบว่าเมื่อปริมาณแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองใน Table 1 ที่พบว่า เมื่อปริมาณการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น จะทำให้เค้กมีปริมาตรลดลง เนื้อแน่นขึ้น และมีการหดตัวมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตน ในขณะที่แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนไม่มีกลูเตน (Alvarenga และคณะ, 2011) ดังนั้นโครงสร้างของเค้กชนิดส่วนผสมข้นที่มีปริมาณแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาก จึงมีกลูเตนน้อย ทำให้มีโครงสร้างที่ช่วยในการขยายตัวได้น้อยลง เนื้อเค้กจึงแน่น และขึ้นฟูน้อยลง และผลจากการวัดค่าสีพบว่า เมื่อปริมาณแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความเข้มของสี(Chroma) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบแป้งฟลาวร์จากแห้วจีน มีสีเข้มกว่าแป้งสาลี และมีสีค่อนข้างเหลือง

Table 2 Color value (L*, a*, b*) and cutting force of substituted Chinese water chestnut flour batter type cakes.

Chinese water chestnut flour (%)	Hunter lab color				Cutting force (N)
	L*	a*	b*	chroma	
0	75.03[a]	4.53[c]	32.81[c]	33.12[c]	8.80[d]
30	71.12[b]	5.37[b]	33.02[c]	33.45[c]	9.17[c]
40	69.01[b]	5.45[b]	33.79[b]	34.23[b]	9.87[b]
50	68.79[b]	5.52[b]	34.05[b]	34.49[b]	9.95[b]
60	65.23[c]	6.19[a]	35.72[a]	36.25[a]	10.43[a]

[a,b,..] Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at $p > 0.05$ by DMRT test

Table 3 Hedonic scores of substituted Chinese water chestnut flour batter type cakes.

Chinese water chestnut flour (%)	Hedonic score					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall linking
0	8.5[a]	8.2[a]	8.0[b]	8.4[a]	8.3[a]	8.4[a]
30	8.4[a]	7.9[b]	8.2[ab]	7.9[b]	7.8[b]	7.9[b]
40	8.3[a]	7.7[b]	8.3[a]	7.9[b]	7.7[b]	7.8[b]
50	8.4[a]	7.9[b]	8.4[a]	8.0[b]	7.9[b]	7.9[b]
60	7.4 [b]	7.1 [c]	8.3 [a]	7.6[c]	7.2[c]	7.1 [c]

[a,b,..] Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at $p > 0.05$ by DMRT Test

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เค้กชนิดส่วนผสมข้นที่ได้จากการใช้แป้งจากแห้วจีนไปทดแทนแป้งสาลี ไปทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบ ได้ผลการทดลองดัง Table 3 พบว่า คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ ของเค้กที่ใช้แป้ง ฟลาวร์จากแห้วจีนแทนที่แป้งสาลีในปริมาณ 0 30 40 และ 50 % ไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) ทั้งนี้เนื่องจากเค้กชนิดส่วนผสมข้นเป็นเค้กประเภทที่มีเนื้อค่อนข้างแน่นและหนัก ถึงแม้ว่าการตรวจวัดผลทางกายภาพตามที่แสดงใน Table1 พบว่า การใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น มีผลให้เค้กหดตัว และมีเนื้อเค้กที่แน่นขึ้น แต่ผู้ทดสอบชิมก็ยังยอมรับลักษณะปรากฏของเนื้อเค้กไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม(0 %) สำหรับคะแนนความชอบทางด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม มีผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ การใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนในปริมาณ 30 40 และ 50 % ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) โดยมีคะแนนความชอบน้อยกว่าสูตรควบคุม แต่มีคะแนนสูงกว่า สูตรที่ใช้แป้ง ฟลาวร์จากแห้วจีน 60% (p≤0.05) สำหรับคะแนนทางด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้ง ฟลาวร์จากแห้วจีนมากกว่าสูตรควบคุม (p≤0.05) โดยการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ 30% มีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม(p>0.05) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมีกลิ่นหอมเฉพาะของแห้วจีน ซึ่งทำให้ผู้ทดสอบชิมรู้สึกชื่นชอบเมื่อใช้ในปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงคัดเลือกปริมาณการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น ที่ปริมาณ 50% เนื่องจากสามารถใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนในปริมาณที่มาก ลดการใช้แป้งสาลีที่ต้องนำวัตถุดิบเข้ามาจากต่างประเทศได้มาก และมีลักษณะทางกายภาพไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมมาก โดยผู้ทดสอบชิมยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับคะแนนที่สูง ไม่แตกต่างจากสูตรที่ใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนที่ 30 และ 40% เพื่อเป็นแนวทางในการนำแห้วจีนที่ผลิตได้ในประเทศไทยไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

สรุปผล

เมื่อนำแป้งฟลาวร์จากแห้วจีนมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น พบว่า เมื่อปริมาณการใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนเพิ่มขึ้น ทำให้เค้กชนิดส่วนผสมข้น มีสีเข้มขึ้น เนื้อสัมผัสแน่นขึ้น ปริมาตรลดลง การหดตัวเพิ่มขึ้น โดยสามารถใช้แป้งฟลาวร์จากแห้วจีนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น ได้ 50% (โดยน้ำหนักแป้ง) และผลิตภัณฑ์เค้กชนิดส่วนผสมข้น ที่ได้มีกลิ่นหอมเฉพาะของแห้วจีน

เอกสารอ้างอิง

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2551, องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งฟลาวร์จากแห้วจีน, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 28(1) : 168-178.

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดสุพรรณบุรี, 2559, เมืองอูข้าวอู่น้ำ.(ออนไลน์). แหล่งที่มา http://province.m-culture.go.th/suphanburi/kaseat.html, สืบค้นเมื่อวันที่ 16 มกราคม 2560.

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.

Fernando, L., Silveira, S.B. and Prudente, C.B., 2011, Composition and characterization of pea and chickpea Starches, Brazilian Journal of Food Technology, 14(1): 74-81.

Grassby, T., Jay, A.J., Merali, Z., Parker, M.L., Parr, A.J., Faulds, C.B., and Waldron, K.W., 2013. Compositional analysis of Chinese water chestnut (*Eleocharis dulcis*) cell-wall material from parenchyma, epidermis, and sub epidermal tissues, Journal Agricultural and Food Chemistry, 61(40):9680–9688.

Gómez, M., et.al., 2008, Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. LWT Food Science and Technology, 41: 1701-1709.

Mohammed, I., Ahmed, A.R. and Senge, B., 2014, Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality. J. Food Sci. Technol. 51(9): 1902–1910.

การทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองด้วยน้ำมันถั่วดาวอินคาในน้ำสลัดจากเต้าหู้
Replacement of Soybean Oil with Sacha Inchi Oil in Tofu-based Salad Dressing

ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์[1] และ อภิญญา เจริญกูล[1]
Watanachaiyong, T.[1] and Charoenkul, A.[1]

Abstract

Sacha inchi oil is superfood oil that contributed in function of healthy heart, blood vessel, brain and skin. It contains fatty acids which are omega 3, 6, 9 up to 54, 33.4 and 7.2%, respectively. This research, it was combined with white soft tofu, it was made from soybean which high quality of protein that provide 8 essential amino acids and antioxidants such as bio-flavonoid and isoflavones, for producing higher nutrition value, low saturated fatty acid and cholesterol free salad dressing. This research was to partially replace of soybean oil with sacha inchi oil in 3 formulas of 6%, 9% and 12% by weight compared with control soybean oil salad dressing. Results showed that oil droplet size of sacha inchi oil salad dressing, formula 1, 2 and 3, were range in 1.78 to 1.79 µm, viscosity 1233.33 to 1440 Cps. L* value were 66.19-71.38, a*(-0.33)-(-0.66), b* 24.43-25.83, water activity (Aw) 0.85-0.87, pH were 3.83-3.84, total acidity (as acetic acid) 0.42-0.45%, thiobarbituric acid 0.37-0.47 mg malonaldehyde/kg. The nutrition compositions were carbohydrate 29.78-29.82%, protein 1.58-1.92% and fat 32.44-32.48%. Formula 3 of salad dressing had the highest viscosity and overall acceptability score. Total plate count did not exceed TIS1402-2540.
Keywords: tofu-based salad dressing, sacha inchi oil, omega-3-6-9, white soft tofu

บทคัดย่อ

น้ำมันถั่วดาวอินคาเป็นน้ำมันดีที่มีส่วนช่วยการทำงานของหัวใจ หลอดเลือด บำรุงสมองและผิวพรรณ ด้วยมีปริมาณกรดไขมันโอเมกา 3, 6 และ 9 สูงถึง 54, 33.4 และ 7.2% งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดใหม่ ให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นและกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ โดยนำน้ำมันถั่วดาวอินคารวมเข้ากับเต้าหู้ขาวอ่อนจากถั่วเหลืองซึ่งมีโปรตีนคุณภาพดีที่เป็นกรดอะมิโนจำเป็น 8 ชนิด สารต้านอนุมูลอิสระไบโอฟลาวานอยด์และไอโซฟลาโวนส์ งานวิจัยนี้ได้แปรปริมาณน้ำมันถั่วดาวอินคาทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองในสูตรควบคุม 3 สูตร คือ 6, 9 และ12%โดยน้ำหนัก พบว่าน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคาสูตร 1, 2 และ 3 มีขนาดเม็ดไขมันระหว่าง 1.78-1.79 µm ความหนืด 1233.33-1440 Cps. ค่า L* 66.19-71.38, a* (-0.33)-(-0.66), b* 24.43-25.83, Aw 0.85-0.87, pH 3.83-3.84, total acidity (as acetic acid) 0.42-0.45%, thiobarbituric acid (TBA) 0.37-0.47 mg malonaldehyde /kg. คุณค่าทางโภชนาการมีคาร์โบไฮเดรต 29.78-30.13% โปรตีน 1.58-1.92% ไขมัน 32.44-32.48% น้ำสลัดสูตร 3 มีค่าความหนืดและคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐาน มอก.1402-2540
คำสำคัญ: น้ำสลัดจากเต้าหู้, น้ำมันถั่วดาวอินคา, โอเมกา 3 6 9, เต้าหู้ขาวอ่อน

คำนำ

น้ำสลัด (Salad dressing) เป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มรสชาติอาหารประเภทสลัดผัก-ผลไม้สด ไข่และเนื้อสัตว์ โดยส่วนผสมเชิงการค้ามักมีคอเลสเตอรอลและกรดไขมันอิ่มตัวสูง ก่อความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด เพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงนี้ อาหารที่บริโภคจึงควรเป็นชนิดที่มีไขมันอิ่มตัวต่ำ มีกรดไขมันลิโนเลอิก (Linoleic acid) และลิโนเลนิก (Linolenic acid) สูง ซึ่งในน้ำมันจากเมล็ดถั่วดาวอินคามีกรดไขมันโอเมกา (ω) 3, 6, 9 สูงถึง 85% โดยมี ω3 (Linolenic acid) 51% (12.8-16.0 กรัม/100 กรัมเมล็ด), ω6 (Linoleic acid) 34% (12.4-14.1 กรัม/100กรัมเมล็ด) (Chirinos และคณะ, 2013; Maurer และคณะ, 2012) ผลประเมินทางคลินิกแบบสุ่มและปกปิดทั้งสองฝ่าย (randomized double-blind placebo) ของกลุ่มตัวอย่างวัยผู้ใหญ่ที่ได้รับน้ำมันถั่วดาวอินคาและน้ำมันดอกทานตะวันในช่วง 4 เดือนพบผลข้างเคียงมากที่สุดคือ มีอาการคลื่นไส้แต่ค่อยๆ

[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

ลดลง ระดับคอเลสเตอรอล และ LDL ในเลือดและความดันโลหิตลดลง โดยกลุ่มได้รับน้ำมันถั่วดาวอินคามีระดับ HDL สูงขึ้นในเดือนที่ 4 (Gonzales และ Gonzales, 2014)

ด้วยเต้าหู้ทำจากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดีมีกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายย่อยได้ง่ายกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ (ดวงจันทร์, 2554) แคลเซียม และใยอาหาร รวมถึงสารไอโซฟลาโวนส์ที่มีโครงสรางคลายคลึงกับฮอรโมนเอสโตรเจน ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดมะเร็งเตานม ลดอาการของหญิงวัยทอง (Hot flashes) โรคกระดูกพรุน และความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (ชรินทร์, 2014)

ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดใหม่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น พร้อมด้วยกรดไขมันโอเมกา 3, 6, 9 สูงและมีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ รวมทั้งมีโปรตีนคุณภาพดีจากเต้าหู้ขาวอ่อน เพื่อให้เหมาะสำหรับการบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย โดยผู้บริโภคไม่ต้องกังวลถึงความเสี่ยงจากปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอล (LDL Cholesterol) ที่จะเพิ่มขึ้นในหลอดเลือด โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแปรปริมาณน้ำมันถั่วดาวอินคาในสัดส่วนที่เหมาะสมเป็น 6, 9 และ 12% ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองในน้ำสลัดสูตรพื้นฐาน พร้อมทั้งวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพและทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การหาสูตรพื้นฐานของน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคา ได้นำสูตรผลิตภัณฑ์น้ำสลัดจากเต้าหู้ขาวอ่อน (น้ำมันถั่วเหลือง 40 %) (พจนีย์, 2553) และสูตรน้ำสลัด (น้ำมันถั่วเหลือง 41.75 %) (มนตรี, 2543) มาทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 11 คน พบว่าสูตรหลังได้การยอมรับมากกว่า และเมื่อทดสอบผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตรที่ใช้น้ำมันถั่วดาวอินคาทดแทน กลับพบว่าสูตรแรกได้รับการยอมรับมากกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะน้ำมันถั่วดาวอินคาที่มีกลิ่นเฉพาะตัวสูงและลักษณะหนืดมากกว่าน้ำมันถั่วเหลือง จึงได้ปรับปริมาณน้ำมันให้อยู่ในช่วง 30-35% แล้วทดสอบอีกครั้งพบว่า น้ำสลัดจากเต้าหู้ขาวอ่อนที่ใช้น้ำมันถั่วดาวอินคาน้ำมัน 31% ได้รับการยอมรับมากที่สุด จึงใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการผลิตน้ำสลัดเต้าหู้ขาวอ่อน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดจากเต้าหู้ ในเบื้องต้นได้ประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำสลัดจากเต้าหู้ขาวอ่อนที่ใช้น้ำมันถั่วดาวอินคา 15% (โดยน้ำหนัก) ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองได้รับการยอมรับต่ำสุด เนื่องจากกลิ่นเฉพาะตัวของน้ำมันถั่วดาวอินคา จึงเลือกศึกษาที่การทดแทนในอัตราส่วน 6, 9 และ12% (โดยน้ำหนัก) มาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์น้ำสลัดจากเต้าหู้ขาวอ่อน โดยนำส่วนผสมของน้ำส้มสายชู น้ำตาลทราย เกลือป่น มัสตาร์ด และพริกไทยป่น มาผ่านการฆ่าเชื้อและใส่ในเครื่องปั่น ค่อยๆเติมเต้าหู้ขาวอ่อนในขณะปั่นด้วยความเร็วต่ำจนหมด ปั่นต่อด้วยความเร็วสูงอีก 2 นาที ค่อยๆ เติมส่วนผสมของน้ำมันและเลซิทินขณะปั่นด้วยความเร็วต่ำจนหมด ปั่นต่อด้วยความเร็วสูงอีก 3 นาที ทำพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 นาที นำเข้าเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ที่อุณหภูมิ 70 °C 15 นาที 3 รอบ เก็บในขวดแก้วปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง (30$\pm$2.0°C) แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test และวิเคราะห์ทางเคมี-กายภาพดังนี้ ค่าสี (Hunter-lab digital colorimeter), ขนาดเม็ดไขมัน (Olympus optical microscope), ความหนืด (Brookfield viscometer), ความเป็นกรด-ด่าง (pH meter), Water activity (AqualabLITE), total acidity และ thiobarbituric acid (TBA) (AOAC, 2000), คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ความชื้นและเถ้า (AOAC, 2000) และจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2540) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง***

1. ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคา

ผลประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคา (Table 1) พบว่า ทุกสูตรมีคะแนนเฉลี่ยความชอบในทุกด้านไม่ต่างกัน (p>0.05) โดยน้ำสลัดแต่ละสูตรมีคะแนนการยอมรับทางด้านสี, รสชาติ, กลิ่นและกลิ่นรส ความชอบโดยรวม สูงสุดต่างกัน คือ สูตร 3 (12%) ได้คะแนนสูงสุดในด้านความชอบโดยรวม, รสชาติ, กลิ่นรสและกลิ่น (6.5, 6.47, 5.73 และ 5.47) สูตร 2 (9%) สูงสุดในด้านเนื้อสัมผัส, สี และกลิ่นรส (6.60, 6.47 และ 5.73) และสูตร 1 (6%) สูงสุดในด้านเนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม, สี, รสชาติ, กลิ่นรสและกลิ่น (6.30, 6.20, 6.20, 5.97, 5.50 และ 5.20)

2. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคา

น้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคาทั้ง 3 สูตรมีสมบัติทางเคมี-กายภาพ (Table 2) พบว่า ค่าความสว่าง (L*) แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยสูตร 3 (12%) มีค่า L* สูงสุด เท่ากับ 71.38 รองลงมาคือ สูตร 2 (9%) และต่ำสุดคือสูตร 1(6%) เท่ากับ 68.54 และ 66.19 น้ำสลัดทั้ง 3 สูตร มีความเป็นสีเขียว (a*) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) ความเป็นสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยสูตร 3 มีค่าสูงสุด 25.83 รองมาคือสูตร 2 และสูตร 1 (24.66 และ 24.43) ซึ่งเป็นผลของน้ำมันถั่วดาวอินคา ที่มีสีเหลืองเข้มมากกว่าน้ำมันถั่วเหลือง (สีเหลืองอ่อนกว่า) เมื่อทดแทนด้วยปริมาณมากขึ้นทำให้น้ำสลัดมีความสว่างเพิ่มขึ้น ความเป็นสีเขียวและสีเหลืองเพิ่มขึ้น ทั้ง 3 สูตรมีค่า Chroma แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยสูตร 3 มีค่าสูงสุด 25.82 รองมาคือสูตร 2 และสูตร 1 (24.65 และ 24.43) และค่า Hue ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) มีค่าระหว่าง 90.77-91.46 แสดงถึงปริมาณน้ำมันถั่วดาวอินคาที่มากขึ้น มีผลทำให้น้ำสลัดมีสีเข้มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อเฉดสีของผลิตภัณฑ์

ขนาดเม็ดไขมันทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) น้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคาสูตร 3 มีค่าความหนืดสูงสุด (1440 Cps) รองมาคือสูตร 2 (1293.33 Cps) และต่ำสุดคือสูตร 1 (1233.33 Cps) แสดงถึงน้ำมันถั่วดาวอินคาปริมาณสูงขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเพิ่มขึ้นและมีความต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) เป็นผลของความหนืดของน้ำมันถั่วดาวอินคาที่มากกว่าน้ำมันถั่วเหลือง ค่า Aw (Water activity) ของสูตร 2 และสูตร 3 มีค่าต่ำสุดและไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยทั้งคู่ต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ความกรด-ด่างของน้ำสลัดทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยสูตร 3 มีค่าสูงสุด 0.67% และสูตร 3 มีค่า thiobarbituric acid สูงสุดคือ 0.47 mg malonaldehyde /kg ซึ่งแตกต่างจากสูตรควบคุม($p \leq 0.05$) สูตร 1 และสูตร 2 มีค่าเท่ากัน คือ 0.37 mg malonaldehyde /kg นั่นแสดงว่าน้ำมันถั่วดาวอินคาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากน้ำมันถั่วดาวอินคามีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (มี93.6%) สูงกว่าน้ำมันถั่วเหลือง (มี80.1%) เมื่อทดแทนในปริมาณสูงขึ้นจึงทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งมีผลต่อการเกิดลิพิดออกซิเดชันได้มากกว่าสูตรควบคุม (0.28 mg malonaldehyde/kg)

3. ผลวิเคราะห์ทางโภชนาการและจุลินทรีย์ของน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคา

น้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคา(Table 3) ทั้ง 3 สูตรมีคาร์โบไฮเดรต 28.82-31.06%โปรตีน 1.58-1.92% ไขมัน 32.41-32.48% ความชื้น 33.58 - 33.93% และเถ้า 1.16-2.21% โดยสูตร 3 มีโปรตีนสูงสุด ($p \leq 0.05$) ทุกสูตรมีปริมาณเถ้าสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^3 CFU/g ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1402-2540)

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคาจากเต้าหู้ขาวอ่อน สูตร 3 (12%) ได้รับการยอมรับในด้านสี, กลิ่น, กลิ่นรส, รสชาติและการยอมรับโดยรวม มีปริมาณกรดทั้งหมด (as acetic acid) 0.67%, thiobarbituric acid 0.47 mg malonaldehyde/kg, คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน, ความชื้น และเถ้า 28.82, 1.92, 32.46, 33.58 และ 2.21% ตามลำดับ และจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

ชรินทร ถาวรคุโณ, 2014, ไอโซฟลาโวนจากถั่วเหลือง: ชีวเคมีกลไกการออกฤทธิ์และความเกี่ยวของในการปองกันมะเร็งเต้านม, Thai J. Genet. 7(1) : 7–15.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, กรุณา วงษ์กระจ่าง, พัชรี ตั้งตระกูล, รัศมี ศุภศรี, สมจิต อ่อนเหม, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ และชมดาว สิกขะมณฑล, 2554, ผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสารGABA สำหรับผู้สูงอายุ, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 30 หน้า

พจนีย์ บุญนา, จอมขวัญ สุวรรณรักษ์, วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ และปรัชญา แพมงคล, 2553, การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นจากเต้าหู้เพื่อสุขภาพ, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ, 76 หน้า

มนตรี สกุลแก้ว, 2543, มายองเนสจากเต้าหู้ถั่วเหลืองชนิดอ่อน, คหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร,กรุงเทพฯ, 62 หน้า

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2540, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมายองเนสและสลัดครีม, มอก.1402-2540, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 9 หน้า.

AOAC, 2000, Official methods of analysis of AOAC International, 17th ed., Association of Analytical Communities, Gaithersburg, Maryland, 2200p.

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: 1732–1739.

Gonzales, G.F. and Gonzales, C., 2014, A randomized, double-blind placebo-controlled study on acceptability, safety and efficacy of oral administration of sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) in adult human subjects, Food and Chemical Toxicology, 65: 168-176.

Maurer, N.E., Hatta-Sakoda, B., Pascual-Chagman, G. and Rodriguez-Saona, L.E., 2012, Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3fatty acids, sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil, Food Chemistry 134: 1173–1180.

Table 1 Sensory attributes of tofu-based sacha inchi oil salad dressing.

Treatment	Color ^{ns}	Aroma ^{ns}	Flavor ^{ns}	Taste ^{ns}	Texture ^{ns}	Overall acceptability ^{ns}
Control	6.37±1.17	5.67±1.58	5.08±1.71	6.17±1.76	6.70±1.58	6.63±1.54
Formula 1	6.20±1.58	5.20±1.65	5.50±1.91	5.97±1.84	6.30±1.60	6.20±1.85
Formula 2	6.47±1.68	5.33±1.85	5.73±1.86	6.30±1.92	6.60±1.60	6.40±1.92
Formula 3	6.37±1.77	5.47±1.46	5.73±1.86	6.47±1.81	6.58±1.78	6.57±1.79

ns= not significant different (p<0.05)

Table 2 Physical and some chemical properties of tofu-based sacha inchi oil salad dressing.

Attributes	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3
L*	70.59 ± 0.29^{b}	66.19 ± 0.02^{d}	68.54 ± 0.05^{c}	71.38 ± 0.03^{a}
a*	-0.45 ± 0.02^{b}	-0.43 ± 0.01^{b}	-0.33 ± 0.02^{a}	-0.66 ± 0.03^{c}
b*	26.76 ± 0.05^{a}	24.43 ± 0.11^{d}	24.66 ± 0.04^{c}	25.83 ± 0.08^{b}
Chroma (C)	26.77 ± 0.01^{a}	24.43 ± 0.01^{c}	24.65 ± 1.15^{d}	25.82 ± 0.01^{b}
Hue (h°)^{ns}	90.96±0.01	91.01±0.01	90.77±0.01	91.46±0.01
Oil droplet size^{ns} (µm)	17.6±0.01	17.9±0.01	17.8±0.01	17.9±0.01
Viscosity (Cps)	713.33 ± 6.11^{d}	1233.33 ± 15.28^{c}	1293.33 ± 15.28^{b}	1440.00 ± 20.00^{a}
Water activity (Aw)	0.88 ± 0.00^{a}	0.87 ± 0.00^{a}	0.86 ± 0.00^{b}	0.85 ± 0.00^{b}
pH ^{ns}	3.91±0.01	3.83±0.01	3.84±0.01	3.83±0.00
Total acidity (%acetic acid)	0.62 ± 0.00^{c}	0.65 ± 0.00^{b}	0.64 ± 0.00^{b}	0.67 ± 0.01^{a}
TBA (mg malonaldehyde/kg)	0.28 ± 0.03^{b}	0.37 ± 0.05^{ab}	0.37 ± 0.05^{ab}	0.47 ± 0.09^{a}

a-d superscripts in row were significantly different (p<0.05), ns=not significant

Table 3 Compositions of nutrients and total plate count of tofu-based sacha inchi oil salad dressing

Attributes	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Carbohydrate ^{ns} (%)	31.06±0.01	29.78±0.18	30.06±0.13	28.82±0.01
Protein (%)	1.73 ± 0.18^{b}	1.72 ± 0.01^{b}	1.58 ± 0.11^{c}	1.92 ± 0.09^{a}
Total fat ^{ns} (%)	32.41±1.97	32.44±0.84	32.48±1.95	32.46±2.09
Ash (%)	1.16 ± 0.19^{c}	2.12 ± 0.03^{b}	2.21 ± 0.39^{a}	2.21 ± 0.39^{a}
Moisture ^{ns} (%)	33.63±1.91	33.93±1.74	33.59±1.90	33.58±2.10
Total plate count (CFU/g) (cfu/g)	$6.0\times10^{2\ a}$	$3.8\times10^{2\ c}$	$4.3\times10^{2\ b}$	$1.1\times10^{2\ d}$

a-d superscripts in row were significantly different (p<0.05) ns=not significantly different

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 53-56 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 53-56 (2561)

ผลของวิธีการสกัดที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันเมล็ดมะม่วง

Effect of extraction method on physical and chemical properties of mango kernel oil

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[11] และ ลดาวัลย์ ช่างชุบ[2]

Maisuthisakul, P.[1*] and Changchub, L.[2]

Abstract

Soxhlet (SE) and cold pressed extraction (CPE) methods were used to investigate the optimal method of mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel oil extraction in order to investigate their influence on chemical and physical properties. The results showed that the extracted oil from CPE exhibited better qualities than those of SE. The extracted samples had slight brownish yellow color, low peroxide value (6.39±0.10 meq peroxide/kg oil), low acid value (7.69±0.06 mg KOH/g oil), and were solid at 25oC. Saponification value equaled to 190.39±0.72 mg KOH/g oil. Unsaponification matter equaled to 0.84±0.09%. Iodine value equaled to 70.10±0.70%. According to these results, mango kernel oil obtained from cold pressed extraction possesses low degree of oxidation and high unsaturation level. Moreover, it showed high efficiency of sun protection and antioxidant capacities. Our results indicate that CPE offers an efficient, safe, and cost effective method of extraction of mango kernel oil.

Keywords: mango kernel oil, cold pressed, soxhlet, extraction

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง (*Mangifera indica* L.) ที่เหมาะสมจากการพิจารณาสมบัติทางเคมีและกายภาพ โดยการสกัดด้วยวิธี Soxhlet(SE) และการสกัดแบบเย็นด้วยสกรู(CPE) จากผลการศึกษาพบว่า น้ำมันเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยวิธี CPE มีสมบัติที่ดีกว่าน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี SE ทั้งนี้น้ำมันที่ได้มีสีเหลืองออกน้ำตาล มีค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ (6.39±0.10 meq peroxide/kg oil) ค่าความเป็นกรดต่ำ (7.69±0.06 mg KOH/g oil) และเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส รวมทั้งค่าซาปอนิฟิเคชันมีค่าเท่ากับ 190.39±0.72 mg KOH/g oil ค่าสารที่ซาปอนิฟิเคชันไม่ได้มีค่าเท่ากับ 0.84±0.09% และค่าไอโอดีนมีค่าเท่ากับ 70.10±0.70% จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า น้ำมันเนื้อในเมล็ดมะม่วงที่ได้จากการสกัดแบบเย็นด้วยสกรูให้ค่าระดับการออกซิเดชันต่ำและมีระดับไม่อิ่มตัวสูง นอกจากนี้น้ำมันที่ได้ยังมีประสิทธิภาพการป้องกันแสงแดดและความสามารถในการเป็นแอนติออกซิแดนท์สูง จึงสามารถสรุปได้ว่าควรสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยวิธีสกัดแบบเย็นด้วยสกรูเนื่องจากมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และราคาถูก

คำสำคัญ: น้ำมันเนื้อในเมล็ดมะม่วง, สกัดเย็น, soxhlet, การสกัด

Introduction

Mango seed consists of about 29% shells and 68% kernel (Odunsi, 2005). The composition of mango kernel varies according to different varieties (Mirghani et al., 2009). Based on dry weight, 11% fat, 6.0% protein, 77% carbohydrate, 2.0% ash and 2.0% crude fiber is the average composition of mango kernel. Mango seed kernel is high in minerals such as sodium, potassium, phosphorus, calcium, and magnesium (Sandhu and Lim, 2008). The mango seed kernel contains 52-56% unsaturated fatty acids and 44-48% saturated fatty acids (primary stearic acid). Mango fats are a rich source of palmitic (C16:0), stearic (C18:0), oleic (C18:1) and linoleic (C18:2) acids. The stearic and oleic acids are the dominant fatty acids (Jahurul et al., 2014). The oil extraction process affects the quantity and quality of the oil obtained. Hence, the objectives of this study were to assess the effect of cold pressed extraction and solvent extraction methods on the chemical and physical properties of mango kernel oil.

Materials and methods

Materials; triplicate batches of mango seed variety Kaew were obtained from the local Thai manufacturer,

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

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

[2] คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900.

[2] Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

Chachoengsao, Thailand from April to July in 2016. The kernels were removed manually from the seeds after thawing in running water for 1 hour. 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 hexane and other chemicals were reagent grade which were purchased from Merck (Darmstadt, Germany) and Sigma Chemical Co., Ltd (St. Louis, USA).

Extraction of seed oil; dried seed of *M. indica* were ground and extracted by Soxhlet and cold pressed extraction methods. For Soxhlet extraction, hexane (1:3 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. Mango kernel oil (MKO) was stored at -20 °C in the dark.

Determination of extraction ratio; the extraction ratio (ER) was measured according to the method reported by Zaidul et al. (2007). ER is based on the amount of extracted oil relative to the total amount of oil in the sample.

Determination of physical properties; the color of MKO was measured with a Spectrophotometer (Minolta CM-3500d, Tokyo, Japan) according to Maisuthisakul and Changchub (2014). Refractive index (RI) at 25 °C was determined according to AOCS Official Methods (1990) Ca 5a-40. Melting point and viscosity were determined according to AOCS Official Methods (1990) Cc 3 – 25 and ASTM (2006) D445, respectively.

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

Determination of antioxidant properties; the total free radical-scavenging capacity of MKO or reference samples was determined by using the DPPH (Maisuthisakul and Gordon, 2009). The metal chelating activity was measured according to Islam et al (2016). The total phenolic content (TPC) of MKO was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Singleton and Rossi, 1965). The concentration of total phenolic compounds in all MKO was expressed as mg of alpha-tocopherol equivalent (ATE) per g dry weight of mango kernel oil using a linear equation.

Determination of in vitro UVB protection; the in vitro UVB protection was evaluated using the spectrophotometric method described by Marto et al (2016).

Statistical analysis; each experiment, from sample preparation to analysis, was repeated in triplicate, and the data were then analyzed by SPSS software program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results and Discussions*

Physical properties of mango kernel oil; the effects of different extraction methods on extraction ratio, viscosity, color, melting point and refractive index are shown in Table 1. The oil content of the mango kernel sample was 3.12% (db). The oil contents of the seeds of *M. indica* are comparable to the ones for Hindi-Sinnar variety. Typically, cold pressing gave yield lower than Soxhlet extraction (Filly et al., 2014).The viscosity of MKO is higher than that of corn oil (30.8 cp), soybean oil (31.8 cp), coconut oil (28.0 cp) and rapeseed oil (44.9 cp) (Eromosele and Paschal, 2003). The viscosity of MKO obtained from CPE exhibited more viscous than that that of SE which consistent to melting point (Table 1). The color of MKO is slight brownish yellowish. The oil obtained from CPE showed more darkness than that of SE (Table 1). Refractive index possesses similar value of safflower and olive oil.

Chemical properties of mango kernel oil; the cold pressed MKO gave a good quality due to low PV and AV. The Soxhlet extraction involves heat transmitted by conduction and convection hence it showed higher values of PV and AV (Ballard et al., 2010). The peroxide value is used to measure the extent of lipid oxidation, which causes rancidity, since it is a value that indicates the primary oxidation products present in the oil. Typically, PV less than 20 meq/kg is acceptable for plant oils (Let et al., 2005). These values indicated that all extracted oil samples were not rancid (Table 2). Acid value is a common parameter which measures the free fatty acids present in the oil. A high acid value (AV) obtained, AV > 20 (Let et al., 2005), denotes an advanced

state of rancidity. The results confirmed that the oil samples were not rancid after extraction (Table 2) and indicated that the oil would not require purification before use because of the low free fatty acid content of the oil. The CPE techniques gave lower value of AV, and therefore this technique extracted MKO containing low free fatty acid (FFA) content. Typically, FFA indicates hydrolysis of triglycerides in fats and oils. It is an indicator of inadequate processing.

Table 1 Effect of different extraction methods on physical property of mango kernel oil*

Properties	CPE	SE
Extraction ratio	17.63±0.40^{a}	96.15±0.11^{b}
Kinematic viscosity (40^{o}C, shear rate 110 sec^{-1}, cp)	69.2±1.2 ^{b}	60.1±1.1 ^{a}
Color		
L*	60.92±0.62^{a}	71.95±0.02^{b}
a*	7.46±0.23^{a}	7.74±0.02^{b}
b*	62.64±0.51^{a}	74.44±0.07 ^{b}
Melting point (^{o}C)	30±0.00 ^{a}	20±0.00^{b}
Refractive index (40°C) ^{ns}	1.46±0.01	1.46±0.01

* Note: Dry weight basis; Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences (P<0.05) between conditions in each column. CPE means Cold pressed extraction, SE means soxhlet extraction.

Table 2 Effect of different extraction methods on chemical property of mango kernel oil*

Properties	CPE	SE
Peroxide value (meq peroxide/kg oil)	6.39±0.10 ^{a}	8.93±0.09 ^{b}
Acid value (mg KOH/g oil)	7.69±0.06^{a}	1821.±0.08 ^{b}
Saponification value (mg KOH/g oil)	190.39±0.72 ^{b}	148.35±0.44 ^{a}
Unsaponification matter (%)	0.84±0.09 ^{a}	0.77±0.04 ^{b}
Iodine value (g of iodine/100g oil)	70.10±0.70 ^{b}	43.63±0.66 ^{a}

* Note: Dry weight basis; Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences (P<0.05) between conditions in each column. CPE means Cold pressed extraction, SE means soxhlet extraction.

The SV is an estimation of the mean molecular weight (MW) of the tri-acylglycerols. The higher the SV, the lower the mean chain length of the triglycerides is obtained. The SV of studied MKO samples ranged from 148.35–190.39 mg KOH/g oil. The oil from CPE exhibited higher value of SV. This indicated that MKO extracted by the cold pressed method gave a higher short chain triacylglycerols compared to the other methods. Unsaponification matter of MKO was ranged from 0.77 to 0.84 percent of total fat. This indicates the amount of impurities remaining after saponification (Simset al., 1972). Palm kernel oil showed USM equaled 0.32 percent of total oil (Fuentes, 2010). Normally, USM is not more than 2%. (Nithiya, 2005). The analysis showed that MKO had a low content of impurities. 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 is obtained. The oil from cold pressed extraction exhibited iodine value higher than Soxlhlet method (Table 2). This indicated that MKO extracted by the cold pressed method gave a higher unsaturated fatty acid compared to the SE method. The iodine value of less than 120 mg I2/100 g oil allows the oil to be classified as non-drying oil for use in applications such as food, plasticizer and lubricant. Antioxidant and sun protection capacities; oil temperature extraction and oil phenolic content were affected in the same way. It was as expected that higher phenolic content was obtained with CPE This is consistent with the results of antioxidant activity and $Fe2^{+}$-chelating ability (Table 3) found in this study.

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) (Wang et al., 2010). However, skin also needs to be protected against UVB radiation, which is responsible for less damage but immediately painful sun burning. Hence, several studies have been developed in order to find alternative natural oil for

cosmetics usage. Typically, cosmetic products use synthetic UV filters, which scatter the UVA and UVB radiation to some extent, in order to protect the skin against the harmful effects of the sun's rays. The method described by Marto et al., (2016) 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 erythema tous effect of radiation and the intensity of light at wavelengths from 290 to 320 nm (UVB region in the spectrum).49 In this study, MKO samples presented an SPF value ranging from 7.02 to 7.43 (Table 3) which was high comparing to other natural oil extracts (Badea et al., 2015). MKO contains high amount of unsaponification matter (Table 2) and yellow color oil (Table 1) may compose of beta-carotene which is a classical sunscreen antioxidant (Freitas et al., 2015). Therefore, the MKO can use as sun protection ingredient in cosmetics product.

Table 3 Effect of different extraction methods on antioxidant and sun protection properties of mango kernel oil*

Properties	CPE	SE
Antioxidantactivity (%inhibition at 50 ug)	62.68±2.64 ^{b}	47.18±1.23 ^{a}
Fe^{2+}-chelatingability(mg EDTAE/g db)	1.51±0.24 ^{b}	1.30±0.14 ^{a}
Total phenolic content(mM a-TOCE/g db)	5.71±0.33 ^{b}	4.72±0.19 ^{a}
Sun protection factor $(SPF)_{spectrophotometric}$	7.43±0.14^{b}	7.02±0.11^{a}

* Note: Dry weight basis; Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences (P<0.05) between conditions in each column. CPE means Cold pressed extraction, SE means soxhlet extraction.

Conclusions

Mango kernel oil from cold pressed extraction (CPE) was of higher quality than that prepared by soxhlet extraction (SE). Extraction method affected extraction ratio, viscosity, color, melting point, peroxide value (PV), acid value (AV), saponification value (SV), unsaponification matter, and iodine value (IV) including antioxidant properties and sun protection factor.

Acknowledgments

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

References

AOAC, 1995, Acid value, Saponification value, unsaponifiable matter and Iodine value of fat and oils, Wijs Method, In: Firestone, D. (Eds.), Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Fifth Edition, American Oil Chemists' Society, Champaign, Illinois, USA.

AOCS Official Method Cd 8-53, 1990, Method for measuring hydroperoxides from small-scale oil samples.

Eromosele, C.O. and Paschal, N.H. 2003, Chracterization and viscosity parameters of seed oils from wild plants, Bioresource Technology, 86(2): 203-205.

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

Fowomola, M.A., 2010, Some nutrients and antinutrients contents of mango (*Magnifera indica*) seed, African Journal of Food Science, 4(8): 472-476.

Jahurul, M. H. A., Zaidul, I.S.M., Norulaini, N.A N., Sahena, F., Abedin, M.Z., Ghafoor, K.A. and Mohd Omar, K., 2014, Characterization of crystallization and melting profiles of blends of mangoseed fat and palm oil mid-fraction as cocoa butter replacers using differential scanning calorimetry and pulse nuclear magnectic resonance, Food Research International, 55: 103-109.

Kittiphoom, S., 2012, Utilization of mango seed, International Food Research Journal, 19(4): 1325-1335.

Maisuthisakul, P. and Gordon, M.H., 2009, Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product, Food Chemistry, 117(2): 332-341.

Maisuthisakul, P. and Changchub, L., 2014, Effect of extraction on phenolic antioxidant of different Thai rice (*Oryza sativa* L.) genotypes, International Journal Food Properties, 17(4): 855-865.

ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการรักษาคุณภาพเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวย
The Effect of Packaging Materials on the Quality of BETA-Catotenes in Chrysanthemum Tea

รัตนา รุ่งศิริสกุล[1] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2]
Rungsirisakun, R.[1], and Boonyaritthongchai, P.[2]

Abstract

The aim of this study was to study the effect of packaging materials on the quality of chrysanthemum tea. Chrysanthemum tea was packaged in different packaging materials and conditions. The quality of chrysanthemum tea including % moisture content, and the content of β-carotenes were studied. The chrysanthemum tea was packaged in polyethylene bag under atmospheric air (PE), nylon bag under atmospheric air (PA), nylon bag under nitrogen condition (N-PA), and aluminum bag under atmospheric air (AL) and stored at 4°C, 25°C and 35°C. Changes in moisture content, and the content of β-carotenes were determined at 2 weeks interval for 2 months. The results showed that packaging materials and storage temperature significantly affected the quality of chrysanthemum tea. AL could maintain quality of the product significantly better than N-PA, PA and PE, respectively. Moreover, products packaged under nitrogen condition had better quality than those under atmospheric air. High temperature makes the quantity of β-carotenes in chrysanthemum tea decreases.
Keywords: chrysanthemum tea, packaging materials, quality of tea, β-carotenes

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของชาดอกเก็กฮวยในด้านของ %ความชื้น และปริมาณของเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวย โดยใช้ชนิดของบรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถุงพลาสติก polyethylene และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PE) ถุงไนล่อน และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PA) ถุงไนล่อน และบรรจุแก๊สไนโตรเจน (N-PA) และ ถุง aluminum และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (AL) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส และติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่า %ความชื้น และปริมาณของเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวย ทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 1 เดือน ผลการทดลองพบว่า วันแรกของการทดลอง ชาดอกเก็กฮวยมี %ความชื้นเริ่มต้นที่ 1.85% และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเริ่มต้นที่ 8.03 mg/100 mL บรรจุภัณฑ์และภาวะการบรรจุมีผลต่อคุณภาพชาดอกเก็กฮวย โดยเก็บในถุง Aluminum ที่อุณหภูมิ 4°C (ในสัปดาห์ที่ 4: %ความชื้นเป็น 2.47 และมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 7.63 mg/100 mL) สามารถคงคุณภาพของชาดอกเก็กฮวยได้ดีที่สุด รองลงมาคือถุงไนล่อนที่เติมแก็สไนโตรเจน (N-PA) ถุงไนล่อน (PA) และถุง PE ตามลำดับ และพบว่าการเก็บชาดอกเก็กฮวยที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาลดลง
คำสำคัญ: ชาดอกเก็กฮวย บรรจุภัณฑ์ คุณภาพของชา เบต้าแคโรทีน

คำนำ**

เก็กฮวยเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Chrysanthemum *indicum* L. (ดอกเก็กฮวยเหลือง) ดอกเก๊กฮวยนิยมใช้ชงน้ำดื่มแบบชา เนื่องจาก รสชาติและกลิ่นที่หอมของชาดอกเก็กฮวย นอกจากนี้ เก๊กฮวยยังมีสรรพคุณทางยาในการแก้ร้อนใน แก้ปวดศีรษะ แก้หวัด แก้อาการตาเจ็บ ตาบวม และโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร น้ำชาดอกเก๊กฮวยมีสีเหลือง เนื่องจากมีสารจำพวกคาโรทีนอยด์ (carotenoids) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสารเบต้าแคโรทีนเป็นสารสำคัญที่พบในผักผลไม้ที่มีสีเหลืองและสีส้ม เบต้าแคโรทีน เมื่อโดนย่อยสลายที่ตับแล้วจะได้วิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตา โดย

[1]ศูนย์บริการการศึกษาราชบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ต.รางบัว อ.จอมบึง ราชบุรี 70150
[1]Ratchaburi Education Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Chombung, Ratchaburi 70150
[2]หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[2]Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ทำให้ตามีความสามารถในการมองเห็นในที่มืดได้ดี และยังลดความเสื่อมของเซลล์ของลูกตา ลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจกด้วย

ผลิตภัณฑ์เก็กฮวยอบแห้งในไทย ยังอยู่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น หากมีการพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ให้สามารถคงคุณภาพด้านสี และสารออกฤทธิ์ สามารถเพิ่มมูลค่าในการจำหน่ายเก็กฮวยอบแห้งในรูปแบบของชาดอกเก็กฮวย นอกจากนี้ชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการคงคุณภาพของชาดอกเก็กฮวย ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ ภาวะการบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาชาดอกเก็กฮวย เพื่อศึกษาผลของการรักษาปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวยที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ โดยบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้มี 3 แบบ ได้แก่ ถุงพลาสติกพอลิเอทิลิน ซึ่งเป็นพอลิเทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) คุณสมบัติเด่นของบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้คือ มีความเหนียวและทนต่อการซึมผ่านได้ดีกว่า อีกทั้งยังทนทานต่อสารละลายต่าง ๆ ได้ดีอีกด้วย ถุงไนล่อน ผลิตจากพอลิเอไมด์ (polyamide) มีคุณสมบัติเด่นคือ แข็งแรง เหนียว ต้านทานแรงดึง และแรงฉีกขาดได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนและการเสียดสี ไม่เสียรูปทรงง่าย สามารถยืดหยุ่นได้ ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและกลิ่นต่างๆได้ดี แต่มีข้อด้อยที่ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้น้อย และถุงอลูมิเนียม มีคุณสมบัติเด่นในการป้องกันแสงแดด กลิ่น ความชื้น และการซึมผ่านของก๊าซ จึงเหมาะที่สุดสำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการการป้องกันสูง ถุงอลูมิเนียมสามารถถนอมผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในได้ยาวนาน โดยใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ยา และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาชาดอกเก็กฮวย ยังมีผลต่อค่า %ความชื้นและปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาเก็กฮวย โดยเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น ค่า %ความชื้นจะเพิ่มขึ้นและปริมาณเบต้าแคโรทีนจะลดลง โดยค่า %ความชื้น เป็นหนึ่งในคุณลักษณะของชาที่กระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงอุตสาหกรรมได้จัดทำมาตรฐานไว้ ชาที่มีคุณภาพดีไม่ควรมีความชื้นเกิน 7%ของน้ำหนัก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชาดอกเก็กฮวยในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

ชั่งชาดอกเก็กฮวยน้ำหนัก 200 กรัมต่อถุง บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลิน และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PE) ถุงไนล่อน และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PA) ถุงไนล่อน และบรรจุแก๊สไนโตรเจน (N-PA) และถุงอลูมิเนียม และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (AL) โดยเก็บตัวอย่างไว้ที่ 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 4 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียสและ 35 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ค่า %ความชื้นและปริมาณเบต้าแคโรทีนของชาเก็กฮวยที่เก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1: สภาวะและบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ถุงพลาสติกพอลิเอทิลิน และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PE) ถุงไนล่อน และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (PA) ถุงไนล่อน และบรรจุแก๊สไนโตรเจน (N-PA) การใช้แก๊สไนโตรเจนบรรจุในถุงไนล่อนเพื่อลดข้อด้อยของถุงไนล่อนที่ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้น้อย โดยแก๊สไนโตรเจน จะช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชัน เพื่อให้สามารถขยายอายุการเก็บรักษา และถุงอลูมิเนียม และบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ (AL)

ปัจจัยที่ 2: อุณหภูมิในการเก็บรักษา ได้แก่ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

โดยจัดแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiments) 4x3 ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนี้ สภาวะและบรรจุภัณฑ์ 4 แบบ และอุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 ระดับ คือ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส รวม 12 ชุดทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 บรรจุในถุง PE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 2 บรรจุในถุง PE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 3 บรรจุในถุง PE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 4 บรรจุในถุง PA เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 5 บรรจุในถุง PA เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 6 บรรจุในถุง PA เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 7 บรรจุในถุง AL เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 8 บรรจุในถุง AL เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 9 บรรจุในถุง AL เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 10 บรรจุในถุง N-PA เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 11 บรรจุในถุง N-PA เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
ชุดการทดลองที่ 12 บรรจุในถุง N-PA เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

โดยแต่ละชุดการทดลองทำการทดลองทั้งหมดสามซ้ำ และนำตัวอย่างชาเก็กฮวยมาหาค่า %ความชื้น (AOAC, 1999) โดยชาดอกเก็กฮวยมีความชื้นเริ่มต้นที่ 1.85% และปริมาณเบต้าแคโรทีน ด้วยวิธีวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ตาม

วิธีการของ Nagata และ Yamashita, 1992 โดยการวัดค่าทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลาทั้งหมด 4 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของชาดอกเก็กฮวยจาก %ความชื้น และปริมาณเบต้าแคโรทีน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง***

จากผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 25 °C ถุง AL มีความสามารถคงคุณภาพของชาดอกเก็กฮวยได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ถุง N-PA ถุง PE และถุง PA ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไป %ความชื้นของชาดอกเก็กฮวยที่บรรจุในถุง AL ในสัปดาห์ที่ 4 เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 33.51 เพิ่มขึ้นน้อยกว่า %ความชื้นของชาดอกเก็กฮวยที่บรรจุในถุง N-PA ในสัปดาห์ที่ 4 เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 64.32 ถุง PE (สัปดาห์ที่ 4 เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 128.65) และถุง PA (สัปดาห์ที่ 4 เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 129.19) ตามลำดับ (Table 1) และ ยังสามารถคงปริมาณเบต้าแคโรทีนไว้ได้ดีที่สุด (Table 2) ปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวยที่บรรจุในถุง AL ในสัปดาห์ที่ 4 ลดลงคิดเป็น ร้อยละ 8.47 ลดลงน้อยกว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวยที่บรรจุในถุง PA ในสัปดาห์ที่ 4 ลดลงคิดเป็น ร้อยละ 9.84 ถุง PE (สัปดาห์ที่ 4 ลดลงคิดเป็น ร้อยละ 16.69) และถุง N-PA ในสัปดาห์ที่ 4 ลดลงคิดเป็น ร้อยละ 23.16

เมื่อเทียบอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาชาดอกเก็กฮวยจะพบว่า อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาชาดอกเก็กฮวย มีผลต่อค่า %ความชื้นและปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาเก็กฮวย โดยเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น ค่า %ความชื้นจะเพิ่มขึ้นและปริมาณเบต้าแคโรทีนจะลดลง จากผลการทดลองจะทำการเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวยที่บรรจุในถุง AL พบว่า เมื่อเก็บรักษาชาดอกเก็กฮวยที่อุณหภูมิ 4°C ปริมาณเบต้าแคโรทีน ในสัปดาห์ที่ 4 ลดลงคิดเป็นร้อยละ 4.98 ที่อุณหภูมิ 25°C ปริมาณเบต้าแคโรทีน ลดลงคิดเป็นร้อยละ 8.47 และ ที่อุณหภูมิ 35°C ปริมาณเบต้าแคโรทีน ลดลงคิดเป็นร้อยละ 36.74 ซึ่งเมื่อเทียบกันที่อุณหภูมิ 35°C ถุง AL ก็ยังคงรักษาปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวยได้ดีที่สุด เนื่องจาก ถุงอลูมิเนียม มีคุณสมบัติเด่นในการป้องกันแสงแดด กลิ่นและความชื้น นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านถุงอลูมิเนียมได้ยาก ทำให้เมื่อใช้ถุงอลูมิเนียมเก็บชาดอกเก็กฮวย ถุงอลูมิเนียมสามารถช่วยคงปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก็กฮวยได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทอื่น ได้แก่ ถุง PE ถุง PA และ ถุง N-PA

Table 1 The analysis results of %moisture content of chrysanthemum tea packaged in different packaging materials and conditions: 4°C, 25 °C and 35 °C

Type of packaging materials	Storage temperature (°C)	%moisture content		
		Week0	Week2	Week4
PE	4	1.85	3.00	3.11
PA		1.85	2.99	3.04
AL		1.85	3.18	2.47
N-PA		1.85	3.47	2.72
PE	25	1.85	3.77	4.23
PA		1.85	3.50	4.24
AL		1.85	3.29	2.47
N-PA		1.85	3.03	3.04
PE	35	1.85	1.92	2.16
PA		1.85	2.05	2.18
AL		1.85	4.48	4.25
N-PA		1.85	3.05	2.29

Table 2 The analysis results of β-carotene content of chrysanthemum tea packaged in different packaging materials and conditions: 4°C, 25 °C and 55 °C.

Type of packaging materials	Storage temperature (°C)	β-carotene content (β) in mg/100 mL		
		Week0	Week2	Week4
PE	4	8.03	7.73	7.55
PA		8.03	7.76	7.26
AL		8.03	7.79	7.63
N-PA		8.03	6.26	6.08
PE	25	8.03	7.13	6.69
PA		8.03	7.78	7.24
AL		8.03	7.68	7.35
N-PA		8.03	6.36	6.17
PE	35	8.03	6.11	4.76
PA		8.03	6.16	4.09
AL		8.03	5.73	5.08
N-PA		8.03	7.41	7.24

สรุปผล

จากการศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ ภาวะการบรรจุ และอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาชาดอกเก๊กฮวยที่มีต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนในชาดอกเก๊กฮวย สรุปได้ว่า ในการเก็บชาดอกเก็กฮวยเพื่อให้คงคุณภาพเบต้าแคโรทีน ควรเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เป็นถุงอลูมิเนียม โดยถุงอลูมิเนียมสามารถคงคุณภาพเบต้าแคโรทีนได้ดี เมื่อเก็บชาดอกเก๊กฮวยที่อุณหภูมิห้อง 25°C หรือในช่วงที่มีอากาศร้อน อุณหภูมิในช่วง 25°C ถึง 35°C ส่วนในแง่ต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ พบว่า ถุง PE ขนาด 8x12 นิ้ว มีต้นทุนต่ำสุดเฉลี่ยใบละ 0.69 บาท ถุง PA (ถุงไนล่อน) ขนาด 8x12 นิ้ว มีต้นทุนใบละ 4 บาท และถุง AL (ถุงอลูมิเนียมแบบซีล 3 ด้าน) ขนาด 8x12 นิ้ว มีต้นทุนใบละ 1.10 บาท เมื่อเทียบราคาต้นทุนแล้วถุง AL มีต้นทุนที่ถูกกว่าถุง PA อยู่ 2.90 บาท แต่แพงกว่าถุง PE อยู่ 0.41 บาท แม้ว่า ถุง PE จะมีต้นทุนถูกที่สุด แต่ในด้านของการคงคุณภาพเบต้าแคโรทีน ถุง PE มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรเลือก ถุง AL เป็นบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุชาเก๊กฮวยทั้งในด้านของการคงคุณภาพเบต้าแคโรทีนและด้านความเหมาะสมของต้นทุนสำหรับบรรจุภัณฑ์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

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(2): 441-448.

Jun, Y., Li-Jun, H., Gang, W., Sa, W., Jin-ao, D., Guo-Yong, X., and Min-Jian, Q., 2015, Effects of drying methods on the phytochemicals contents and antioxidant properties of chrysanthemum flower heads harvested at two developmental stages, Journal of Functional Foods, 19: 786-795.

Chan, E. W. C.; Lim, Y. Y.; Chong, K. L.; Tan, J. B. L.; and Wong, S. K., 2010, Antioxidant properties of tropical and temperate herbal teas, Journal of Food Composition and Analysis, 23, (2), 185-189.

Cunniff, P. (ed.), 1999, Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Official methods of analysis of AOAC International. Washington, D.C.

Nagata, M. and Yamashita, I., 1992, Simple Method for Simultaneous Determination of Chlorophyll and Carotenoids in Tomato Fruit, Journal of the Japanese Society for Food Science Technology, 39: 925-928.

ผลของอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพิวเร่กล้วยผสมฟักทองในระหว่างการเก็บรักษา: สมการทำนายอายุการเก็บรักษา

Impact of Storage Temperatures and Packaging Conditions on Changes in Qualities of Banana-pumpkin Puree during Storage: Shelf-life Prediction Model

ศนิ จิระสถิตย์[1] วารีรัตน์ เฟื่องฟู[1] เขมจิรา พุทธรัตน์[1] และ มณฑิรา นพรัตน์[2]
Jirasatid, S.[1], Faeungfoo, W.[1], Puttarat, K.[1] and Nopharatana, M.[2]

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of storage temperatures and packaging conditions on the qualities of banana-pumpkin puree during storage. The kinetics model of changes in sensorial acceptance scores for color was developed to predict the shelf-life of product. The results showed that total viable count, and yeast and mold in all banana-pumpkin puree samples were almost constant throughout storage at temperature of 4-50°C for 10-28 days under vacuum and atmospheric conditions in packages. However, the storage temperature had influence on the color changes (*L**, *a**, *b** and total color difference-TCD*) and sensory scores for color. The changes in sensorial acceptance scores for color followed second-order reaction kinetics. According to shelf-life prediction, the banana-pumpkin puree should be stored at 4°C under atmospheric packaging in which the shelf-life of product was approximately 127 days based on the sensory attribute (color preference) criteria.

Keywords: banana-pumpkin puree, temperature, packaging condition, kinetics

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพิวเร่กล้วยผสมฟักทองในระหว่างการเก็บรักษา และพัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีเพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในพิวเร่กล้วยผสมฟักทองทุกตัวอย่างมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-50°C นาน 10-28 วัน ทั้งภายใต้สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (*L**, *a**, *b** และค่าความแตกต่างของสี-TCD*) และความชอบด้านสีของตัวอย่าง การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีของพิวเร่กล้วยผสมฟักทองทั้งสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศสามารถอธิบายได้ด้วยปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์อันดับสอง โดยตัวอย่างสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ภายใต้สภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศ ซึ่งผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 127 วัน เมื่อใช้เกณฑ์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ความชอบด้านสี) ในการประเมินอายุการเก็บรักษา

คำสำคัญ: พิวเร่กล้วยผสมฟักทอง อุณหภูมิ สภาวะการบรรจุ จลนพลศาสตร์

คำนำ

พิวเร่กล้วยผสมฟักทองเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับเด็กเล็กและผู้ที่มีภาวะกลืนลำบาก เนื่องจากง่ายต่อการกลืน อุดมไปด้วยสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แคโรทีนอยด์ในปริมาณสูง ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทั้งนี้การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารด้วยสภาวะบรรยากาศมีผลต่อการเสื่อมสลายของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะแคโรทีนอยด์ในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากการมีอยู่ของออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ โดยการลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์จะทำให้สีในอาหารจางลง และลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Gliemmo และคณะ, 2009) ซึ่งการป้องกันหรือลดอัตราการเสื่อมสลายของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศร่วมกับการเก็บ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi, 20131
[2] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
[2] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Bangmod, Thungkru, BKK 10400

รักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Provesi และคณะ, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพิวเร่กล้วยผสมฟักทอง และพัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีเพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพิวเร่กล้วยผสมฟักทอง

พิวเร่กล้วยผสมฟักทองสามารถเตรียมได้ตามวิธีของ ศนิและกุลยา (2559) ซึ่งพิวเร่จะถูกปรับให้มีค่า pH ประมาณ 4.2 ด้วยกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1.0% (w/w) จากนั้นชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ลงในบีกเกอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปิดปากบีกเกอร์ด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อน (Model 11DT-1, Heto, Denmark) ที่อุณหภูมิ 72°C นาน 15 วินาที บรรจุพิวเร่ขณะร้อนปริมาณ 100 กรัม ลงถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง และทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในอ่างน้ำแข็ง ตัวอย่างจะถูกบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศโดยปิดผนึกปากถุงด้วยเครื่องซีลมือกด และบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ (UV-420T, Pascal Intertech, Thailand)

ศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพิวเร่กล้วยผสมฟักทองในระหว่างการเก็บรักษา

เก็บรักษาพิวเร่กล้วยผสมฟักทองที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 50°C นาน 28, 21และ 10 วัน ตามลำดับ ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศและแบบสุญญากาศ สุ่มตัวอย่าง (ที่อุณหภูมิ 4 และ 30°C สุ่มตัวอย่างทุกๆ 7 วัน และที่อุณหภูมิ 50°C สุ่มตัวอย่างทุกๆ 5 วัน) เพื่อวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minican XP Plus, Hunter Associates Laboratory, USA) (ศนิและกุลยา, 2559) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (Yousef และ Carlstrom, 2003) และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสความชอบด้านสีด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน (Dermesonluoglu และคณะ, 2015) ทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ

พัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีของพิวเร่กล้วยผสมฟักทองในระหว่างการเก็บรักษา และทำนายอายุการเก็บรักษาด้วย shelf-life model

อัตราการลดลงของคะแนนความชอบด้านสีของพิวเร่กล้วยผสมฟักทองสามารถเขียนได้ตามสมการที่ (1)

$$\frac{dC}{dt} = -kc^n \qquad (1)$$

เมื่อ C คือ คะแนนความชอบด้านสี ที่เวลาใดๆ, t คือ เวลา (วัน), k คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา และ n คือ อันดับของปฏิกิริยา (Jirasatid และคณะ, 2013)

วิเคราะห์ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) ด้วยปฏิกิริยาอันดับศูนย์ อันดับหนึ่ง และอันดับสองตามลำดับ โดยแก้สมการ differential equation ด้วย numerical integration อันดับของปฏิกิริยาที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ (R^2) จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาตามสมการ Arrhenius (สมการที่ 2)

$$k = k_0 exp\left[-\frac{E_a}{RT}\right] \qquad (2)$$

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) (Jirasatid และคณะ, 2013; Dermesonluoglu, 2015)

ทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ด้วย shelf-life model ตามปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์อันดับสอง (สมการที่ 3)

$$t_{SL} = \frac{\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_0}}{k_0 \exp\left[-\frac{E_a}{RT}\right]} \qquad (3)$$

เมื่อ t_{SL} คือ อายุการเก็บรักษา (วัน), S_0 คือ คะแนนด้านความชอบด้านสีเริ่มต้น และ S_1 คือ คะแนนด้านความชอบต่ำสุดในการยอมรับผลิตภัณฑ์เท่ากับ 5 (Dermesonluoglu และคณะ, 2015)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

พิวเร่กล้วยผสมฟักทองทุกตัวอย่างมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 50°C (นาน 10-28 วัน) ตัวอย่างที่บรรจุแบบสภาวะสุญญากาศมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดแปรผันอยู่ระหว่าง 1.0×10^2-1.55×10^2, 1.0×10^2-2.32×10^2 และ 7.5×10-1.0×10^2 cfu/g ตามลำดับ และตัวอย่างที่บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดแปรผันอยู่ระหว่าง 1.75×10-5.5×10, 2.30×10-9.0×10 และ <10-1.75×10 cfu/g ตามลำดับ นอกจากนี้พิวเร่กล้วยผสมฟักทองทุกตัวอย่างมีจำนวนยีสต์และรา น้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งแสดงให้เห็นว่า พิวเร่กล้วยผสมฟักทองทุกตัวอย่างมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ตามเกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 (2556) เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 cfu/g และยีสต์และราไม่เกิน 100 cfu/g

อุณหภูมิการเก็บรักษามีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี (*L**, *a**, *b**) รวมทั้งค่าความแตกต่างของสี (TCD*) ของตัวอย่าง โดยพิวเร่กล้วยผสมฟักทองมีค่าความสว่าง (*L**) และความเป็นสีเหลือง (+*b**) ลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (+*a**) ของตัวอย่างภายใต้การเก็บรักษาที่ 50°C เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และตัวอย่างมีค่า TCD* เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาสูงขึ้น โดยเฉพาะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (50°C) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างมีความคงตัวของสีเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4 °C) โดยตัวอย่างมีค่า TCD* เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจาก 0 ถึง 7.53 และ 3.28 ภายใต้สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศ ตามลำดับ นอกจากนี้การบรรจุแบบสุญญากาศ (ที่ 21 วัน TCD*=18.45) สามารถรักษาสีของตัวอย่างได้ดีกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศ (ที่ 21 วัน TCD*=23.46) ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 °C

พิวเร่กล้วยผสมฟักทองมีคะแนนความชอบด้านสีลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1) โดยอุณหภูมิมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ความชอบด้านสี) ของพิวเร่กล้วยผสมฟักทอง โดยเฉพาะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 50°C เนื่องจากพิวเร่กล้วยผสมฟักทองมีสีคล้ำเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าว ทั้งนี้ตัวอย่างมีคะแนนความชอบด้านสีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 28 วัน ทั้งสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศ โดยมีคะแนนความชอบด้านสีแปรผันอยู่ระหว่าง 6.2-6.5 และ 6.3-6.7 ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า TCD* ของตัวอย่าง

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างมีการเสื่อมคุณภาพด้านสีอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นจึงใช้คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ความชอบด้านสี) เป็นเกณฑ์ในการประเมินอายุในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

จากการพัฒนาจลนพลศาสตร์การเสื่อมคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ความชอบด้านสี) ของพิวเร่กล้วยผสมฟักทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-50°C ทั้งสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศ สามารถอธิบายได้ด้วยปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์อันดับสอง (Figure 1) โดยมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.740-0.996 ซึ่งสูงกว่าปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ (R^2=0.728-0.956) และอันดับหนึ่ง (R^2=0.731-0.984) ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (*k*) ของการเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น (Table 1) แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างมีความคงตัวของสีมากกว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาสำหรับการเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีของตัวอย่างทั้งสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการ Arrhenius (R^2 = 0.913 และ 0.992 ตามลำดับ) โดยค่าพลังงานกระตุ้นของการเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีของตัวอย่างภายใต้การบรรจุแบบบรรยากาศมีค่าสูงกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ (Table 1) แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงความชอบด้านสีของตัวอย่างภายใต้การบรรจุแบบบรรยากาศไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการเก็บรักษามากกว่า (Jirasatid และคณะ, 2013)

จากการทำนายอายุการเก็บรักษาของพิวเร่กล้วยผสมฟักทองด้วย shelf-life model โดยใช้เกณฑ์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ความชอบด้านสี) ในการประเมินอายุการเก็บรักษา พบว่า ที่อุณหภูมิ 4°C ภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศ ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 135 และ 127 วัน ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 30°C ภายใต้การบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศ ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเพียง 9 และ 7 วัน ตามลำดับ ผลการทดลองแนะนำได้ว่า ตัวอย่างสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ภายใต้สภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศ เนื่องจากตัวอย่างที่บรรจุแบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษามากกว่าการบรรจุแบบบรรยากาศเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ควรพิจารณาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ร่วมด้วย เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

สรุปผล

พิวเร่กล้วยผสมฟักทองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-50°C นาน 10-28 วัน ทั้งภายใต้สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (*L**, *a**, *b** และ TCD*) และความชอบด้านสีของตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยตัวอย่างมีความคงตัวของสีภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ทั้งการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบบรรยากาศ และจากการคำนวณอายุการเก็บรักษาด้วยสมการ shelf-life model พบว่าพิวเร่กล้วยผสมฟักทองสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ภายใต้สภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศ โดยผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 127 วัน เมื่อใช้เกณฑ์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ความชอบด้านสี) ในการประเมินอายุการเก็บรักษา

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 33/2559

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข, 2556, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130 ตอนพิเศษ 87 ง, หน้า 88

ศนิ จิระสถิตย์ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2559, จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของสีในกล้วยผสมฟักทองพิวเร่ระหว่างการให้ความร้อน, ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 47 (2) (พิเศษ), หน้า 561-564.

Dermesonluoglu, E., Katsaros, G., Tsevdou, M., Giannakourou, M. and Taoukis, 2015, Kinetic study of quality indices and shelf life modeling of frozen spinach under dynamic conditions of the cold chain, Journal of Food Engineering, 148: 13-23.

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.

Jirasatid, S., Nopharatana, M., Kitsubun, P. and Tongta, A., 2013, Degradation kinetics of monacolin K in red yeast rice powder using multiresponse modeling approach, Journal of Food Engineering, 116:436-443.

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.

Yousef, A.E. and Carlstrom, C., 2003, Food microbiology: A laboratory manual. John Wiley and Sons, Inc., New Jersey, pp. 27-50.

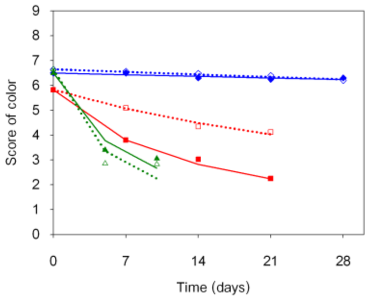


Figure1 Fit of the second-order kinetics models to the experimental data for the deterioration of sensorial acceptance scores for color in banana-pumpkin purees during storage at 4-50°C. 40°C (♦), 30°C (■) and 50°C (▲). Simulation data and experimental data are lines and symbols, respectively.

Table 1 Second-order reaction rate constants (*k*) for the deterioration of sensorial acceptance scores for color during storage of banana-pumpkin purees at the different temperatures and packaging conditions.

Temperature (°C)	packaging condition							
	vacuum				atmospheric			
	k (คะแนน$^{-1}$·วัน$^{-1}$)	R^2	E_a (J/mol)	k_0 (คะแนน$^{-1}$·วัน$^{-1}$)	k (คะแนน$^{-1}$·วัน$^{-1}$)	R^2	E_a (J/mol)	k_0 (คะแนน$^{-1}$·วัน$^{-1}$)
4	3.48×10^{-4}	0.947	7.11×10^{4}	7.95×10^{9}	2.28×10^{-4}	0.740	7.68×10^{4}	9.74×10^{10}
30	0.0036	0.983			0.0130	0.996		
50	0.0294	0.943			0.0221	0.963		

การพัฒนาแยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน

Development of Low Calorie Cape Gooseberry *Physalis Peruviana* L. Jam for Diabetes Mellitus

รัชนี ไสยประจง[1] สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] และ วิจิตรา บำรุงนอก[1]

Saiprajong, R.[1], Pinitglang, S.[1] and Bomrungnok, W.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the sweetener stevia as an alternative to sugar in low calorie Cape Gooseberry (*Physalis Peruviana* L.) jam for diabetic patients. The 3 formulate of Cape Gooseberry Jam were control, reduced sugar 50 and 75% used stevia extract at 200, 250 and 300 ppm and 100 150 and 200 ppm respectively. The best formulas were selected by sensory evaluation using 9-Point Hedonic scale. Cape Gooseberry Jam was analyzed for antioxidant activities (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl Free Radical (DPPH), color (L*, a* and b*) and chemical composition. The Cape Goose Berry Jam reduced sugar 75 % resulted in low color values (L* and b*) compared to the control, and had antioxidant activity (DPPH) 66.41±0.84 %, energy was 265.34 Kcal/100g, fat and carbohydrate were 0.10 and 65.72 g/100 g respectively.

Keywords: Cape Gooseberry Jam, stevioside, low calorie

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน โดยใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลทำการศึกษาโดยพัฒนาแยม 3 สูตร คือ สูตรควบคุม สูตรลดน้ำตาลร้อยละ 50 ใช้สารสกัดหญ้าหวาน 100 150 และ 200 ppm และสูตรลดน้ำตาลลงร้อยละ 75 ใช้สารสกัดหญ้าหวาน 200 250 และ 300 ppm ทำการคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale นำแยมสูตรที่คัดเลือกได้ มาวัดค่าสี (L* a* b*) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และศึกษาองค์ประกอบทางเคมี จากการศึกษาพบว่า แยมเคพกูสเบอรี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 75 และใช้สารสกัดหญ้าหวานที่ 250 ppm ได้คะแนนเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรอื่น ๆ ($P<0.05$) เมื่อนำมาวัดค่าสีพบว่า ค่าความสว่าง(L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ต่ำกว่าสูตรควบคุม และมีค่าสารต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 66.41±0.84 มีค่าพลังงานอยู่ที่ 265.34 Kcal/100 กรัม ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 0.10 และ 65.72กรัม/100 กรัม ลำดับ

คำสำคัญ: แยมเคพกูสเบอรี่ สตีวีโอไซด์ พลังงานงานต่ำ

บทนำ

เคพกูสเบอร์รี่(Cape Goodsbery) อยู่ในจีนัส (Genus) Physalis และในตระกูล (Family) Solanaceae พวกตระกูลเดียวกับพริก มะเขือ มะเขือเทศ มันฝรั่ง ยาสูบ พิทูเนีย บางครั้งเรียก Strawberry tomato, Husk tomato และ Ground Cherry มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้แถบประเทศเปรู ชิลี จึงมีชื่อวิทยาศาสตร์ตามภูมิศาสตร์กำเนิดว่า *Physalis Peruviana* L. คนไทยเรียกว่า “โทงเทงฝรั่ง” ในต่างประเทศนิยมนำผลสุกสีเหลืองส้มที่ต้มแล้วใส่ในพาย พุดดิ้ง ไอศกรีม และแปรรูปเป็นแยมหรือเยลลี่ (พีรศักดิ์ และคณะ 2544) มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว ปัจจุบันมีการพัฒนานำกลิ่นและน้ำมันจากผลสุกมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร(Ramadan และ Morsel, 2003) สำหรับในประเทศไทยมีการแปรรูปเป็นนำคั้นบรรจุขวดออกมาจำหน่ายของมูลนิธิโครงการหลวง นอกจากจะรับประทานผลสดแล้ว อาจนำมาใส่สลัดบริโภคร่วมกับผักชนิดอื่นๆ ให้รสชาติหวานอมเปรี้ยว ประกอบไปด้วยวิตามินซี วิตามินเอ และวิตามินอี รวมทั้งแคโรทีนอยด์ และสารต่างๆ ที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ(Pluentea และคณะ 2011)

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาแยมเคพกูสเบอร์รี่ที่มีการเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ โดยใช้สารสกัดจากหญ้าหวาน (Stevie Rebaudiana Bertoni) โดยสารสกัดหญ้าหวานจะมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 200-300 เท่า มีความทนทานต่อความร้อน ทนต่อค่า pH และไม่เกิดปฏิกิริยาการหมัก(Fermentation) นอกจากนี้เมื่อบริโภคเข้า

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

[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of The Thai Chamber of Commerce, 126/1 Dindaeng, Bangkok 10400

ร่างกายแล้ว จะไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น จึงเป็นสารให้ความหวานที่สำคัญในการใช้ทดแทนน้ำตาลทราย ในอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ควบคุมน้ำหนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของแยมเคพกูสเบอร์รี่ โดยใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลในปริมาณต่าง ๆ เพื่อคัดเลือกปริมาณสารสกัดหญ้าหวานในแยมเคพกูสเบอร์รี่ที่เหมาะสม

ระเบียบวิธีวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำ

ทำการพัฒนาแยมโดยการแปรปริมาณน้ำตาล สารทดแทนความหวาน น้ำตาลและเพคตินที่เหมาะสม โดยพัฒนาแยม 3 สูตร คือ สูตรควบคุม สูตรลดน้ำตาลร้อยละ 50 ใช้สารสกัดหญ้าหวาน 100 150 และ 200 ppm และสูตรลดน้ำตาลลงร้อยละ 75 ใช้สารสกัดหญ้าหวาน 200 250 และ 300 ppm ทำการคัดเลือกโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบที่สุด 5= เฉย ๆ 9= ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน จะได้สูตรแยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำ จากนั้นนำไปศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสี L* a* และ b* โดยเครื่อง Hunter color difference meter รุ่น Miniscan EZ วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ โดยใช้เครื่อง refractometer หน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) ยี่ห้อ ATAGO N-2E ช่วง 0-32 °Brix

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วัดความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่องวัด pH รุ่น HI 2211 pH/ORP Meter ปริมาณกรดทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีของ Dubois et al. (1956)

การวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระ

โดยวิธี ABTS Radical Scavenging Capacity Assay โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร (Floegela et al., 2011) ทดลอง 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ไขมัน ความชื้น โปรตีน ปริมาณโซเดียม ตามวิธี (AOAC, 2016) คาร์โบไฮเดรต ปริมาณแคลอรี่ และปริมาณแคลอรี่จากไขมัน (In-house method TE-CH-169) ทดลอง 3 ซ้ำ

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale Test ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน การทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมของผู้บริโภค และการยอมรับผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ใช้โปรแกรม SPSS version 10.0 (SPSS Inc., Chicago. III., USA) เปรียบเทียบความแตกต่างโดย Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

การคัดเลือกสูตรแยมเคพกูสเบอร์รี่ที่เหมาะสม

จากการพัฒนาสูตรแยมเคพกูสเบอร์รี่โดยการแปรปริมาณน้ำตาล สารทดแทนความหวานและเพคติน ทำการคัดเลือกโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบที่สุด 5= เฉย ๆ 9= ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน พบว่าจะได้แยม 2 สูตรคือ สูตรลดปริมาณน้ำตาลร้อยละ 50 และ 75 ที่ปริมาณสารทดแทนความหวานแตกต่างกัน (Table 1) จากนั้นนำแยมทั้ง 2 สูตรมาศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส เทียบกับสูตรควบคุม

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของแยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำ

จากการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างแยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำ พบว่า สูตรควบคุมจะมีค่าความสว่าง(L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง(b*) มากกว่าสูตรร้อยละ 50 และร้อยละ 75 โดยแยมจะมีสีค่อนไปทางสีแดงและเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากการลดปริมาณน้ำตาลลงจะทำให้ใช้เวลาในการเคี่ยวแยมนานขึ้นจึงทำให้เกิดปฏิกิริยา caramelization จึงทำให้แยมมีสีเข้มขึ้น โดยเปรียบเทียบกันในแต่ละสูตร โดยทำการศึกษาการวัดค่าสีของเนื้อแยม ดังแสดงใน Table 2

Table 1 Cape gooseberry jam

Treament	Ingredient (g)			Stevia Extract (g)				
	Cape Gooseberry	sugar	pectin	100	150	200	250	300
control	200	60	2.5		-	-	-	-
Reduced sugar 50%	200	30	1.5	0.02	0.03	0.04	-	-
Reduced sugar 75%	200	15	2.2		-	0.08	0.1	0.12

Table 2 L* a* and b* of low calorie cape gooseberry *Physalis peruviana* L. jam

Treatment	L*	a*	b*	h	C*	ΔE*
control	27.50^{a}	10.36^{a}	40.72^{a}	8.55^{b}	42.01^{a}	3.26^{c}
Reduced sugar 50%	15.80^{b}	8.14^{a}	21.41^{b}	10.72^{b}	22.90^{b}	22.68^{b}
Reduced sugar 75%	20.38^{b}	5.19^{b}	14.95^{c}	16.60^{a}	15.82^{c}	27.23^{a}

a,b,c Means of the same column with different superscripts indicate significant difference (P<0.05).

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ.2543 เรื่องแยม เยลลี่และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ได้กำหนดมาตรฐานไว้ว่าให้มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ 2.8-3.5 โดยผลิตภัณฑ์แยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำจะมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ระห่าง 3.65-3.78 และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้จะอยู่ 65°Brix ซึ่งเป็นไปตามที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดไว้ (Table 3)

Table 3 Chemical properties of low calorie cape gooseberry *Physalis peruviana* L. jam.

Treatment	Acidity (%)	Total sugar (µg/mL)	ค่า pH	total soluble solids (°Brix)	ABTS (% Inhibition)
control	0.37^{b}	$2,256,097.56^{a}$	3.72^{a}	65^{a}	58.61^{b}±0.47
Reduced sugar 50%	0.38^{b}	$1,100,000^{b}$	3.78^{a}	65^{a}	57.09^{c}±0.82
Reduced sugar 75%	0.44^{a}	$553,658.53^{c}$	3.65^{a}	55^{b}	66.41^{a}±0.84

a, b Means of the same column with different superscripts indicate significant difference (P<0.05).

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด พบว่า สูตรลดน้ำตาลร้อยละ 75 จะมีปริมาณกรดมากกว่าสูตรอื่น ๆ เนื่องจากเนื้อผลไม้เคพกูสเบอรี่จะมีกรด citric acid อยู่ด้วย และสูตรที่มีกรดมากที่สุดจะมีปริมาณน้ำตาลน้อยที่สุดทำให้แยมสูตรลดน้ำตาลร้อยละ 75 จะมีปริมาณกรดมากที่สุด เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในแยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำพบว่า สูตรลดน้ำตาลร้อยละ 75 จะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากได้ทำการลดปริมาณน้ำตาลลงจากสูตรควบคุมจึงทำให้ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าต่ำลงด้วย จากการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของแยมเคพกูสเบอรี่โดยวิธี ABTS Radical Scavenging Capacity Assay พบว่า สูตรลดน้ำตาลร้อยละ 75 จะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ดังแสดงใน Table 3

จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบที่สุด 5= เฉย ๆ 9= ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบ 30 คนจากการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale พบว่าสูตรที่ลดน้ำตาลร้อยละ 75 จะให้คะแนนความชอบโดยรวมและลักษณะปรากฏสูงที่สุดจึงคัดเลือกไปทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีต่อไป (Table 4)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำ

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแยมเคพกูสเบอรรี่พลังงานต่ำสูตรลดน้ำตาลร้อยละ 75 พบว่า ปริมาณไขมันจะมี 0.10 กรัม/100 กรัม ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะอยู่ที่ 65.72 กรัม/100 กรัม และปริมาณแคลอรี่จะอยู่ที่ 265.34 Kcal/100 กรัม (Table 5) ซึ่งจะมีค่าพลังงานต่ำกว่าแยมชนิดอื่นในท้องตลาด

Table 4 Sensory evaluation of low calorie cape gooseberry *Physalis peruviana* L. jam.

Treatment	Appearance	color^{ns}	odor^{ns}	flavor^{ns}	Texure	Overall liking
control	6.07^{a}	7.14	6.55	6.45	6.03^{b}	6.17^{b}
Reduced sugar 50%	6.55^{ab}	7.00	6.81	6.61	7.06^{a}	6.71^{ab}
Reduced sugar 75%	7.10^{b}	7.03	6.87	6.90	7.17^{a}	7.13^{a}

a, b, c Means of the same column with different superscripts indicate significant difference (P<0.05).
ns Means of the same low with different superscripts indicate significant difference (P<0.05).

Table 5 The proximate composition of cape gooseberry jam reduce sugar 75 % (% wet basis)

Chemical quality	test result	unit
Ash	0.29	g/100g
Calories	265.34	Kcal/100g
Calories from Fat	0.90	Kcal/100g
Carbohydrate	65.72	g/100g
Fat	0.10	g/100g
Moisture	33.50	g/100g
Protein (%N x 6.25)	0.39	g/100g

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า แยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำที่ลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 75 และใช้สารสกัดหญ้าหวานที่ 250 ppm ได้คะแนนเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรอื่น ๆ (P<0.05) เมื่อนำมาวัดค่าสีพบว่า ค่าความสว่าง(L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ต่ำกว่าสูตรควบคุม และมีค่าสารต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 66.41±0.84 ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 0.10 และ 65.72กรัม/100 กรัม มีค่าพลังงานอยู่ที่ 265.34 Kcal/100 กรัม ซึ่งค่าพลังงานของแยมเคพกูสเบอร์รี่พลังงานต่ำจะมีค่าพลังงานต่ำกว่าแยมสูตรปกติทั่วไปที่ขายในท้องตลาด ดังนั้นแยมเคพกูสเบอร์รี่พลังงานต่ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ต้องการปริมาณน้ำตาลปริมาณน้อยและต้องการควบคุมน้ำหนัก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางสาวสุรีภรณ์ ทิพย์ราช และนางสาวจณิสดา สมเขียว ที่ช่วยในงานทดลอง และขอขอบคุณสาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่สนับสนุนอุปกรณ์ ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พีรศักดิ์ วรสุทโรสถ, สุนทร ดุริยะประพันธ์, ทักษิณ อาชวาคม, สายันต์ ตันพานิช, ชลธิชา นิวาสประกฤติ, ปรียานันท์ ศรสูงเนิน. ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 2 ไม้ผลและไม้ผลเคี้ยวมัน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์; 2544:573 หน้า.

AOAC 2016. Official Methods of Analysis, Arlington, VA; Association of Official Analytical Chemists.

AOAC 2000. Official Methods of Analysis, Arlington, VA; Association of Official Analytical Chemists.

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

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.

Puentea, L.A., Pinto-Muoza, C.A., Castroa, E.S., and Cortésb, M., 2011, *Physalis peruviana* Linnaeus the multiple properties of a highly functional fruit: A review, Food Research International, 44(7): 1733-1740.

Ramadan, M.F., and Mörsel, J.T., 2003, Oil goldenberry (*Physalis peruviana* L.), Journal of Agricultural Food Chemistry, 51(4):969-974.

ผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายเกลียวทอง
Effect of Transglutaminase on Quality of Non-fried Instant Noodle Fortified with Spirulina

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] อารีรัตน์ ทองสุทธิ[1] พรอนงค์ ตันติวรัตนถิกุล และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]
Limroongreungrat, K.[1], Tongsutti, A.[1], Tantiwarattantikul, P. [1], and Suksomboon, A.[1]

Abstract

The objective of this research was to investigate the effect of transglutaminase addition to improve quality of non-fried instant noodle fortified with spirulina. Transglutaminase at the levels of 0, 0.1, 0.3 and 0.5% (flour basis) was added in noodle formulation. Results indicated that firmness and tensile strength of noodles increased as the levels of transglutaminase increased, but cooking loss and adhesiveness decrease ($p \leq 0.05$). However, transglutaminase levels did not affected cooking time and cooking yield. Microstructure of uncooked noodle was examined by using scanning electron microscope (SEM). SEM micrograph revealed more continuous and compact structure of noodle with the higher levels of transglutaminase. Sensory scores in all attributes of the noodle with 0.3% and 0.5% transglutaminase were not significantly different ($p > 0.05$) and received the highest overall liking score.

Keywords: transglutaminase, spirulina, non-fried instant noodle, noodle quality

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายเกลียวทอง โดยแปรปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เติมในสูตรบะหมี่เสริมสาหร่ายเกลียวทองเป็นร้อยละ 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 (โดยน้ำหนักแป้ง) ผลการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น ค่าความแน่นเนื้อ และค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มและค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสไม่มีผลต่อเวลาที่เหมาะสมในการต้มและน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม จากการตรวจสอบโครงสร้างระดับจุลภาคของบะหมี่ที่ไม่ผ่านการต้มโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดพบว่าภาพที่ได้แสดงถึงโครงสร้างของบะหมี่ที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้นมีความต่อเนื่องและจับกันแน่นมากขึ้น โดยบะหมี่ที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.3 และ 0.5 ได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

คำสำคัญ: เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส สาหร่ายเกลียวทอง บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด คุณภาพของบะหมี่

คำนำ

สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของโปรตีน แร่ธาตุ และสารพฤกษเคมี เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ เป็นต้น (Kadam และ Prabhasankar, 2010) จึงนิยมนำมาเติมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพหลายชนิด โดยกุลยา และ อโนชา (2557) ได้ศึกษาผลของปริมาณสาหร่ายเกลียวทองต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด พบว่าเมื่อปริมาณของสาหร่ายเกลียวทองผงเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-2) มีผลทำให้ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าความแน่นเนื้อของบะหมี่ต้มสุกเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง โดยสามารถเติมสาหร่ายเกลียวทองผงในสูตรบะหมี่ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 1.5 (โดยน้ำหนักแป้งสาลี) อย่างไรก็ตามการเติมสาหร่ายเกลียวทองมีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์บะหมี่ที่ได้ยังมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยเท่านั้น โดยเฉพาะในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของบะหมี่และเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ การใช้สารปรับปรุงคุณภาพ เช่น ไฮโดรคอลลอยด์ และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเส้น โดยมีรายงานว่าการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของบะหมี่ได้ (กุลยา และคณะ, 2554) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์

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

ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพด้านการหุงต้ม ลักษณะเนื้อสัมผัส โครงสร้างระดับจุลภาค และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายเกลียวทองผง

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายเกลียวทองผงร้อยละ 1.5 โดยใช้สูตรและวิธีทำตามวิธีของกุลยาและอโนชา (2557) โดยแปรปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเป็นร้อยละ 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 (โดยน้ำหนักแป้ง) นำบะหมี่ที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม (Cooking quality) ตามวิธี AACC (2000) ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มพาสต้าให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) วัดค่าสีโดยนำพาสต้าอบแห้งและพาสต้าต้มสุกมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus, USA) รายงานเป็นค่า L* a* และ b* วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA-XT Plus, USA) ตามวิธีของกุลยาและอโนชา (2557) รายงานเป็นค่าความต้านทานต่อการดึงขาด (Tensile strength) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (Adhesiveness) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์โครงสร้างของเส้นบะหมี่โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (LEO, 1450 VP, UK) และนำบะหมี่ต้มสุกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้มของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดที่เสริมสาหร่ายเกลียวทองผง พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-0.5 โดยน้ำหนักแป้ง) ทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลงจากร้อยละ 8.64 เป็นร้อยละ 7.35 (Table 1, $p \leq 0.05$) โดยบะหมี่เสริมสาหร่ายเกลียวทองผงที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำที่สุด อาจเนื่องจากเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำหน้าที่ในการเชื่อมสายโปรตีนระหว่างกรดอะมิโนกลูตามีนและไลซีน โดยทำให้เกิดการเชื่อมประสานของโปรตีนโดยพันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรงทั้งในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุลของสายโปรตีน ทำให้เกิดโปรตีนสายยาวเป็นร่างแหที่แน่นขึ้น (Autio และคณะ, 2005) โดยโปรตีนกลูเตนของแป้งสาลีซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่นำมาใช้ทำบะหมี่ประกอบด้วยกรดอะมิโนกลูตามีนและไลซีนซึ่งกรดอะมิโนทั้งสองชนิดเป็นสารตั้งต้นในการทำงานของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ทำให้เกิดการเชื่อมสายโปรตีนและเกิดเป็นพันธะ ε- (γ- glutamyl) lysine (Bellido และ Hatcher, 2011) โครงสร้างกลูเตนที่แข็งแรงสามารถห่อหุ้มเม็ดแป้งไว้ได้ในระหว่างการต้มทำให้เม็ดแป้งหลุดออกมาได้น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Basman และคณะ (2006) ที่พบว่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้มสปาเก็ตตี้เสริมรำข้าวมีค่าลดลงเมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-0.4 โดยน้ำหนักแป้ง) เนื่องจากรำข้าวมีปริมาณของกรดอะมิโนกลูตามีนและกรดอะมิโนไลซีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการทำงานของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในการเชื่อมสายโปรตีนเกิดเป็นโครงสร้างโปรตีนที่แข็งแรง อย่างไรก็ตามการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทุกระดับไม่มีผลต่อเวลาในการต้มสุกและน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม โดยบะหมี่ทุกตัวอย่างใช้เวลาในการต้มสุก 4.0 นาที และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 254.98-263.10

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่สุก พบว่าเมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความต้านทานต่อการดึงขาดและความแน่นเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การยึดเกาะที่ผิวหน้ามีค่าลดลง (Table 1, $p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องรายงานของกุลยาและอโนชา (2554) ที่ศึกษาผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของบะหมี่เสริมใบมะรุมผง พบว่า ค่าความต้านทานต่อการดึงขาด และค่าความแน่นเนื้อของบะหมี่ต้มสุกเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-0.3 โดยน้ำหนักแป้ง) และโครงสร้างของกลูเตนที่แข็งแรงนี้ทำให้สตาร์ชที่ผิวหน้าหลุดออกมาน้อยลงค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าจึงลดลง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้มของบะหมี่เสริมสาหร่ายเกลียวทองผงที่พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคของบะหมี่เสริมสาหร่ายเกลียวทองผงที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0-0.5 แบบตัดขวาง พบว่าการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้โครงสร้างของโปรตีนจับตัวกันอย่างหนาแน่น

มากขึ้นและมีรูพรุนน้อยลง (Figure 1) เนื่องจากการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสช่วยทำให้โครงสร้างของโปรตีนแข็งแรงขึ้น (Alami และ Leelarathi, 2008) และห่อหุ้มเม็ดสตาร์ชเอาไว้ภายในโครงสร้าง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ต้มสุก พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณเพิ่มขึ้น บะหมี่ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น (Figure 2) โดยมีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 6.90–7.47 และคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.60–7.30 แต่คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสไม่มีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของบะหมี่ โดยบะหมี่เสริมสาหร่ายเกลียวทองผงที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.3 และ 0.5 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและความแน่นเนื้อสูงสุด นอกจากนี้ยังมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำที่สุด ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องการของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

สรุปผล

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีผลต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดที่เสริมสาหร่ายเกลียวทองผง โดยเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่เพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มและค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง ($p\leq0.05$) ผลการศึกษาโครงสร้างของบะหมี่ที่ไม่ผ่านการต้มพบว่าบะหมี่มีโครงสร้างที่ต่อเนื่องและจับกันแน่นมากขึ้นเมื่อปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสไม่มีผลต่อเวลาที่เหมาะสมในการต้มและน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม โดยบะหมี่ที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส ร้อยละ 0.3 และ 0.5 ได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2554, ผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพ ของบะหมี่เสริมใบมะรุมผง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42, 2(พิเศษ): 497-500.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2557, คุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมสาหร่ายเกลียวทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45, 2(พิเศษ): 545-548.

AACC, 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (10th ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.

Alami, M. and Leelarathi, K., 2008, Effect of microbial transglutaminase on spaghetti quality, Journal of Food Science, 73, 306-310.

Autio, K., Kruus, K., Knnapila, A., Gerber, N., Flander, L., and Buchert, J., 2005, Kinetics of transglutaminase-induced cross-linking of wheat proteins in dough, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1039-1045.

Basman, A., Kosel, H., and Atil, A., 2006, Effects of increasing levels of transglutaminase on cooking quality of bran supplemented spaghetti, European Food Research and Technology, 223: 547-822.

Bellido, G.G. and Hatcher, D.W., 2011, Effect of a cross-linking enzyme on the protein composition, mechanical properties, and microstructure of Chinese-style noodles, Food Chemistry, 125: 813-822.

Kadam, S.U. and Prabhasankar, P., 2010, Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products, Food Research International, 43: 1975-1980.

Table 1 Effect of transglutaminase on cooking quality and texture of non-fried instant noodles fortified with spirulina

Transglutaminase (%)	Cooking loss (%)	Firmness (g force)	Tensile strength (g force)	Adhesiveness (g force.s)
0	$8.64^{a} \pm 0.08$	$132.12^{c} \pm 3.89$	$9.99^{c} \pm 0.20$	$166.40^{a} \pm 1.61$
0.1	$8.48^{ab} \pm 0.18$	$134.94^{b} \pm 1.26$	$11.14^{b} \pm 0.55$	$162.27^{ab} \pm 1.65$
0.3	$7.80^{bc} \pm 0.46$	$157.56^{a} \pm 0.33$	$12.95^{a} \pm 0.82$	$158.30^{b} \pm 0.56$
0.5	$7.35^{c} \pm 0.60$	$161.41^{a} \pm 0.96$	$12.51^{a} \pm 0.41$	$149.80^{c} \pm 0.82$

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different (p ≤0.05).

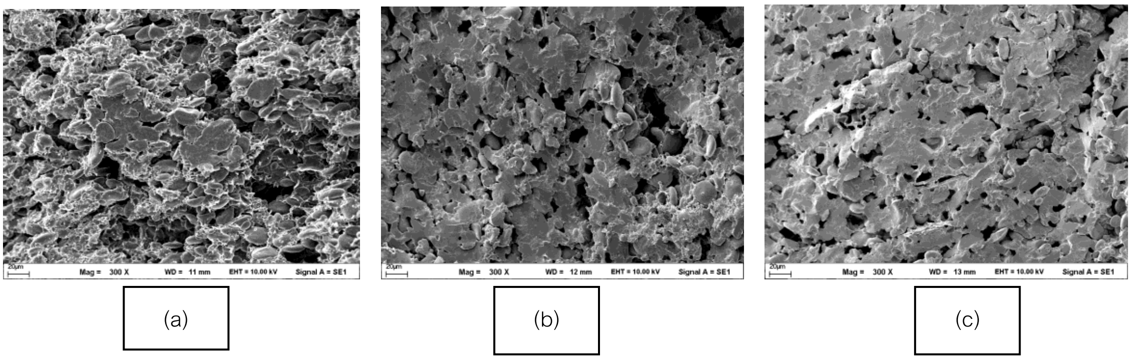


Figure 1 SEM micrograph of the non-fried instant noodles fortified with spirulina as affected by different levels of transglutaminase (TG) (a) 0%TG (b) 0.3%TG (c) 0.5%TG

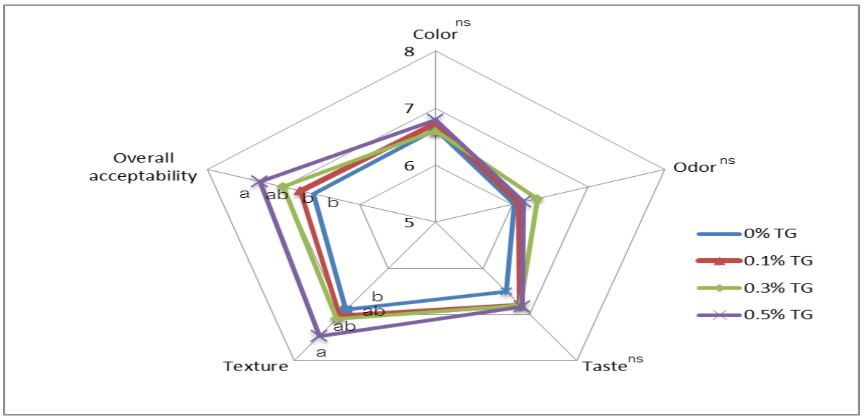


Figure 2 Sensory scores of non-fried instant noodles fortified with spirulina as affected by different levels of transglutaminase (TG) (1= Dislike extremely, 9= Like extremely)

^{a,b} Different letters indicated significant difference (p ≤ 0.05).

^{ns} There was no significant difference (p > 0.05).

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไดฟุกุจากข้าวเหนียวดำของไทย
The Development of Daifuku Product Made from Thai Purple Glutinous Rice

ดวงใจ มาลัย[1] ยุทธชาติ ทวีสุวรรณไกร[1] กฤตยา คลิกคลาย[1] และ ณัฐพร ผลศรัทธา[1]
Malai, D.[1], Taweesuwannakai, Y.[1], Klikklai, K.[1] and Phonsatta, N.[1]

Abstract

Thai purple glutinous rice (PR) has higher content of healthful phytochemicals than white glutinous rice (WR) such as gamma oryzanol and anthocyanin. Daifuku is a popular snack at present. This research aim to develop daifuku made from PR. The ratio of WR flour to PR flour (WP) of dough was 0:1, 0.3:1, 1:1 and 3:1. The result showed a ratio of 0.3:1 had highest overall acceptance score. However, the ratios of 0:1, 0.3:1, and 1:1 were not significantly different (p>0.05) both in sensory attributes and overall acceptance scores. Therefore, the WP ratio of 0:1 was recommenced, due to its highest phytochemical content in daifuku. The percentages of sugar in dough were varied at 41.6, 62.5 and 83.3 w/w flour, and in the filling at 20, 40 and 60 w/w mung bean. The results showed that the optimum formula was sugar of 62.5% and 20% in dough and filling, respectively.

Keywords: daifuku, purple glutinous rice, white glutinous rice, phytochemicals

บทคัดย่อ

ข้าวเหนียวดำของไทยมีสารพฤกษเคมีที่ดีต่อสุขภาพมากกว่าข้าวเหนียวขาว เช่น แกมมาโอไรซานอล และแอนโทไซยานิน ไดฟุกุเป็นอาหารว่างที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไดฟุกุจากข้าวเหนียวดำ โดยศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวในแป้งโด ใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวขาวต่อแป้งข้าวเหนียวดำคือ 0:1 0.3:1 1:1 และ 3:1 พบว่าที่อัตราส่วน 0.3:1 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด จากผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 28 คน แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับที่อัตราส่วน 0:1 และ 1:1 (p>0.05) ทั้งในด้านคะแนนคุณลักษณะและความชอบโดยรวม ดังนั้นเพื่อให้ได้สารพฤกษเคมีมากที่สุด ควรเลือกใช้สูตรการผลิตไดฟุกุที่อัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวขาวต่อแป้งข้าวเหนียวดำเป็น 0:1 การศึกษาปริมาณน้ำตาลในแป้งโดและไส้ของไดฟุกุ แปรปริมาณน้ำตาลในแป้งโดเป็นร้อยละ 41.6 62.5 และ 83.3 ของน้ำหนักแป้ง และปริมาณน้ำตาลในไส้เป็นร้อยละ 20 40 และ 60 ของน้ำหนักถั่วเขียว ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่เหมาะสมคือปริมาณน้ำตาลในแป้งโดและไส้ ร้อยละ 62.5 และ 20 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไดฟุกุ ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาว สารพฤกษเคมี

คำนำ

ข้าวเหนียวดำของไทยอุดมด้วยสารสำคัญคือ แกมมาโอไรซานอล (gamma oryzanol) และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และมีมากกว่าข้าวเหนียวขาว แกมมาโอไรซานอลเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ลดคอเลสเตอรอลและ ไตรกลีเซอไรด์ และเพิ่มระดับของ high density lipoprotein (HDL) ในเลือด ช่วยในการลดน้ำตาลในเลือดและเพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลินของคนที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ส่วนแอนโทไซยานินเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยหมุนเวียนกระแสโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ (จรัญจิตต์และสุวัฒน์, 2554) โดยเฉพาะชนิด cyaniding 3-glucoside ซึ่งมีสัดส่วนที่สูงในข้าวสีดำมีสมบัติยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งปอด (Chen และคณะ, 2006) โดยมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) แรงกว่าบลูเบอร์รี่ถึง 2 เท่า (Ichikawa, 2001) ไดฟุกุเป็นขนมหวานชนิดหนึ่งของญี่ปุ่น ที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย ประกอบด้วยแป้งข้าวเหนียวขาว และไส้เป็นถั่วแดงกวน โดยอาจเติมสีผสมอาหารลงในแป้งข้าวเหนียวเพื่อให้ได้สีต่างๆ ซึ่งไดฟุกุเป็นขนมที่ทำจากแป้งโมจิ (ข้าวเหนียวนึ่งนำมาตำเป็นแป้งขณะยังร้อน) ดังนั้น เพื่อให้ได้ไดฟุกุที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีแนวคิดที่จะใช้ข้าวเหนียวดำมาทดแทนข้าวเหนียวขาว วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อศึกษาและพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ไดฟุกุโดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำ

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กทม. 10400
[1] Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd. Ratchathewi, Bangkok, 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวเหนียวดำ *(Oryza sativa L.)* สายพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ซื้อมาจากสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำมาโม่แห้งด้วยเครื่องบดเพื่อให้ได้แป้งขาวเหนียวดำ เก็บใส่ถุงพลาสติกซิปล็อค ชนิด LDPE ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อนำไปศึกษาต่อไป และแป้งข้าวเหนียวขาวใช้แป้งสำเร็จรูปตราช้างทะเล

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารและขนาดอนุภาคของ PR การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้นด้วยวิธี hot air oven ไขมันด้วยวิธี Soxhlet โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method กากใยอาหาร (crude fiber) เถ้า (crude ash) และคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี by difference ตามวิธี AOAC (1990) ทดลอง 3 ซ้ำ และการศึกษาขนาดอนุภาค ใช้เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน รุ่น Octagon Digital 2000 ความแรงในการเขย่าที่ระดับ 5 เป็นเวลา 20 นาที โดยสั่นต่อเนื่อง 8 วินาที และหยุด 3 วินาที

2. การศึกษาปริมาณน้ำตาลในแป้งโดและในไส้ของไดฟุกุ วิธีและสูตรการผลิตไดฟุกุดัดแปลงจากของเชาวลิต (2555) วิธีทำโดยย่อมี 3 ขั้นตอน คือ 1. การทำแป้ง มีส่วนผสมคือ แป้ง น้ำตาลทราย น้ำ เนยขาว และแป้งนวล (แป้งมันคั่ว) ในอัตราส่วนร้อยละ 100 62.5 116.7 8.3 และ 41.7 ของน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ ผสมแป้งกับน้ำตาลทราย เติมน้ำ เนยขาวผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟและนำออกมากวนแรงและเร็ว นวดแป้งจนเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ตัดเป็นก้อนและคลุกแป้งนวล ซึ่งแป้งที่ได้นี้จะเรียกว่า “แป้งโด” 2. การทำไส้ มีส่วนผสมคือ ถั่วเขียวต้มสุก น้ำตาลทราย น้ำกะทิ ในอัตราส่วนร้อยละ 100 20 และ 31.3 ของน้ำหนักถั่ว นำถั่วเขียวมาเติมน้ำตาลทรายและน้ำกะทิ ปั่นด้วยเครื่องปั่น (blender) กวนในกะทะทองเหลืองด้วยไฟอ่อนจนเหนียว ทิ้งให้เย็น แล้วปั้นเป็นก้อน และ 3. การห่อไส้ การศึกษาทำโดยแปรปริมาณน้ำตาลในแป้งโด (SD) เป็น 3 ระดับคือร้อยละ 41.6 62.5 และ 83.3 ของน้ำหนักแป้ง (WR) และปริมาณน้ำตาลในไส้ (SF) ร้อยละ 20 40 และ 60 ของน้ำหนักถั่วเขียว วางแผนการทดสอบแบบ 3X3 factorial design in RCBD แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาความชอบ (hedonic test) แบบ 9 สเกล (คะแนน 1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) เพื่อหาความหวาน (scoring test) ด้วยสเกล 5 ระดับ (คะแนน 5 = มากที่สุด และ 1 = น้อยที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบประเภทกึ่งฝึกฝน จำนวน 28 คน (นักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล)

3. การศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวขาว (WR) ต่อแป้งข้าวเหนียวดำ (PR) ของแป้งโด ใช้สูตรการผลิตที่ได้จากการคัดเลือกในข้อ 1 แปรอัตราส่วน WR ต่อ PR (WP ratio) เป็น 4 ระดับ คือ 0:1 0.3:1 1:1 และ 3:1 แล้วนำไปประเมิน ดังนี้

3.1 การประเมินทางประสาทสัมผัสของแป้งโดและไดฟุกุ โดยใช้การทดสอบเพื่อหาความชอบ เช่นเดียวกับข้อ 1 และให้คะแนนคุณลักษณะ (scoring test) เช่นเดียวกับข้อ 1 ใช้ผู้ทดสอบชุดเดียวกับข้อ 2. จำนวน 27 คน

3.2 การวัดค่าสีของแป้งไดฟุกุ ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CM-3500d วัด 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตำแหน่ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s new multiple range test ที่ $p<0.05$ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS version 18

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียวดำ

องค์ประกอบทางเคมีของ PW มีความชื้น ไขมัน ใยอาหาร เถ้า โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 11.5$\pm$0.10 4.18$\pm$0.16 0.67$\pm$0.02 1.35$\pm$0.01 4.58$\pm$0.07 และ 77.7 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 1) ส่วนขนาดอนุภาค พบว่าอยู่ระหว่าง 710- <250 ไมโครเมตร โดยร้อยละ 88.53 มีขนาดน้อยกว่า 355 ไมโครเมตร และร้อยละ 51.05 มีขนาดน้อยกว่า 250 ไมโครเมตร (ไม่แสดงผล)

2. การศึกษาปริมาณน้ำตาลในแป้งโด (SD) และในไส้ (SF) ของไดฟุกุ

จากการศึกษาพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ SD และ SF ที่มีต่อคะแนนความหวาน ปริมาณ SF ที่มากขึ้น จะได้คะแนนความหวานมากขึ้น และที่ทุกระดับน้ำตาลได้คะแนนแตกต่างกัน ($p<0.05$) (Table 2) ขณะที่ปริมาณ SD ไม่มีผลต่อคะแนนความหวานในทุกระดับน้ำตาล โดยคะแนนความหวานจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น แต่คะแนนความชอบความหวานที่ได้ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นสูตร FD1 ที่มีความหวานแตกต่างจาก FD3 และ FD6 และสูตร FD1 ได้คะแนนความหวานและความชอบความหวานน้อยที่สุด เนื่องจากมี SD และ SF น้อยที่สุด ดังนั้น จึงเลือกสูตร FD2 ไปศึกษาในขั้นต่อไป เนื่องจากเป็นสูตรที่มีน้ำตาลน้อยสุด เพื่อสุขภาพของผู้บริโภคและลดต้นทุนการผลิต

3. การศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวขาวต่อแป้งข้าวเหนียวดำของแป้งโด

ผลการประเมินคุณลักษณะของแป้งโด (Table 3) พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของ PR จะทำให้แป้งโดมีความแน่นเนื้อและความเหนียวน้อยลง ความเข้มของสี กลิ่นของแป้งโด และความหวานมากขึ้น โดยความแน่นเนื้อแตกต่างกันเฉพาะสูตรที่มีและ

ไม่มี WR ส่วนความเหนียวแตกต่างกันในทุกสูตร (p<0.05) ทั้งนี้ความแน่นเนื้อและความเหนียวที่ลดลงอาจเป็นผลจากสัดส่วนของปริมาณอะมัยโลสและอะมัยโลเพคติน โครงสร้างของอะมัยโลเพคติน และปริมาณไขมันที่แตกต่างกันของแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งข้าวเหนียวขาว หากมีปริมาณอะมัยโลสมากขึ้นจะทำให้แป้งโดมีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากอะมัยโลสมีผลต่อการเกิดการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ได้ง่ายกว่าอะมัยโลเพคติน จึงส่งผลให้แป้งโดมีความแน่นเนื้อ (Bemiller และ Whistler, 1996) ส่วนโครงสร้างของอะมัยโลเพคตินชนิดสายโซ่สั้น (short chain amylopectin) หากมีมากจะทำให้เกิดการคืนตัวยาก (Vandeputte และ Delcour, 2004) จากการเปรียบเทียบปริมาณไขมันใน PR และ WR พบว่ามีร้อยละ 3.0 และ 0.6 ตามลำดับ(กองโภชนาการ, 2544) เนื่องจากปริมาณไขมันอาจมีผลต่อความนุ่มที่เพิ่มขึ้นและความเหนียวที่ลดลงของแป้งโด (Sluimer, 2005) ด้านความเข้มของสีและกลิ่นแป้งโดพบว่าสูตร WP4 ซึ่งมี WR มากที่สุดได้คะแนนน้อยสุดและแตกต่างจากสูตรอื่น เนื่องจากแป้งโดมีสีที่อ่อนกว่าสูตรอื่นและมีกลิ่นแป้งโดที่น้อยด้วย กลิ่นแป้งนับว่าเป็นปัญหาสำหรับการใช้ข้าวเหนียวดำมาทดแทนข้าวเหนียวขาว เนื่องจากผู้ทดสอบสามารถรับรู้ถึงกลิ่นแป้งได้อย่างชัดเจน ซึ่งแตกต่างกันในทุกตัวอย่าง ดังนั้นเพื่อลดปัญหานี้อาจมีการเติมกลิ่นอื่นลงไปเพื่อช่วยกลบกลิ่นแป้ง เช่น กลิ่นใบเตย สตรอเบอร์รี่ และชอคโกแลต ด้านความหวานของแป้งโด พบว่าสูตรที่ไม่มี PR ได้คะแนนความหวานมากที่สุด ดังนั้นควรศึกษาต่อไปว่า PR และ WR มีองค์ประกอบหรือปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการรับรู้รสหวานในแป้งโดของผู้ทดสอบที่แตกต่างกัน ความชอบโดยรวม พบว่าสูตร WP2 ได้คะแนนสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจาก WP3 และ WP4 ส่วนสูตร WP1 ได้คะแนนน้อยสุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีปริมาณ PR มากที่สุด ผลการทดสอบความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของไดฟุกุ พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของ PR จะทำให้คะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น (Table 4) แต่คะแนนด้านสีและเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ยกเว้นสูตร WP4 ซึ่งได้คะแนนน้อยที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีของแป้งโดและไส้ที่ตัดกันอย่างชัดเจน (สีม่วงเข้มและสีเหลือง ตามลำดับ) และมีความเหนียวมากเกินไป (คะแนนความเหนียวมากที่สุดจาก Table 3) ด้านกลิ่นแป้งพบว่าทุกสูตรได้คะแนนไม่แตกต่างกัน แต่สูตรที่มี PR มากกว่าจะได้คะแนนน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเป็นผลจากกลิ่นของไส้ที่รบกวนการรับรู้กลิ่นแป้งของแป้งโด ความชอบโดยรวม พบว่าสูตร WP1, WP2 และ WP3 ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจาก WP4 สีของแป้งโดมีค่าความสว่าง (L*) ที่แตกต่างกัน (Table 5) โดยค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) จะค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของ WR สอดคล้องกับการประเมินทางประสาทสัมผัสในเรื่องความเข้มของสี

ข้อเสนอแนะควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาปริมาณแอนโทไซยานินและแกมมาโอไรซานอลในผลิตภัณฑ์

สรุปผล

ไดฟุกุที่ทดแทน WR ด้วย PR สูตรที่ได้รับการยอมรับและดีที่สุดคือ สูตรที่มีน้ำตาลในแป้งและไส้ร้อยละ 62.5 และ 20 ตามลำดับ และใช้การทดแทน WR ด้วย PR ทั้งหมด (WP = 0:1) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณสารแอนโทไซยานินและ แกมมาโอไรซานอลมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มระดับฮอร์โมนอินซูลิน ช่วยต้านอนุมูลอิสระ และชะลอการเสื่อมของเซลล์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาโภชนวิทยา นักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเป็นผู้ทดสอบชิม อ.นัฐพล ตั้งสุภูมิ ตลอดจนอาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้การสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ, 132 หน้า.

จรัญจิต เพ็งรัตน์, สุวัฒน์ เจียระมั่นคง, 2554, “ข้าวเหนียวดำ” หลากประโยชน์ หลายแนวคิด เสริมเศรษฐกิจไทย สู่สากล, ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ ขอนแก่น, สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, หน้า 325-342.

เชาวลิต อุปฐาก, 2555, เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 07312205 การทดลองอาหาร (Experimental Cookery), สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.

Bemiller, J.N. and Whistler, R.L., 1996, Carbohydrate, In Food Chemistry, 3rd. ed., Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 157-224.

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): 218-29, http://dx.doi.org/10.1016/j. cbi.2006.08.003, PMid:16970933.

Ichikawa, H., Ichiyanagi, T., Xu, B., Yoshii, Y., Nakajima, M., and Konishi, T., 2001, Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice, Journal of Medicinal Food, 4(4): 211-218, http://dx.doi.org/10.1089/10966200152744481, PMid:12639403.

Sluimer, P., 2005, Principles of Bread Making, Functionality of Raw Materials and Process Steps, St Paul, MN: AACC, 224 p.

The Association of Official Analytical Chemistry, 1990, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry, Vol.2, 15th Edition, United States, 1220 p.

Vandeputte, G.E. and Delcour, J.A., 2004, From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: A focus on rice starch, Carbohydrate Polymers, 58: 245–266.

Table 1 Chemical composition of purple glutinous rice (% dry weight**,** mean±SD)

Moisture	Fat	Crud fiber	Ash	Protein	Carbohydrate
11.5±0.10	4.18±0.16	0.67±0.02	1.35±0.01	4.58±0.07	77.7

Table 2 Sweetness[1] and sweetness liking score[2] of filling and dough (n=28)

Formula	Sugar content in filling (% w/w mung bean)	Sugar content in dough (% w/w flour)	Sweetness score (mean ± SD)	Sweetness liking score (mean ± SD)
FD 1	20	41.6	2.07 ± 0.72[a]	5.00 ± 1.98[a]
FD 2	20	62.5	2.82 ± 0.98[a]	5.86 ± 1.92[abc]
FD 3	20	83.3	2.36 ± 0.62[a]	6.54 ± 1.64[c]
FD 4	40	41.6	3.11 ± 0.57[b]	6.32 ± 1.87[bc]
FD 5	40	62.5	2.86 ± 0.85[b]	6.21 ± 1.85[bc]
FD 6	40	83.3	3.07 ± 0.66[b]	6.54 ± 1.79[c]
FD 7	60	41.6	4.11 ± 0.92[c]	6.04 ± 2.01[abc]
FD 8	60	62.5	3.79 ± 0.83[c]	5.46 ± 1.91[abc]
FD 9	60	83.3	4.12 ± 0.85[c]	5.36 ± 1.85[ab]

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 Sensory attribute[1] and overall liking score[2] of dough (n=27)

Formula	WP ratio	Firmness	Stickiness	Darkness of Color	Dough Odor	Sweetness	Overall liking
WP1	0 : 1	2.50 ± 0.75[a]	2.36 ± 1.03[a]	4.25 ± 0.70[c]	3.86 ± 0.65[d]	3.21 ± 0.92[c]	5.36 ± 1.87[a]
WP2	0.3 : 1	3.79 ± 0.63[b]	3.18 ± 0.55[b]	3.89 ± 0.79[bc]	3.29 ± 0.60[c]	2.89 ± 0.83[bc]	6.68 ± 1.81[b]
WP3	1 : 1	3.82 ± 0.77[b]	3.64 ± 0.73[c]	3.50 ± 0.84[b]	2.64 ± 0.78[b]	2.64 ± 1.03[ab]	6.50 ± 1.37[b]
WP4	3 : 1	3.96 ± 0.88[b]	4.29 ± 0.66[d]	2.25 ± 1.00[a]	1.50 ± 0.58[a]	2.32 ± 0.98[a]	6.04 ± 1.84[ab]

Mean in the same column with different superscripts are different ($p<0.05$)
[1] score from scoring test, [2] score from hedonic test

Table 4 Sensory liking score of daifuku (n=27)

Formula	WP ratio	Color and appearance	Flour odor	Texture	Overall liking
WP1	0 : 1	6.41 ± 1.72[b]	4.81 ± 1.92[a]	5.41 ± 1.89[b]	5.85 ± 1.56[b]
WP2	0.3 : 1	6.37 ±1.62[b]	5.15 ± 1.96[a]	5.33 ± 1.98[b]	6.07 ± 1.75[b]
WP3	1 : 1	5.96 ± 1.48[b]	5.41 ± 2.02[a]	4.78 ± 1.63[ab]	5.44 ± 1.55[b]
WP4	3 : 1	4.0 ± 2.24[a]	5.67 ± 1.64[a]	3.96 ± 1.68[a]	4.22 ± 1.69[a]

Mean in the same column with different superscripts are different ($p<0.05$)

Table 5 Color of dough (mean ± SD)

Formula	WP ratio	L*	a*	b*
WP1	0 : 1	16.28 ± 0.91[a]	6.15 ± 0.58[a]	7.33 ± 0.75[a]
WP2	0.3 : 1	17.94 ± 0.72[b]	7.90 ± 0.57[b]	8.13 ± 0.82[ab]
WP3	1 : 1	19.85 ± 0.42[c]	8.17 ± 0.45[b]	8.30 ± 0.12[bc]
WP4	3 : 1	25.18 ± 0.69[d]	9.74 ± 0.26[c]	9.15 ± 0.09[c]

Mean in the same column with different superscripts are different ($p<0.05$)

ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุนทอด
Effect of Package Type and Storage Temperature on Quality Change of Fried Jackfruit

สิริมา ชินสาร[1] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ นิสานารถ กระแสร์ชล[1]
Chinnasarn, S.[1], Yuenyongputtakal, W.[1] and Krasaechol, N.[1]

Abstract

This research was to study package type and storage temperature on quality change of fried jackfruit (Tongprasert) during storage. Jackfruit slices were blanched in boiling water for 3 minutes and dried until the initial moisture content of 50%. Then, they were fried at 150°C for 1 minute and 30 seconds and dried to reduce the excess oil at 60°C for 2 hours. Products were kept in the aluminum foil laminated plastic bags and polypropylene bags at 4, 30 and 40°C for 1 month. There was the interaction between package type and storage temperature on fracturability, a_w, peroxide value and liking score, and their values of product kept at 4°C tended to be lower than other temperatures of two package types. Meanwhile, products kept in polypropylene bag at 40°C had the highest a_w throughout the storage time ($p < 0.05$). After 1 month, the highest overall liking score at moderately like level obtained from the product packed in aluminum foil laminated plastic bag.

Keywords: Package, fried jackfruit, storage, storage temperature

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุน พันธุ์ทองประเสริฐทอดระหว่างการเก็บรักษา โดยนำเนื้อขนุนที่หั่นเป็นเส้นมาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที อบแห้งจนมีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ นำมาทอดที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 1 นาที 30 วินาที อบแห้งเพื่อไล่น้ำมันที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติก และถุงพลาสติกใสโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 40°C เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อค่าความแตกเปราะ ค่า a_w ค่าเปอร์ออกไซด์ และคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ขนุนทอด โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 4°C ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มของค่าความแตกเปราะและค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าอุณหภูมิอื่นๆ ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บที่ 40°C มีค่า a_w สูงที่สุดตลอดการทดลอง ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดในระดับชอบปานกลางเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์ ขนุนทอด การเก็บรักษา อุณหภูมิในการเก็บรักษา

คำนำ

ขนุนจัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจในประเทศเขตร้อน เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่สามารถปลูกได้ตลอดปีและให้ผลผลิตต่อเนื่องเป็นเวลานาน ในประเทศไทยมีการบริโภคขนุนทั้งผลดิบและสุก เนื้อขนุนสุกสามารถนำมาบริโภคสด หรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม เช่น ขนุนในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ขนุนอบแห้ง ขนุนแช่แข็ง ขนุน แช่อิ่ม และขนุนแผ่นทอด (อมรรัตน์, 2544) ขนุนทอดจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษามีปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ อุณหภูมิในการเก็บรักษา ออกซิเจน ปริมาณความชื้น และแสง การลดการสัมผัสระหว่างผลิตภัณฑ์กับปัจจัยเหล่านี้จะช่วยคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนถึงมือผู้บริโภคได้ ดังนั้น การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์จะสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ โดยหน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์ คือ การป้องกันผลิตภัณฑ์จากปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น แสง ไอน้ำ แก๊ส และกลิ่นต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา การเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีและมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาน้อยที่สุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งหรือขนมขบเคี้ยวควรทำจากวัสดุที่ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและออกซิเจนได้ดี (รุ่งนภา, 2540) สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาบรรจุภัณฑ์ 2

[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.

ชนิด คือ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติก และถุงพลาสติกใสโพลีโพรไพลีน

ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาทำภาชนะบรรจุอาหารว่างเนื่องจากอลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ และก๊าซได้ดี มีความมันวาว นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบากว่ากระป๋อง แก้ว และโลหะ แต่มีข้อเสียคือในขณะลำเลียงขนส่งเกิดรอยยับได้ง่าย (มยุรี, 2536) ส่วนถุงพอลิโพรไพลีน เป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีความใสและป้องกันความชื้นได้บางส่วน แต่การป้องกันอากาศซึมผ่านไม่ดีนัก การใช้งานของถุงโพลีโพรไพลีนกับผลิตภัณฑ์อาหาร มักใช้บรรจุอาหารร้อน บรรจุผักและผลไม้ และใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง เช่น บะหมี่สำเร็จรูป และอาหารที่มีไขมัน เช่น คุกกี้ หรือถั่วทอด เป็นต้น (ปุ่น และ สมพร, 2541)

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาวิธีการในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บยาวนานพอต่อการวางขายในที่ต่างๆ โดยการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บผลิตภัณฑ์ขนุนทอดที่เหมาะสม ซึ่งการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นวิธีการที่จะช่วยพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนุนทอดอย่างครบวงจร

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

งานวิจัยนี้เลือกใช้ขนุนพันธุ์ทองประเสริฐเนื่องจากมีเนื้อหนาและแข็ง เหมาะแก่การนำแปรรูป โดยนำเนื้อขนุนสุก อายุประมาณ 120 วัน ล้างด้วยน้ำสะอาด นำมาสไลด์ตามยาวด้วยมีดสไลด์ ให้มีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที (จากการทำการทดลองเบื้องต้น) แล้วอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ นำมาทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และอบแห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อกำจัดน้ำมันส่วนเกินออกจากชิ้นขนุนภายหลังการทอด

การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพขนุนทอดในระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์ขนุนทอดมาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติกที่ปิดผนึก และถุงพลาสติกใสโพลีโพรไพลีน ปิดผนึก จากนั้นเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะควบคุม คือ การเก็บไว้ในตู้แช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บในสภาวะปกติ คือ 30 องศาเซลเซียส และสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ขนุนทอดมาทำการทดสอบทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 1 เดือน ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้

1) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2 ใช้หัววัดทรงกลม (Ball probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว (P/0.25S) โดยใช้ฐานรองชนิด HDP/90 Heavy Duty Platform รายงานผลเป็นค่าความแตกเปราะ (Fracturability)

2) ค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w

3) ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOAC, 1990)

4) การประเมินทางประสาทสัมผัส ประเมินความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา (1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากสุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด) คุณลักษณะที่ทดสอบ คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน

จัดสิ่งทดลองแบบ Factorial ในแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ส่วนการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส จัดสิ่งทดลองแบบ Factorial ในแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ (2 ชนิด) และ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา (3 อุณหภูมิ)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล พบว่า ในแต่ละสัปดาห์ของการเก็บรักษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อค่าความแตกเปราะ ค่า a_w ค่าเปอร์ออกไซด์และคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ขนุนทอด จาก Table 1 ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความแตกเปราะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และโพลีโพรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าความแตกเปราะแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีแนวโน้มค่าความแตกเปราะน้อยที่สุด กล่าวคือ เมื่อทำ

การทดสอบผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัดทรงกลมกดลงบนผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร ผลิตภัณฑ์มีการแตกตัวอย่างรวดเร็วเมื่อมีแรงจากหัววัดที่กดลงมากระทบ จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าผลิตภัณฑ์มีความกรอบมาก และจากผลการทดลอง พบว่า การเก็บในถุงโพลีโพรไพลีน 40 องศาเซลเซียสในสัปดาห์ที่ 4 ผลิตภัณฑ์มีค่าความแตกเปราะสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ มาก คือ 820.91 N ทั้งนี้เพราะถุงชนิดนี้ยังมีการซึมผ่านของไอน้ำได้ และการเก็บที่อุณหภูมิสูงเป็นการเพิ่มความดันไอไอน้ำจึงผ่านเข้าไปในถุงได้มาก ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดซับไอน้ำส่งผลให้เนื้อสัมผัสเหนียวขึ้นจึงต้องใช้แรงในการกดให้แตกเพิ่มขึ้น

จาก Table 2 เมื่อพิจารณาผลในแต่ละสัปดาห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดบรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสมีค่า a_w แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่า a_w สูงสุด คือ 0.36, 0.39, 0.39 และ 0.40 ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ขนุนทอดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสอง เก็บที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต มีแนวโน้มค่า a_w ต่ำกว่า เนื่องจากถุงอลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอกได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรไพลีนทำให้ค่า a_w ต่ำกว่า (ณัฏชา, 2547) แต่อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดบรรจุในทุกสภาวะล้วนมีค่า a_w เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่มากขึ้น

จาก Table 3 ในสองสัปดาห์แรก พบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ของทุกสภาวะการเก็บไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยค่าเปอร์ออกไซด์ เป็นค่าที่ชี้บ่งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน เพราะเปอร์ออกไซด์เป็น intermediate ของปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (นิธิยา, 2548) แต่เมื่อพิจารณาค่าเปอร์ออกไซด์ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์ขนุนทอดมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นในทุกสัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ขนุนทอดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 40 องศาเซลเซียสมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าตัวอย่างที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากอุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงขึ้น จะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (นิธิยา, 2548)

จาก Table 4 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต เก็บที่ 4 และ 30 องศาเซลเซียส และถุงโพลีโพรไพลีน เก็บที่ 4 องศาเซลเซียสได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และความกรอบสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในระดับชอบปานกลาง ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสทุกตัวอย่างได้รับคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนุนทอดที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต เก็บที่ 4 และ 30 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดในระดับชอบปานกลางเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน

Table 1 Fracturability of fried jackfruit kept in aluminum foil bags (Al) and polypropylene bags (PP) at 4, 30 and 40°C for 4 weeks

Package	Temperature (°C)	Fracturability (N) Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Al	4	433.24±6.06^{c}	455.87±23.67^{b}	456.77±4.10^{d}	479.29±16.65^{c}
	30	559.95±22.66^{a}	586.30±60.71^{a}	559.85±13.74^{b}	496.67±24.04^{c}
	40	536.85±14.62^{a}	611.72±23.30^{a}	632.34±25.54^{a}	628.64±11.38^{b}
PP	4	457.51±34.73^{bc}	461.79±14.74^{b}	476.95±14.31^{cd}	483.86±9.08^{c}
	30	517.51±34.73^{ab}	531.60±16.50^{ab}	542.11±23.24^{bc}	564.85±10.55^{b}
	40	510.77±22.05^{ab}	561.90±5.26^{ab}	662.72±27.52^{a}	820.91±4.74^{a}

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

Table 2 a_w value of fried jackfruit kept in Al and PP bags at 4, 30 and 40°C for 4 weeks

Package	Temperature (°C)	a_w Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Al	4	0.29 ± 0.01^{c}	0.29 ± 0.00^{c}	0.29 ± 0.00^{d}	0.30 ± 0.00^{d}
	30	0.29 ± 0.00^{c}	0.29 ± 0.00^{c}	0.29 ± 0.00^{d}	0.29 ± 0.00^{d}
	40	0.34 ± 0.01^{ab}	0.34 ± 0.00^{b}	0.35 ± 0.00^{b}	0.35 ± 0.00^{c}
PP	4	0.30 ± 0.00^{c}	0.34 ± 0.00^{b}	0.31 ± 0.00^{c}	0.38 ± 0.00^{b}
	30	0.32 ± 0.00^{b}	0.39 ± 0.00^{a}	0.39 ± 0.00^{a}	0.39 ± 0.00^{b}
	40	0.36 ± 0.00^{a}	0.39 ± 0.01^{a}	0.39 ± 0.00^{a}	0.40 ± 0.00^{a}

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

Table 3 Peroxide value (PV) of fried jackfruit kept in Al and PP bags at 4, 30 and 40°C for 4 weeks

Package	Temperature (°C)	PV (meq/ kg oil)			
		Week 1[ns]	Week 2[ns]	Week 3	Week 4
Al	4	5.21 ± 0.00	7.59 ± 0.15	7.86 ± 0.28[e]	10.24 ± 0.99[bcd]
	30	4.77 ± 0.05	8.13 ± 0.72	10.51 ± 0.39[cd]	13.75 ± 1.12[b]
	40	4.53 ± 0.09	10.45 ± 0.11	13.30 ± 0.60[b]	17.64 ± 0.61[a]
PP	4	5.46 ± 0.52	5.03 ± 0.20	9.55 ± 0.18[de]	7.60 ± 0.74[d]
	30	2.68 ± 0.53	5.91 ± 1.94	11.58 ± 1.03[bc]	9.55 ± 2.05[cd]
	40	4.18 ± 0.29	6.83 ± 1.88	15.47 ± 0.25[a]	12.93 ± 0.15[bc]

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

[ns] Not significantly different ($p \geq 0.05$)

Table 4 Liking score of fried jackfruit kept in Al and PP bags at 4, 30 and 40°C for 1 month

Package	Temperature (°C)	Liking score			
		Appearance	Crispiness	Flavor[ns]	Overall liking
Al	4	7.00 ± 1.03[ab]	7.27 ± 1.00[a]	6.80 ± 0.83	7.30 ± 0.78[a]
	30	7.03 ± 1.08[ab]	7.33 ± 0.83[a]	6.40 ± 1.08	7.00 ± 1.00[a]
	40	6.27 ± 1.04[c]	6.77 ± 1.17[bc]	6.23 ± 1.09	6.50 ± 0.62[bc]
PP	4	7.27 ± 1.00[a]	6.80 ± 1.16[b]	6.60 ± 0.95	6.70 ± 0.26[b]
	30	6.57 ± 1.17[bc]	6.50 ± 0.99[c]	6.40 ± 1.14	6.40 ± 0.35[c]
	40	6.33 ± 1.07[c]	6.77 ± 1.11[bc]	6.57 ± 1.16	6.30 ± 1.06[c]

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

[ns] Not significantly different ($p \geq 0.05$)

สรุปผล

ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำที่สุด สามารถรักษาความกรอบได้ดีที่สุด และผลิตภัณฑ์ขนุนทอดได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ภายใต้โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

ณัฏชา เปี่ยมคล้า, 2547, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดทุเรียนสุกแข็งด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548, วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, บรรจุภัณฑ์อาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์หยี่เฮง, กรุงเทพฯ

มยุรี ภาคลำเจียก, 2536, ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุหีบห่ออาหารว่าง, วารสารพลาสติก, 10(3): 72-75.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2540, การประเมินอายุการเก็บรักษาของอาหาร, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2544, การสกัดและศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งเมล็ดขนุน, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis (15th ed.), Arlington, Virginia, USA.

การเตรียมใยอาหารจากกากมะพร้าวเพื่อใช้เป็นสารเสริมใยอาหารในโดนัท
Preparation of Dietary Fiber from Coconut Residue for the Use as Dietary Fiber Enrichment in Doughnut

สิริมา ชินสาร[1] และ กฤษณะ ชินสาร[2]
Chinnasarn, S.[1] and Chinnasarn, K.[2]

Abstract

This research aimed to prepare dietary-fiber from coconut residue to fortify in doughnut. Initially, effect of preparation method (drying, grinding and water washing) on chemical and physical properties of dietary-fiber was investigated. Results showed that dietary-fiber from grinding method had the highest insoluble dietary-fiber content, total dietary-fiber content and water holding capacity but lowest a_w value with significant difference ($p \le 0.05$). Oil holding capacity of all methods were not significant difference ($p > 0.05$). Secondly, effect of dietary-fiber content (0, 3 and 6% of all ingredients basis) on quality of doughnut was studied. Results revealed that when the amount of dietary-fiber increased, the firmness value of doughnut tended to increase but springiness value decreased significantly ($p \le 0.05$). The liking score, appearance, color and overall liking of doughnut added with 3% dietary-fiber from grinding method were closed to those score of control at the level of slightly to moderately like.

Keywords: Dietary fiber, coconut residue, doughnut

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเตรียมใยอาหารจากกากมะพร้าวเพื่อเสริมใยอาหารในโดนัท ขั้นแรก ศึกษาผลของวิธีการเตรียมใยอาหาร (การอบแห้ง การบดเปียก และการล้างน้ำ) ต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหาร พบว่า ใยอาหารที่ได้จากวิธีบดเปียก มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ปริมาณใยอาหารทั้งหมด และค่าการอุ้มน้ำสูงที่สุด แต่มีค่า a_w ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) วิธีการเตรียมกากมะพร้าวทั้ง 3 วิธี มีผลต่อค่าการอุ้มน้ำมันไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ขั้นที่สอง ศึกษาผลของปริมาณใยอาหาร (0 3 และ 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด) ต่อคุณภาพของโดนัท พบว่า เมื่อมีการเติมใยอาหารลงในโดนัทปริมาณเพิ่มขึ้น โดนัทมีค่าความแน่นเนื้อสูงขึ้นแต่ค่าการคืนตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) โดยโดนัทที่เติมใยอาหารจากการเตรียมด้วยวิธีบดเปียกปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

คำสำคัญ: ใยอาหาร กากมะพร้าว โดนัท

คำนำ

กากมะพร้าวจัดเป็นผลพลอยได้จากการคั้นกะทิหรือสกัดน้ำมันซึ่งมีปริมาณมากและมูลค่าต่ำ จากงานวิจัยของวิไลภรณ์ (2545) ที่ได้มีการวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารทั้งหมดจากกากมะพร้าว พบว่า กากมะพร้าวมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด 86.73 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 8.26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 78.47 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง จากค่าปริมาณใยอาหารดังกล่าวสามารถใช้เป็นดัชนีแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการสกัดใยอาหารจากกากมะพร้าวเพื่อใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งใยอาหาร หมายถึง ส่วนประกอบของผนังเซลล์ในพืชที่ไม่ใช่อาหารและไม่สามารถถูกย่อยสลายต่อไปได้อีกภายในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ จึงทำให้เส้นใยเหล่านี้เหลืออยู่ในระบบทางเดินอาหารพร้อมที่จะขับถ่ายออกมา ใยอาหารมีประโยชน์ในการช่วยขัดขวางการดูดซึมไขมันและคอเลสเตอรอล ลดอัตราเสี่ยงจากไขมันอุดตันหลอดเลือด ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยป้องกันหรือลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็งลำไส้ ทำให้การเคลื่อนไหวของลำไส้เป็นปกติ และลดการเกิดอาการท้องผูก เป็นต้น (ผกาวดี, 2543) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำส่วนกาก

---

[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.

มะพร้าวมาแปรรูปเป็นใยอาหารเพื่อใช้เป็นส่วนผสมอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายๆด้าน ซึ่งการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารจะทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการดูแลสุขภาพตนเองให้ดีมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมใยอาหารจากกากมะพร้าว

วัตถุดิบ คือ กากมะพร้าวที่ผ่านการคั้นกะทิด้วยการบีบอัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก รุ่น SAKAYA A-2 แปรวิธีการเตรียมกากมะพร้าวเป็น 3 วิธี คือ 1) การอบแห้ง นำกากมะพร้าวจากการคั้นกะทิ 1 กิโลกรัม มาอบแห้งในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น 5±1 เปอร์เซ็นต์ 2) การบดเปียก นำกากมะพร้าว 1 กิโลกรัม มาปั่นกับน้ำในอัตราส่วน 1:5 (กากมะพร้าว:น้ำ) ด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 20 วินาที กรองแยกกากและบีบน้ำออก นำกากที่แยกได้ไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น 5±1 เปอร์เซ็นต์ 3) การล้างน้ำ นำกากมะพร้าว 1 กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดแบบแช่ด้วยน้ำสะอาดครั้งละ 5,000 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ครั้งละ 20 วินาที และล้างด้วยน้ำร้อนครั้งละ 5,000 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ครั้งละ 20 วินาที จากนั้นบีบน้ำออกนำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น 5±1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำกากมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบทั้ง 3 วิธี มาสกัดไขมันโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ด้วยวิธีเขย่า ใช้อัตราส่วน 1:5 (กากมะพร้าว:เฮกเซน) ทำการสกัด 2 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปอบแห้งเพื่อระเหยเฮกเซนในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช ได้เป็นใยอาหารจากกากมะพร้าวแล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (AOAC., 1990) ค่า a_w ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Ang, 1991)

การศึกษาผลของปริมาณใยอาหารต่อคุณภาพของโดนัท

นำใยอาหารที่สกัดได้มาเติมลงในส่วนผสมของโดนัทยีสต์ โดยแปรปริมาณที่เติมเป็น 0, 3 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด โดนัทสูตรพื้นฐานประกอบด้วย แป้งขนมปัง 62.5 เปอร์เซ็นต์ และแป้งเค้ก 37.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ น้ำตาล เกลือ นมผง ผงฟู ยีสต์ผง ไข่ไก่ เนยขาว และน้ำ ปริมาณ 6.2 1.5 6.2 1.5 2.0 12.5 18.5 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ นำโดนัทที่เตรียมได้มาทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที 20 วินาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2 และทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-point hedonic scale ประเมินความชอบด้านสี เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม (9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเตรียมใยอาหารจากกากมะพร้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกจากใยอาหาร เช่น ไขมัน โปรตีน และแป้ง เพื่อทำให้ได้ใยอาหารที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น Table 1 พบว่า วิธีบดเปียกให้ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูงสุด รองลงมา คือ วิธีล้างน้ำ และวิธีอบแห้ง ตามลำดับ เนื่องจากการเตรียมด้วยวิธีการบดเปียกทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กลงและแตกออก น้ำที่ใช้ในการบดเข้าไปจับกับอนุภาคที่แตกออก เมื่อมีการบีบเอาน้ำออกอนุภาคของใยอาหารที่ละลายน้ำได้จะหลุดออกไปกับน้ำ (พัชราภรณ์, 2550) จึงทำให้สัดส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูงกว่าวิธีอบแห้ง และจากสาเหตุนี้ส่งผลให้ใยอาหารที่ได้จากวิธีการอบแห้งที่ไม่ผ่านการล้างด้วยน้ำมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำสูงกว่าวิธีอื่นๆ เช่นกัน และเมื่อนำปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมารวมกับปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำของแต่ละวิธีการเตรียม พบว่าการเตรียมด้วยวิธีบดเปียกให้ปริมาณเส้นใยอาหารรวมมากที่สุด รองลงมา คือ การเตรียมด้วยวิธีอบแห้ง และการเตรียมด้วยวิธีล้างน้ำ ตามลำดับ

Table 1 Composition of dietary fiber from coconut residue prepared by 3 different methods.

Preparation method	Total dietary fiber (g/100 g sample)	Insoluble dietary fiber (g/100 g sample)	Soluble dietary fiber (g/100 g sample)
drying	50.84±0.06^{b}	46.55±0.27^{c}	4.29±0.37^{a}
grinding	54.29±0.43^{a}	51.76±0.31^{a}	2.53±0.15^{b}
water washing	50.06±0.22^{c}	48.49±0.25^{b}	2.11±0.08^{c}

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

Table 2 พบว่า ใยอาหารที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบวิธีบดเปียก มีค่า a_w ต่ำที่สุด รองลงมา ได้แก่ ใยอาหารที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบวิธีล้างน้ำ และ อบแห้ง ตามลำดับ เนื่องมาจากการเตรียมกากมะพร้าวด้วยวิธีบดเปียก ใยอาหารที่เตรียมได้มีสัดส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูงจึงมีสมบัติในการจับน้ำได้ดี ทำให้ปริมาณน้ำอิสระเหลือน้อย ค่า a_w ในตัวอย่างต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ (นิธิยา, 2546) อย่างไรก็ตาม ค่า a_w ที่วัดได้จากใยอาหารทั้ง 3 วิธี มีค่าไม่เกิน 0.6 ซึ่งเป็นขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ (วิไล, 2543) ดังนั้น ปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ใยอาหารทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จึงสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน โดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

จากการศึกษาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันของใยอาหารผงที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบทั้ง 3 วิธี (Table 2) พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยทุกตัวอย่างมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันค่อนข้างต่ำ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมัน ได้แก่ การบดใยอาหาร และการใช้อุณหภูมิสูงทำให้โครงสร้างของเซลล์แตกและเกิดการสูญเสียความคงตัวของโพลีแซคคาไรด์ เช่น เพคติน ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันของใยอาหารลดลง (หยาดฝน, 2556) ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Raghavendra และคณะ (2006) ที่พบว่ากากมะพร้าวมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุดเมื่อมีขนาดอนุภาค 550 ไมโครเมตร (30-35 เมช) แต่เมื่อลดขนาดอนุภาคให้เล็กลงค่าความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง เนื่องจากกากมะพร้าวที่ขนาดอนุภาค 550 ไมโครเมตร โครงสร้างของใยอาหารถูกทำลายและเกิดการพับ ทำให้เกิดช่องว่างที่สามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้ แต่เมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง กากมะพร้าวผงเกิดเกาะตัวกันแน่น ทำให้มีความหนาแน่นของอนุภาคสูง น้ำจึงแทรกตัวเข้าไปได้น้อยลง ความสามารถในการอุ้มน้ำจึงลดลง

Table 2 Properties of dietary fiber from coconut residue prepared by 3 different methods.

Preparation method	a_w	Water holding capacity^{ns} (g water/ g dried sample)	Oil holding capacity^{ns} (g oil/ g dried sample)
drying	0.49±0.01^{a}	2.43±0.01	1.49±0.03
grinding	0.37±0.01^{c}	3.76±0.24	1.43±0.10
water washing	0.42±0.01^{b}	2.94±0.06	1.45±0.09

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

^{ns} Not significantly different ($p>0.05$)

Table 3 พบว่า โดนัทที่เติมใยอาหารจากการเตรียมทั้ง 3 วิธี ปริมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าการเติมปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างควบคุม เนื่องจากในขั้นตอนการทำโดนัทต้องใช้น้ำในการละลายส่วนผสมต่างๆและแป้งดูดซับน้ำไว้ โปรตีนไกลอะดินและกลูเตนินในแป้งรวมตัวกันเกิดเป็นกลูเตนที่มีความสามารถเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นโดยยีสต์หรือผงฟูเอาไว้ ทำให้โดนัทขึ้นฟู (นิธิยา, 2545) เมื่อมีการเติมใยอาหารเข้าไปทำให้สัดส่วนของน้ำต่อของแข็งลดลงและใยอาหารเข้าไปแทรกในโครงสร้างของกลูเตนทำให้โครงสร้างกลูเตนไม่สมบรูณ์จึงกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่นเนื้อมากขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองยังพบว่า ค่าความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าความสามารถในการคืนตัว โดยค่าความแน่นเนื้อมากขึ้นจะทำให้โดนัทมีค่าความสามารถในการคืนตัวลดลง

Table 3 Firmness and springiness values of dietary fiber added doughnut.

Sample	Firmness (N)	Springiness (%)
control	262.25±5.73^{g}	49.24±0.24^{b}
drying, 3%	281.48±13.74^{d}	48.74±0.10^{d}
drying, 6%	374.55±19.59^{a}	45.91±2.25^{g}
grinding, 3%	264.87±15.47^{f}	51.50±1.72^{a}
grinding, 6%	273.48±18.16^{e}	48.25±0.80^{e}
water washing, 3%	311.71±17.74^{c}	48.77±1.20^{c}
water washing, 6%	336.14±22.16^{b}	46.24±1.89^{f}

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

Table 4 พบว่า การเติมใยอาหารลงในโดนัทปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 3 เปอร์เซ็นต์ เป็น 6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้โดนัทได้รับคะแนนความชอบลดลง ยกเว้นความชอบด้านกลิ่นรสที่ได้รับคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผลิตภัณฑ์โดนัทที่เติมใยอาหารจากการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีบดเปียก ปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ และใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด

Table 4 Liking score of dietary fiber added doughnut.

Sample	Appearance	Color	Flavor^{ns}	Texture	Overall liking
control	6.70±1.53^{a}	6.90±1.35^{a}	6.37±1.30	6.90±1.28^{a}	7.00±1.17^{a}
drying, 3%	6.53±0.97^{d}	6.33±1.54^{f}	6.63±1.50	5.93±1.48^{e}	6.40±1.45^{f}
drying, 6%	5.90±1.21^{e}	6.63±1.45^{e}	6.23±1.36	5.40±1.41^{f}	6.17±1.21^{g}
grinding, 3%	6.60±1.22^{b}	6.87±1.33^{b}	6.37±1.27	6.71±1.35^{b}	6.77±1.22^{b}
grinding, 6%	5.73±1.55^{f}	6.07±1.68^{g}	6.20±1.37	6.13±1.22^{d}	6.50±122^{e}
water washing, 3%	6.60±1.33^{b}	6.67±1.49^{d}	6.60±1.33	6.73±1.41^{b}	6.57±1.17^{c}
water washing, 6%	6.53±1.25^{d}	6.87±1.20^{b}	6.43±1.30	6.33±1.09^{c}	6.53±1.14^{d}

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

^{ns} Not significantly different ($p>0.05$)

สรุปผล

วิธีการเตรียมกากมะพร้าวมีผลต่อปริมาณใยอาหารและคุณภาพทางกายภาพของใยอาหารที่สกัดได้ แต่ส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันไม่แตกต่างกัน โดนัทที่เติมใยอาหารจากการเตรียมด้วยวิธีบดเปียกปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2546, หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

ผกาวดี นารอง, 2543, เส้นใยอาหาร (Dietary Fiber): บทบาทสำคัญที่ไม่ควรมองข้าม, ศูนย์บริการวิชาการ, 1: 23-25.

พัชราภรณ์ วชิรศิริ, 2550, การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า, การค้นคว้าอิสระ, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิไล รังสาดทอง, 2543, เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร เหนือ, กรุงเทพมหานคร.

วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย, 2545, การใช้กากมะพร้าวเพื่อผลิตเป็นเซลลูโลสผง, ปัญหาพิเศษ, วิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

หยาดฝน ทะนงการกิจ, 2556, การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นใยอาหารผง, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 9(1): 31-38.

Ang, J. F., 1991, Water retention capacity and viscosity effect of powered cellulose, Journal of Food Science, 56(2): 1682-1684.

AOAC., 1990, Official Method of Analysis (15thed.), Arlington, Virginia, USA.

Raghavendra, S.N., Ramachandra Swamy, S.R., Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Kumar, S. and Tharanathan, R.N., 2006, Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber, Journal of Food Engineering, 72: 281-286.

ผลของการเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายระหว่างการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสต่อคุณภาพของลูกตาลอ่อนกึ่งแห้ง
Effect of Physiologically Active Compounds Enrichment during Osmotic Dehydration on Quality of Semi-dried Young Palmyra

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล[2] ช่อทิพย์ โกมลวาทิน[1] และ สิริมา แต่สกุล[1]
Yuenyongputtakal, W.[1], Itthisoponkul, T.[2], Komolwatin, C.[1] and Teasagul, S.[1]

Abstract
The enrichment of physiologically active components such as calcium, vitamin C or oligofructose can be a good choice to develop functional foods. The osmotic solution used in this research contained 2% calcium lactate and 2% ascorbic acid mixed with 40% oligofructose and 20% coconut sugar in order to formulate functional, stable, semi dried young palmyra product. Results indicated that the osmotic pretreated product compared to conventionally dried product could improve color quality and nutritional characteristics. For the osmotic pretreated semi dried young palmyra, the retention of calcium content was 198.47 mg/100g and vitamin C content was 466.38 mg/100g, which more than the conventionally semi dried product ($p<0.05$). Moreover, sensory evaluation of the osmotic pretreated product showed better organoleptic quality ($p<0.05$).
Keywords: semi-dried food, young palmyra, osmotic dehydration, physiologically active components

บทคัดย่อ
การเสริมสารเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม วิตามินซี และโอลิโกฟรุคโตส เป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพ สารละลายออสโมติกที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีส่วนผสมของแคลเซียมแลคเตท 2% และกรดแอสคอร์บิก 2% ผสมกับโอลิโกฟรุคโตส 40% และน้ำตาลมะพร้าว 20% เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่มีความคงตัว ผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีออสโมซิสสามารถปรับปรุงคุณภาพด้านสีและด้านคุณค่าทางโภชนาการให้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งอย่างเดียว ลูกตาลกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณแคลเซียม 198.47mg/100g และปริมาณวิตามินซี 466.38 mg/100g ซึ่งมากกว่าลูกตาลกึ่งแห้งที่ผ่านการทำแห้งอย่างเดียว ($p<0.05$) รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการออสโมซิสนี้ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าด้วย ($p<0.05$)
คำสำคัญ: อาหารกึ่งแห้ง ลูกตาลอ่อน การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส สารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

คำนำ
ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย มีรายงานว่ามูลค่าทางการตลาดสำหรับอาหารเพื่อสุขภาพทั่วโลกมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง และคาดการณ์ว่าภายในปี 2560 มูลค่าตลาดสูงถึง 1 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือประมาณ 15% ของมูลค่าอาหารและเครื่องดื่มทั้งหมด สำหรับประเทศไทยตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยปีละ 9.1% เนื่องจากผู้บริโภคมีความใส่ใจในเรื่องสุขภาพ ต้องการลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคต่างๆ รวมถึงต้องการสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย (สถาบันอาหาร, 2560) ลูกตาลอ่อนเป็นผลผลิตที่ได้จากต้นตาลโตนด ในประเทศไทยมีแหล่งปลูกอยู่ในหลายจังหวัด เช่น เพชรบุรี สงขลา นครศรีธรรมราช และนครปฐม ส่วนใหญ่มักบริโภคในรูปแบบเนื้อลูกตาลสด พบว่ามีการนำมาแปรรูปเพื่อจำหน่ายทางการค้าอยู่บ้าง แต่ยังไม่พบการนำเนื้อลูกตาลอ่อนมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ทั้งที่เนื้อลูกตาลอ่อนเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพ เนื่องจากมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ โดยมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอม รวมทั้งมีองค์ประกอบของวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด นอกจากนี้มีรายงานว่าเนื้อลูกตาลจัดเป็นส่วนของพืชที่มีปริมาณสารสำคัญที่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติกในระดับสูง โดยมีองค์ประกอบของ Indigestible polysaccharides ที่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติกในปริมาณ 334.87 mg/g dry extract (Thammasatwasik และคณะ, 2007) อย่างไรก็ตามลูกตาลอ่อนสดมีอายุการเก็บสั้น ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Amphor Muang, Chonburi 20131
[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ 10110
[2] Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Bangkok, 10110

การเติบโตของธุรกิจอาหารเพื่อสุขภาพ ความต้องการของผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตร งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากเนื้อลูกตาลอ่อนในรูปแบบกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยพยายามคงลักษณะลูกตาลสดให้ได้มากที่สุด และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีการเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Physiologically active compound : PAC) โดยใช้หลักการออสโมซิส จากการตรวจเอกสาร พบว่า การแช่ผักผลไม้ในสารละลายออสโมติกที่มีการเสริม PAC สามารถเพิ่มปริมาณสาร PAC ให้กับชิ้นผักผลไม้ได้ เช่น การเสริมธาตุแคลเซียมและเหล็กในชิ้นแอปเปิ้ล (Barrera และคณะ, 2004) งานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาที่จะเสริมสาร PAC จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แคลเซียม วิตามินซี ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย และใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก ให้พลังงานและให้รสหวานต่ำกว่าน้ำตาลซูโครส โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการทำแห้งเพียงอย่างเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีออสโมซิสที่มีการเสริม PAC ร่วมกับการทำแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำลูกตาลอ่อน (อายุ 75-80 วัน) นำมาปอกเปลือก ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นขนาด 1.0 x 4.0 x 1.0 เซนติเมตร แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.3% เป็นเวลา 5 นาที เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เตรียมสารละลายออสโมติกจากโอลิโกฟรุคโตส 40% กับน้ำตาลมะพร้าว 20% ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส 5 นาทีทิ้งให้เย็นแล้วเติมแคลเซียมแลคเตท 2% และกรดแอสคอร์บิก 2% ดำเนินการออสโมซิสโดยนำลูกตาลอ่อนมาแช่ในสารละลายออสโมติกในสภาวะสุญญากาศ ความดัน 100 มิลลิบาร์ 10 นาที แล้วแช่ต่อที่สภาวะบรรยากาศ 8 ชั่วโมง นำลูกตาลอ่อนที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส มาทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้ได้ความชื้นสุดท้าย 15±1 g/100g สุ่มตัวอย่างระหว่างการทำแห้งมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) และวิเคราะห์คุณภาพลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส ดังนี้ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (AOAC, 1990) ปริมาณแคลเซียม (AOAC, 1990) ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 1990) ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี รายงานผลเป็นค่า L* a* และ b* ค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า water activity (a_w) และค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ด้วยเครื่อง texture analyzer รวมทั้งประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

จาก Figure 1 พบว่า ชิ้นเนื้อลูกตาลอ่อนมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาการทำแห้งนานขึ้น โดยปริมาณความชื้นเริ่มต้นของลูกตาลอ่อนที่ผ่านการออสโมซิส (56.82 g/100g) ต่ำกว่าลูกตาลอ่อนสดที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (93.11 g/100g) แสดงให้เห็นว่าการออสโมซิสสามารถลดความชื้นของลูกตาลอ่อนก่อนการทำแห้งได้ และตลอดเวลาการทำแห้งปริมาณความชื้นของลูกตาลอ่อนที่ผ่านการออสโมซิสต่ำกว่าลูกตาลอ่อนที่ไม่ผ่านการออสโมซิส จาก Table 1 พบว่า ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีความชื้นสุดท้าย เท่ากับ 15.32 g/100g และ 15.15 g/100g และมีค่า a_w เท่ากับ 0.68 และ 0.69 ตามลำดับ จัดเป็นอาหารกึ่งแห้ง เนื่องจากมีความชื้นอยู่ในช่วง 15-40 g/100g มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.65-0.90 (ปรียา, 2528) ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน เนื่องจากกำหนดปริมาณความชื้นสุดท้ายไว้ (15±1 g/100g) อย่างไรก็ตามพบว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสใช้เวลาการทำแห้ง (209 นาที) น้อยกว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (289 นาที) แสดงให้เห็นว่าการออสโมซิสก่อนการทำแห้งมีผลช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้งด้วยลมร้อนได้ถึง 80 นาที นอกจากนี้พบว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่า a_w ต่ำกว่าลูกตาลอ่อนที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ($p<0.05$) เนื่องจากในขั้นตอนของการออสโมซิส น้ำอิสระในผลไม้สามารถรวมตัวกับตัวถูกละลาย เช่น น้ำตาล ในสารละลายออสโมติก และยึดต่อกับโครงสร้างของอาหาร น้ำอิสระดังกล่าวจึงแยกออกจากอาหารได้ยาก ไม่สามารถเป็นตัวทำละลายกับสารอื่น ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (5.55 g/100g) มากกว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (4.36 g/100g) เนื่องจากการออสโมซิสเป็นการแช่ชิ้นเนื้อลูกตาลอ่อนในสารละลายออสโมติกที่ใช้น้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ด้านปริมาณแคลเซียมและปริมาณวิตามินซี แสดงให้เห็นว่าการเติมธาตุแคลเซียมในรูปของแคลเซียมแลคเตท และการเติมวิตามินซีในรูปของกรดแอสคอร์บิก สามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมและวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ได้ สอดคล้องกับที่ Fito และคณะ (2001) รายงานว่าสามารถเติมสารพวก PAC ลงในสารละลายออสโมติกได้ เช่น เติมแคลเซียมและเหล็กในสารละลายออสโมติกที่ใช้แช่มะเขือยาวและเปลือกส้ม แล้วสามารถเพิ่มแคลเซียมและเหล็กได้มากกว่าในของสด

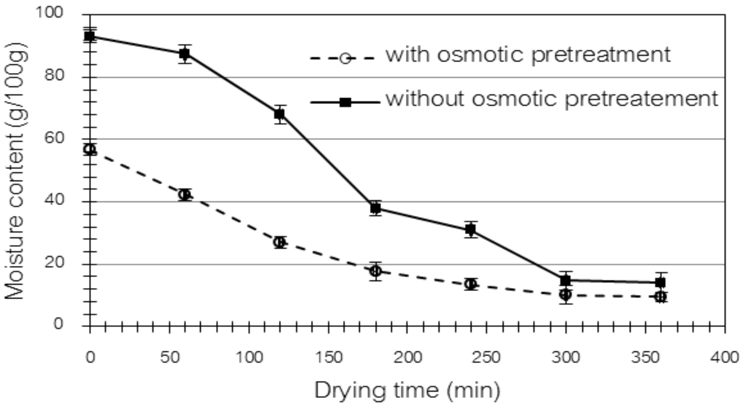


Figure 1 Moisture content of young palmyra with and without osmotic pretreatment during hot air drying

Table 1 Physicochemical qualities of semi-dried young palmyra with and without osmotic pretreatment

Physicochemical quality	with osmotic pretreatment	without osmotic pretreatment
Moisture content^{ns} (g/100g)	15.32 ± 0.16	15.15 ± 0.21
Total sugar content (mg/100g)	5.55 ± 0.07^{a}	4.36 ± 0.24^{b}
Calcium content (mg/100g)	198.47 ± 3.42^{a}	85.17 ± 0.64^{b}
Vitamin C content (mg/100g)	966.38 ± 1.54^{a}	19.91 ± 0.62^{b}
L*	43.04 ± 1.68^{a}	38.28 ± 0.26^{b}
a*	1.38 ± 0.15^{b}	11.48 ± 0.75^{a}
b*	15.97 ± 1.06^{b}	19.91 ± 1.75^{a}
a_w	0.68 ± 0.01^{b}	0.69 ± 0.01^{a}
Firmness (g)	732.97 ± 1.50^{a}	700.29 ± 1.27^{b}

$^{a,b,...}$Mean values in the same row with different superscript letters are significantly different (p<0.05)
^{ns} Mean values in the same row are not significantly different (p≥0.05)

สำหรับค่าสี L* a* และ b* พบว่า ผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่าสี L* (ความสว่าง) มากกว่าผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (p<0.05) แต่มีค่า a* (สีแดง) และ b*(สีเหลือง) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (p<0.05) แสดงให้เห็นว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีความสว่างมากกว่า ในขณะที่ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีสีออกน้ำตาลแดงและสีออกน้ำตาลเหลืองมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับสีที่สังเกตเห็นด้วยตาเปล่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีโอกาสสัมผัสกับความร้อนในการทำแห้งเป็นเวลานานกว่าจึงมีโอกาสเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ได้มากกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนหรือสารประกอบไนโตรเจน โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลผลิตที่ได้คือเมลานอยดิน (melanoidin) ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล มีรายงานว่าการออสโมซิสสามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารได้ เนื่องจากการออสโมซิสเป็นการแช่ชิ้นผลไม้ลงในสารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูง โดยชิ้นผลไม้จมอยู่ในสารละลายตลอดเวลา ซึ่งสามารถลดการสัมผัสกับออกซิเจนป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและช่วยรักษาความคงตัวของสีในผลิตภัณฑ์ได้ (Ponting และคณะ, 1996) ด้านค่าความแน่นเนื้อ พบว่า ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีแนวโน้มค่าความแน่นเนื้อ (732.97 g) มากกว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (700.29 g) อาจเนื่องมาจากการเติมแคลเซียมแลคเตทอาจมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสยังคงมีโครงสร้างแข็ง ไม่นิ่มเละมาก โดยเกลือแคลเซียมจะแตกตัวให้แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และสร้างพันธะกับเพคตินในชิ้นผลไม้ทำให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลโดย Ca^{2+} เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตท (calcium pectate) ที่ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง และแน่นเนื้อมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Barrera และคณะ (2004) ได้ศึกษาผลของการเสริมแคลเซียมและเหล็กในโครงสร้างรูพรุนของชิ้นแอปเปิ้ล พบว่าการเติมแคลเซียมแลทเตททำให้ตัวอย่างมีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ต่ำ โดยแคลเซียมสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพคตินบริเวณมิลเดิลลาเมลลา (middle lamella) ของผนังเซลล์พืชจึงทำให้ตัวอย่างมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น

Table 2 พบว่า ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบทุกด้านมากกว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ($p<0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และเนื้อสัมผัส ในช่วง 5.77-7.33 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.40 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ในขณะที่ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านในช่วง 4.70-5.50 อยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส มีลักษณะปรากฏดีกว่า มีสีเหลืองอ่อน รสชาติหวาน และเนื้อสัมผัสคงรูป แม้เนื้อสัมผัสด้านนอกแห้งแข็งแต่เนื้อด้านในนิ่ม เคี้ยวง่าย ในขณะที่ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีลักษณะสีน้ำตาลแดงคล้ำ รสชาติหวานน้อยกว่า และเนื้อสัมผัสทั้งด้านนอกและด้านในค่อนข้างแห้งแข็ง เคี้ยวยากกว่า หากพิจารณาร่วมกับค่าความแน่นเนื้อ (Table 1) พบว่า การที่ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส เป็นผลจากค่าความแน่นเนื้อที่รายงานจากค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้กดบริเวณที่ผิวด้านนอกของชิ้นลูกตาลเท่านั้น

Table 2 Sensory scores for quality attributes of semi-dried young palmyra with and without osmotic pretreatment

Quality attributes	with osmotic pretreatment	without osmotic pretreatment
Appearance	7.30 ± 1.06^{a}	5.20 ± 1.00^{b}
Color	7.33 ± 1.12^{a}	5.50 ± 1.25^{b}
Taste	6.23 ± 1.45^{a}	5.47 ± 1.28^{b}
Texture	5.77 ± 2.11^{a}	4.70 ± 1.64^{b}
Overall liking	6.40 ± 1.50^{a}	5.43 ± 1.22^{b}

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

สรุปผล

การเสริมสารเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ แคลเซียม วิตามินซี และโอลิโกฟรุคโตส ในระหว่างการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส มีผลให้ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งมีปริมาณแคลเซียม วิตามินซี และน้ำตาลทั้งหมด รวมทั้งได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งที่ผ่านการทำแห้งเพียงอย่างเดียว

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 104/2559

เอกสารอ้างอิง

ปรียา วิบูลเศรษฐ์, 2528, a_w กับอาหารและอาหาร IMF, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันอาหาร, 2560, ตลาดอาหารเพื่อสุขภาพของโลก, วันที่ค้นข้อมูล 31 พฤษภาคม 2560, เข้าถึงได้จาก www.fic.nfi.or.th/th/foodinsight/default.asp.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis (15th ed.), Arlinngton, Virginia, USA: The Association of official Analysis Chemists.

Barrera, C., Betoret, N., and Fito, P., 2004, Ca^{2+} and Fe^{2+} influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (var. Granny Smith), Journal of Food Engineering, 65: 9-14.

Fito, P., Chiralt, A., Betoret, N., Gras, M, Martinez, J., Andres, A., and Vidal, D., 2001, Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering application in functional fresh food development, Journal of Food Engineering, 49; 175-183.

Ponting, J.D., Walters, G. G., Forrey, R. R., Jackson, R., and Stanley, W.L., 1996, Osmotic dehydration of fruits. Food Technology, 20; 125-128.

Thammasatwasik, P., Hongpattarakere, T., Chantachum, S., Kitroongrote, K., Itharat, A., Reanmongkol, W., Tewtrakul, S., and Ooraikul, B., 2007, Studies of some Thai crops as sources of prebiotic ingredient, Final report submitted to National Science and Technology Development Agency.

การประเมินคุณภาพของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมผลไม้ระหว่างการเก็บที่สภาวะแช่เย็น
Quality Evaluation of Riceberry Rice Mixed Fruit Jelly during Chilled Storage

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] สันทัด วิเชียรโชติ[2] จตุพร ทองแดง[1] และ วณิชชา ศรีโชติ[1]
Yuenyongputtakal, W.[1], Wichienchot, S.[2] Thongdaeng, J.[1] and Srichot, W.[1]

Abstract

Monitoring of the quality changes during storage of food products helps to indicate the shelf life. This research evaluated the quality of riceberry rice mixed young coconut meat and pineapple juice jelly during chilled storage at 4±2 °C for 4 weeks. Storage stability in terms of quality parameters such as color, texture, rancidity, sensory and microbiological quality was evaluated. The results showed that the storage time affected L* a* and TBARS ($p<0.05$) but did not affected b*, hardness, adhesiveness and cohesiveness including ease of swallowing, liking in terms of color, texture, taste and overall liking ($p\geq0.05$). During storage time, the overall liking score was remained at very high level. The result from total plate count, yeast and mold analysis confirmed that stored jelly was safe for consumption.
Keywords: riceberry rice, jelly, chilled storage, safe for consumption

บทคัดย่อ

การติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารช่วยบ่งชี้อายุการเก็บได้ งานวิจัยนี้เป็นการประเมินคุณภาพเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมเนื้อมะพร้าวอ่อนและน้ำสับปะรดระหว่างการเก็บที่สภาวะแช่เย็นอุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยประเมินคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับความคงตัวระหว่างการเก็บ ได้แก่ สี เนื้อสัมผัส การหืน คุณภาพทางประสาทสัมผัสและทางจุลินทรีย์ ผลการประเมิน พบว่า ระยะเวลาการเก็บมีผลต่อค่าสี L* a* และค่า TBARS ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสี b* ค่าความแข็ง ค่าการยึดติดกัน และค่าการยึดเกาะติดกัน รวมทั้งความง่ายในการกลืน ความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p\geq0.05$) ตลอดการเก็บผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับคะแนนความชอบโดยรวมระดับชอบปานกลาง ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ยืนยันว่า เยลลี่ที่เก็บรักษานี้ยังมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค
คำสำคัญ: ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เยลลี่ การเก็บสภาวะแช่เย็น ปลอดภัยสำหรับการบริโภค

คำนำ

เยลลี่จัดเป็นอาหารประเภทเจลชนิดหนึ่ง มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวจากโครงสร้างของระบบคอลลอยด์ที่ไม่แสดงการไหล (no steady-state flow) ที่ประกอบด้วยของเหลวและของแข็ง โดยมีของเหลวทำหน้าที่เป็นตัวกลางและของแข็งที่มีอยู่ในโครงสร้างทำหน้าที่ประสานกันเป็นร่างแห การเกิดโครงสร้างของเจลขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลักระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกันเอง และระหว่างอนุภาคคอลลอยด์และสารที่เป็นของเหลว (ปาริฉัตร, 2545) จากลักษณะเนื้อสัมผัสที่ง่ายต่อการเคี้ยวและกลืนของเยลลี่จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นอาหารสำหรับผู้สูงอายุได้ อย่างไรก็ตามในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุต้องคำนึงถึงความเหมาะสมด้านคุณค่าทางโภชนาการ และต้องเป็นที่ดึงดูดใจของผู้สูงอายุด้วย เพราะหากมีคุณค่าทางโภชนาการไม่เหมาะสมและไม่เป็นที่ดึงดูดใจ อาจมีผลให้ผู้สูงอายุได้รับสารอาหารที่ไม่ครบถ้วนและเพียงพอได้ รวมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปแบบพร้อมบริโภค (ready to eat) และมีอายุการเก็บที่เหมาะสมจะสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้สูงอายุ ที่ไม่ต้องการใช้เวลาในการเตรียมและจัดหาอาหาร งานวิจัยนี้เป็นการนำผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ผ่านการพัฒนาสูตรแล้วมาเก็บรักษาโดยเลียนแบบสภาวะการเก็บจริงที่จะจัดจำหน่าย แล้วติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บเพื่อช่วยบ่งชี้อายุการเก็บ เยลลี่ในงานวิจัยนี้มีส่วนผสมหลัก คือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื่องจากเป็นแหล่งที่ดีของสารอาหารต่างๆ เช่น แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี สังกะสี และโฟเลต มีองค์ประกอบที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี รวมถึงมีรงควัตถุแอนโทไซยานินที่ให้สีออกม่วงแดง (พัช

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Amphor Muang, Chonburi 20131
[2] สถานวิจัยผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและอาหารเพื่อสุขภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
[2] Nutraceutical and Functional Food Research and Development Center, Prince of Songkla University, Amphor Hat Yai, Songkhla, 90110

ราภรณ์ และคณะ, 2556) โดยมีแนวคิดบูรณาการประโยชน์และปรับปรุงรสชาติจากการใช้เนื้อมะพร้าวอ่อนและน้ำสับปะรดร่วมด้วย เนื่องจากมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการและมีองค์ประกอบของสารที่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) โดยเนื้อมะพร้าวอ่อนเป็นแหล่งของแร่ธาตุที่ช่วยควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่สำคัญหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการปกป้องเซลล์จากความเสียหาย และการเผาผลาญโปรตีน เป็นต้น สำหรับน้ำสับปะรดมีเส้นใยที่ละลายน้ำได้ปริมาณมาก จึงช่วยเสริมการทำงานของระบบขับถ่าย มีเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยโปรตีน และมีสรรพคุณช่วยขับปัสสาวะ (Thammarutwasik และคณะ, 2009; ปฏิมา, 2556) งานวิจัยนี้ต้องการประเมินคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับความคงตัวระหว่างการเก็บ ได้แก่ สี เนื้อสัมผัส การหืน คุณภาพทางประสาทสัมผัสและทางจุลินทรีย์ของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมผลไม้ระหว่างการเก็บที่สภาวะแช่เย็น

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตเยลลี่ทำได้โดย ละลายแคปปา-คาราจีแนน 1.5 กรัม ในน้ำ 63 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จะได้สารละลายที่มีลักษณะใส จากนั้นเติมน้ำตาลทราย 7.5 กรัม แล้วให้ความร้อนต่อเป็นเวลา 2 นาที แล้วค่อยๆ เติมนำพิวเร่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 28 กรัม พิวเร่เนื้อมะพร้าวอ่อน 11.5 กรัม และน้ำสับปะรด 11.5 กรัม คนผสมให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนต่อเป็นเวลา 15 นาที บรรจุส่วนผสมในถ้วยพลาสติกโพลีโพรพิลีนขนาด 1 ออนซ์ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที ปิดฝาถ้วย แล้วปล่อยให้เยลลี่คงตัวโดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บรักษาโดยเลียนแบบสภาวะการจัดจำหน่ายจริง โดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้แก่ ค่าสี วัดด้วยเครื่องวัดสี และรายงานเป็นค่า L* a* และ b* ลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ทดสอบด้วยวิธี Texture profile analysis (TPA) รายงานเป็นค่า hardness, adhesiveness และ cohesiveness ค่า thiobarbituric acid-reactive substance (TBARS) (Buege และ Aust, 1978) ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 8 คน ประเมินความง่ายในการกลืน โดยใช้สเกลเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตร และประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนซึ่งเป็นผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) 30 คน ประเมินด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม รวมทั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (BAM, 2003)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี L* และ a* ของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสี b* ($p\geq0.05$) เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นถึง 4 สัปดาห์ ค่าสี L* มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 46.30 ในขณะที่ค่าสี a มีค่าคงที่ระหว่างการเก็บ 2 สัปดาห์ และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 4 สัปดาห์ ในขณะที่ค่าสี b* มีค่าคงที่ตลอดการเก็บรักษา สำหรับค่าสี L* พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเวลาเก็บรักษานานขึ้นมีผลให้ประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำของเจลลดลง ทำให้น้ำที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีโอกาสเกิดการแยกตัวออกมากได้ สังเกตได้จากมีน้ำปริมาณเล็กน้อยเคลือบที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ จึงอาจมีผลให้เกิดการสะท้อนของแสงมากขึ้นเล็กน้อย รวมทั้งสีที่บริเวณผิวหน้าถูกเจือจางด้วยน้ำที่เคลือบอยู่ จึงส่งผลให้เมื่อนำตัวอย่างมาวัดค่าสี ทำให้มีแนวโน้มค่าความสว่างเพิ่มขึ้นได้ เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าสี a* พบว่า ค่าสี a* มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บไว้ถึง 3 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาได้มีสีแดงจางลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นนั่นเอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุหลักในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสมบัติละลายได้ดีในน้ำ เมื่อการเก็บรักษานานขึ้นประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำของเจลลดลงทำให้น้ำที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่เกิดการแยกตัวออกมาก แอนโทไซยานินจึงมีโอกาสละลายออกมากับน้ำบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ได้ อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมจะเห็นว่าเยลลี่มีการเปลี่ยนแปลงสีไม่มากนัก อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์เยลลี่และสภาวะการเก็บสามารถรักษารงควัตถุแอนโทไซยานินได้ ในงานวิจัยนี้มีการใช้น้ำสับปะรดร่วมด้วยซึ่งทำให้ส่วนผสมเยลลี่มีสภาวะเป็นกรดอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Prodanov และคณะ (2004) รายงานว่า แอนโทไซยานินคงตัวได้ดีในสภาวะที่มีความเป็นกรด ค่า TBARS แสดงถึงผลการติดตามการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) ขั้นสุดท้าย โดยมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบสำคัญที่เป็นสาเหตุหลักและทำให้อาหารเกิดกลิ่นหืนได้ จากผลการทดลอง พบว่า ค่า TBARS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษา ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงที่เป็นองค์ประกอบของข้าวไรซ์เบอร์รี่และพิวเร่เนื้อมะพร้าวอ่อนเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา ตลอดการเก็บรักษาพบว่า มีค่า TBARS อยู่ในช่วง 2.15-10.98 mgMDA/kg มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์/กิโลกรัม

จาก Table 2 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่า hardness ค่า adhesiveness และ ค่า cohesiveness ของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ($p\geq0.05$) อาจเนื่องมาจากใช้สภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม เช่น การมีฝาปิด และเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น ช่วย

ลดโอกาสการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสได้ดี นอกจากนี้เจลเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาได้มีโครงสร้างเจลที่แข็งแรง ทนต่อสภาวะการเก็บรักษา แม้เยลลี่ที่พัฒนาได้นี้ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ คือ แคปปา-คาราจีแนนเพียงชนิดเดียวแต่ในส่วนผสมมีการใช้พิวเร่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และพิวเร่เนื้อมะพร้าวอ่อน ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้เจลมีความแข็งแรง เสริมการทำหน้าที่ของแคปปา-คาราจีแนนได้ Jenkins และ Donald (1998) กล่าวว่า ข้าวมีองค์ประกอบของสตาร์ชจำพวกอะไมโลส และอะไมโลเพคติน เมื่อได้รับความร้อนในสภาวะที่มีน้ำ สามารถเกิดการดูดน้ำและบวมพอง ตามกลไกการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) ทำให้เสริมการเกิดลักษณะเจลในเยลลี่ได้ Balasubramaniam และ Hassid (1973) รายงานว่าเนื้อมะพร้าวอ่อน มีเซลลูโลสและกาแลคโตแมนแนนเป็นองค์ประกอบด้วย โดยพอลีแซคคาไรด์ดังกล่าวมีสมบัติในการเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลได้ เมื่อพิจารณาผลการประเมินด้านความง่ายในการกลืน พบว่า มีความสอดคล้องกับค่าพารามิเตอร์ทางเนื้อสัมผัส กล่าวคือ ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคะแนนความง่ายในการกลืนเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 12.66-13.34 แสดงถึงมีความง่ายในการกลืนมาก จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ไม่ได้รับผลกระทบตลอดการเก็บรักษาโดยยังคงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับเป็นอาหารของผู้สูงอายุได้ Kohyama และคณะ (2015) รายงานว่า พารามิเตอร์ทางลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารประเภทเจลที่มีความสัมพันธ์กับความยากง่ายในการเคี้ยวและการกลืน ได้แก่ ค่า firmness ค่า cutting effort ค่า elasticity ค่า extensibility ค่า adhesiveness และค่า melting rate in the mouth

Table 1 Color value (L*, a* and b*) and TBARS of riceberry rice mixed fruit jelly during storage at 4±2 °C.

Storage time (week)	Means ± SD			
	L*	a*	b*^{ns}	TBARS (mgMDA/kg)
0	40.05 ± 0.27^{e}	9.54 ± 0.15^{a}	4.68 ± 0.09	2.15 ± 0.02^{e}
1	43.04 ± 0.41^{c}	9.49 ± 0.14^{a}	4.92 ± 0.16	3.62 ± 0.03^{d}
2	42.07 ± 0.53^{d}	9.57 ± 0.34^{a}	4.90 ± 0.21	6.85 ± 0.03^{c}
3	44.90 ± 0.52^{b}	9.12 ± 0.15^{b}	4.86 ± 0.04	8.31 ± 0.02^{b}
4	46.30 ± 0.51^{a}	8.89 ± 0.08^{b}	4.64 ± 0.19	10.98 ± 0.08^{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 ($p \geq 0.05$)

Table 2 Texture characteristics (Hardness, Adhesiveness and Cohesiveness) and ease of swallowing score of riceberry rice mixed fruit jelly during storage at 4±2 °C.

Storage time (week)	Means ± SD			
	Hardness^{ns}(g.)	Adhesiveness^{ns}(g.sec)	Cohesiveness^{ns}	Ease of swallowing score^{ns}*
0	2626.63 ± 319.39	-192.37 ± 41.23	0.19 ± 0.01	12.66 ± 1.12
1	2697.56 ± 341.46	-183.04 ± 45.12	0.20 ± 0.02	12.76 ± 1.11
2	2471.64 ± 158.79	-162.45 ± 41.85	0.20 ± 0.02	12.70 ± 0.69
3	2475.84 ± 117.65	-197.54 ± 5.63	0.19 ± 0.02	13.26 ± 1.03
4	2595.78 ± 241.13	-199.66 ± 10.03	0.19 ± 0.02	13.34 ± 0.69

^{ns} Mean values in the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$) * Score from 0-15

จาก Table 3 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ($p \geq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า แม้คุณลักษณะบางประการมีการเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษา เช่น ความเข้มสีแดง ค่า TBARS แต่ผู้ทดสอบยังคงยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ในคุณลักษณะทุกด้านที่ประเมิน โดยได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 7.00-7.90 แสดงถึงระดับชอบปานกลาง จาก Table 4 พบว่า ตลอดการเก็บรักษามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ไม่เกินเกณฑ์กำหนดด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคเยลลี่ ที่กำหนดไว้ว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^{4} CFU/g ปริมาณยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 CFU/g (มาตรฐาน มผช. 518/2547) โดยปริมาณจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นสภาวะแบคทีเรียกลุ่ม psychrophiles และราในกลุ่ม osmophilic yeast

สรุปผล

เยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมผลไม้สามารถเก็บรักษาได้โดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยยังปลอดภัยสำหรับการบริโภคและเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบปานกลาง

Table 3 Liking score of riceberry rice mixed fruit jelly during storage at 4±2 °C.

Storage time (week)	Means ± SD			
	Color[ns]	Taste[ns]	Texture[ns]	Overall liking[ns*]
0	7.37 ± 0.56	7.60 ± 1.00	7.80 ± 0.85	7.77 ± 0.63
1	7.17 ± 0.70	7.10 ± 1.06	7.10 ± 1.12	7.53 ± 0.57
2	7.23 ± 0.94	7.33 ± 0.99	7.50 ± 0.97	7.90 ± 0.61
3	7.07 ± 0.87	7.13 ± 1.11	7.43 ± 0.94	7.80 ± 0.55
4	7.20 ± 0.89	7.00 ± 0.87	7.10 ± 0.99	7.53 ± 0.51

* 1 = Extremely dislike, 5 = Neither like nor dislike and 9 = Extremely like
[ns] Mean values in the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

Table 4 Total plate count, yeast and mold of riceberry rice mixed fruit jelly during storage at 4±2 °C.

Storage time (week)	Means (cfu/g)	
	Total plate count	Yeast and Mold
0	<10 est.	<10 est.
1	<10 est.	<10 est.
2	<10 est.	<10 est.
3	1.0×10^1	<10 est.
4	3.5×10^1	<10 est.

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 76/2560

เอกสารอ้างอิง

ปฏิมา พรพจมาน, 2556, ประโยชน์ของสับปะรด. วันที่ค้นข้อมูล 12 ธันวาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://preservedphuketpineapple.blogspot.com

ปาริฉัตร หงสประภาส, 2545, เคมีกายภาพของอาหาร คอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัชราภรณ์ รัตนธรรม, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2556, สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2): 441-444.

Bacteriological Analytical Manual (BAM), 2003, Food Sampling/Preparation of Sample Homogenate Chapter 1, [Online], Available: http//:www.fda.moph.go.th

Balasubramaniam, K., Hassid, W.Z., 1973, Biosynthesis of mannans in coconut, Ceylon Association for the Advancement of Science Proceedings of the Annual Session 29(PT 1), p. 155.

Buege, J.A. and Aust, S.D., 1978, Microsomal lipid peroxidation, Methods in Enzymology, 52:302-310.

Jenkins, P.J. and Donald, A.M., 1998, Gelatinization of Starch: A Combined Saxs/waxs/dsc and Sans Study, Carbohydrate Research, 308: 133-147.

Kohyama, K., Hayakawa, F., Kazami, Y., Ishihara, S., Nakao, S., Funami, T. and Nishinari, K., 2015, Electromyographic texture characterization of hydrocolloid gels as model foods with varying mastication and swallowing difficulties, Food Hydrocolloids, 43: 146-152.

Prodanov, M.P., Dominguez, J.A., Blazquez, I., Salinas, M.R. and Alonso, L., 2004, Some aspects of the quantitative/qualitative assessment of com mercial anthocyanin–rich extracts, Food Chemistry, 90: 585–596.

Thammarutwasik, P., Hongpattarakere, T., Chantachum, S., Kijroongrojana, K., Itharat, A., Reanmongkol, W., Tewtrakul, S. and Ooraikul, B., 2009, Prebiotics: A review, Songklanakarin Journal of Science Technology, 31(4):401-408.

ผลของการเติมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน
Effect of Incorporation of Whole Mung Bean Flour on Quality of Extruded Rice Pasta

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1], ภัทราวดี แดงอุไร[1], อโนชา สุขสมบูรณ์[1], และอาภัสรา แสงนาค[2]
Limroongreungrat, K.[1], Dangurai, P.[1], Suksomboon, A.[1], and Sangmark, A.[2]

Abstract

The aim of this research was to study the effect of whole mung bean flour incorporation on quality of extruded rice pasta. Whole mung bean flour was substituted for rice flour at the levels of 0, 10, 20, 30, 40 and 50% (flour basis). Results showed that cooking yield, firmness and tensile strength of cooked pasta increased with the increase of whole mung bean flour while optimum cooking time, cooking loss and adhesiveness decreased ($p<0.05$). Color values (L*, c*, h*) of cooked pasta decreased as the amount of whole mung bean flour increased. Sensory results indicated that the rice pasta with 30% whole mung bean flour received the highest overall liking score. Sensory scores in all attributes of the obtained pasta and commercial brown rice pasta were not significantly different ($p\geq0.05$).
Keywords: rice pasta, whole mung bean flour, pasta quality

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน โดยแปรปริมาณแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดเป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้ง) ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักหลังการต้ม ความแน่นเนื้อและความต้านทานต่อการดึงขาดของพาสต้าต้มสุกเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดเพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาที่เหมาะสมในการต้ม ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และการยึดเกาะลดลง ($p<0.05$) ค่าสี (L*, c*, h*) ของพาสต้าต้มสุกลดลงเมื่อปริมาณของแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดเพิ่มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าพาสต้าที่เติมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดร้อยละ 30 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านของพาสต้าที่เตรียมได้ไม่แตกต่างกับพาสต้าข้าวกล้องทางการค้า ($p\geq0.05$)
คำสำคัญ: พาสต้าข้าวเจ้า แป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ด คุณภาพของพาสต้า

คำนำ

พาสต้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคเป็นอาหารหลักทั่วโลกและสามารถเสริมคุณค่าทางโภชนาการจากวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เช่น ถั่วเมล็ดแห้งซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีน ใยอาหาร และสารพฤกษเคมี โดยมีรายงานวิจัยว่าแป้งจากพืชวงศ์ถั่ว ได้แก่ แป้งถั่วดำและแป้งถั่วนิ้วนางแดงมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้าเพื่อสุขภาพ (กุลยาและอโนชา, 2557; กุลยาและคณะ, 2558) ถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบที่มีการนำมาแปรรูปเป็นสตาร์ชและนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย อย่างไรก็ตามการนำถั่วเขียวทั้งเมล็ดมาสกัดเป็นสตาร์ชทำให้มีการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ โดยมีรายงานว่าถั่วเขียวทั้งเมล็ดประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 27.10 สตาร์ชร้อยละ 54.58 ไขมันร้อยละ 1.28 และเถ้าร้อยละ 2.91 โดยน้ำหนักแห้ง (Du และคณะ, 2014) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดมาทดแทนแป้งข้าวเจ้าในการผลิตพาสต้าเพื่อสุขภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

[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

เตรียมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดโดยนำเมล็ดถั่วเขียวที่ยังมีเปลือกหุ้มเมล็ดมาทำความสะอาด บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช เตรียมพาสต้าข้าวเจ้าโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ตามวิธีของกุลยาและคณะ (2558) โดยแปรปริมาณแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าเป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้ง) นำพาสต้าที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม (cooking quality) ตามวิธี AACC (2000) ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มพาสต้าให้สุก (cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) วัดค่าสีโดยนำพาสต้าต้มสุกมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus) รายงานเป็นค่า L* c* และ h* วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA-XT Plus) ตามวิธีของกุลยาและคณะ (2558) รายงานเป็นค่าความต้านทานต่อการดึงขาด (tensile strength) ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (adhesiveness) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำพาสต้าต้มสุกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน นำพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับพาสต้าข้าวกล้องทางการค้าและพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้มและเนื้อสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ด พบว่าเมื่อปริมาณแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-50 โดยน้ำหนักแป้ง) ระยะเวลาในการต้มสุกมีแนวโน้มลดลงจาก 19.5 นาที เป็น 14.0 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มและค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้ามีค่าลดลง ในขณะที่น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น (Table 1, $p<0.05$) โดยพาสต้าที่ไม่มีการทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ด (ร้อยละ 0) มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มสูงที่สุด (ร้อยละ 19.47) ในขณะที่พาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดร้อยละ 10-50 มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้มร้อยละ 8.62-9.48 อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเชิงหน้าที่ของแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดและแป้งข้าวเจ้าแตกต่างกัน โดยแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดมีปริมาณอะไมโลสและโปรตีนสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า จึงช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับเส้นพาสต้าทำให้การแตกออกของเม็ดแป้งในระหว่างการต้มและการหลุดออกของอะไมโลสที่ผิวหน้าลดลง พาสต้าจึงมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มและค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลงซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง (กุลยาและคณะ, 2558) นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากระยะเวลาในการต้มสุกของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดมีแนวโน้มลดลงทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มมีค่าลดลง โดยมีรายงานว่าแป้งจากพืชตระกูลถั่วมีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า (Surojannametkul และคณะ, 2002; Wani และคณะ, 2013) ซึ่งอาจส่งผลต่อระยะเวลาในการต้มสุกและน้ำหนักหลังการต้มของผลิตภัณฑ์ พาสต้าต้มสุกมีค่าความสว่าง (L*) ความเข้มสี (c*) และมุมของเฉดสี (h*) ลดลงเมื่อใช้ปริมาณแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดเพิ่มขึ้น ยกเว้นพาสต้าที่ไม่เติมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดที่มีค่า c* ต่ำที่สุด (Table 2, $p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้มีค่าสีแตกต่างกัน โดยแป้งข้าวเจ้ามีค่า L* (98.62) สูงกว่าแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ด (87.25) การใช้ปริมาณแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่า L* ลดลง นอกจากนี้แป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดยังประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเขียวจึงทำให้พาสต้าที่เติมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดมีค่า c* สูงกว่าพาสต้าที่ไม่เติมแป้งถั่วเขียว อย่างไรก็ตามในการผลิตพาสต้าโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชันแบบใช้ความร้อนอาจมีผลทำให้คลอโรฟิลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ซึ่งให้สีน้ำตาล (Von Elbe และ Schwartz, 1996) ประกอบกับการต้มพาสต้ามีผลทำให้รงควัตถุถูกชะออกมาในน้ำต้มได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า c* และ h* ลดลง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพาสต้าต้มสุก พบว่าเมื่อปริมาณแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่คะแนนด้านกลิ่นและรสชาติมีแนวโน้มลดลง (Figure 1) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเติมแป้งถั่วเขียวในปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลทำให้โครงสร้างของเส้นพาสต้าแข็งแรง และพาสต้าที่ได้มีลักษณะผิวหน้าเรียบและมีความเหนียวเพิ่มขึ้น แต่การทดแทนแป้งถั่วเขียวในปริมาณที่สูงขึ้น (ร้อยละ 40-50) อาจทำให้พาสต้ามีกลิ่นรสถั่วเขียวมากเกินไปและไม่เป็นที่ยอมรับ โดยพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดร้อยละ 30 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และเมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับพาสต้าข้าวกล้องและพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า พบว่า พาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทน

ด้วยแป้งถั่วเขียวร้อยละ 30 และพาสต้าข้าวกล้องทางการค้าได้คะแนนความชอบในทุกด้านต่ำกว่าพาสต้าข้าวสาลีทางการค้า อาจเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ทำพาสต้ามีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน โดยข้าวสาลีมีโปรตีนกลูเตนซึ่งให้โครงสร้างของเส้นพาสต้าที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่น ในขณะที่ข้าวเจ้าและถั่วเขียวไม่มีโปรตีนกลูเตนแต่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักที่ให้โครงสร้างของพาสต้า นอกจากนี้ข้าวกล้องและถั่วเขียวยังมีสีและกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบที่ผู้ทดสอบไม่คุ้นเคย อย่างไรก็ตามพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วเขียวร้อยละ 30 และพาสต้าข้าวกล้องทางการค้าได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

สรุปผล

การใช้แป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดทดแทนแป้งข้าวเจ้ามีผลต่อคุณภาพหลังการต้ม ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน โดยเมื่อใช้ปริมาณแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดเพิ่มขึ้น น้ำหนักหลังการต้ม ความแน่นเนื้อและความต้านทานต่อการดึงขาดของพาสต้าต้มสุกเพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาที่เหมาะสมในการต้ม ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม การยึดเกาะที่ผิวหน้า และค่าสี (L^*, c^*, h^*) ของพาสต้าต้มสุกลดลง ($p<0.05$) โดยพาสต้าที่เติมแป้งถั่วเขียวทั้งเมล็ดร้อยละ 30 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกับพาสต้าข้าวกล้องทางการค้า ($p \geq 0.05$)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2557, ผลของการทดแทนแป้งถั่วดำต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45, 2(พิเศษ): 541-544.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, อโนชา สุขสมบูรณ์ และอาภัสรา แสงนาค, 2558, ผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46, 3(พิเศษ): 537-540.

AACC, 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (10^{th} ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.

Du, S.K., Jiang, H., Yu, X., and Jane, J.L., 2014, Physicochemical and functional properties of whole legume flour, LWT-Food Science and Technology, 55: 308-313.

Surojannametakul, V., Tungtakul, P., Varanyanond, W. and Supasri, R., 2002, Effects of partial replacement of rice flour with various starches on the physicochemical and sensory properties of "Sen Lek" noodle, Kasetsart Journal (Natural Science), 36: 55-62.

Von Elbe, J. H., and Schwartz, S. J., 1996, Colorants, In O. R. Fennema (Ed.), Food Chemistry (pp. 651–722), Marcel Dekker, New York, USA.

Wani, I.A., Sogi, D.S., Wani, A.A. and Gill, B.S., 2013, Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kindney bean (*Phaseolus vulgais* L.) cultivars, LWT-Food Science and Technology, 53: 278-284.

Table 1 Cooking quality and texture of extruded rice pasta as affected by different levels of whole mung bean flour

Whole mung bean flour (% flour basis)	Cooking loss (%)	Cooking yield (%)	Firmness (g force)	Tensile strength (g force)	Adhesiveness (g force.s)
0	$19.47^{a} \pm 0.61$	$171.17^{f} \pm 0.58$	$606.45^{f} \pm 12.71$	$53.84^{f} \pm 4.78$	$15.24^{a} \pm 2.02$
10	$9.48^{b} \pm 0.36$	$198.05^{e} \pm 0.24$	$683.69^{e} \pm 9.14$	$59.26^{e} \pm 0.77$	$6.63^{b} \pm 5.23$
20	$9.18^{bc} \pm 0.10$	$215.62^{d} \pm 1.24$	$742.02^{d} \pm 3.66$	$65.29^{d} \pm 4.05$	$6.62^{b} \pm 2.43$
30	$9.05^{bc} \pm 0.08$	$222.92^{c} \pm 0.33$	$818.06^{c} \pm 1.00$	$77.08^{c} \pm 2.37$	$5.97^{b} \pm 2.42$
40	$8.88^{bc} \pm 0.04$	$234.51^{b} \pm 0.44$	$893.33^{b} \pm 1.71$	$83.68^{b} \pm 4.85$	$5.51^{b} \pm 0.51$
50	$8.62^{c} \pm 0.25$	$241.99^{a} \pm 0.23$	$937.87^{a} \pm 0.82$	$87.77^{a} \pm 5.88$	$5.27^{b} \pm 1.55$

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

Table 2 Color values of extruded rice pasta as affected by different levels of whole mung bean flour

Whole mung bean flour (% flour basis)	L*	c*	h*
0	$72.41^{a} \pm 0.73$	$5.59^{d} \pm 0.51$	$104.94^{a} \pm 0.11$
10	$62.19^{b} \pm 0.39$	$13.60^{a} \pm 0.49$	$87.54^{b} \pm 0.51$
20	$57.75^{c} \pm 0.64$	$12.68^{b} \pm 0.13$	$83.66^{c} \pm 0.34$
30	$50.46^{d} \pm 0.53$	$12.13^{b} \pm 0.20$	$82.87^{c} \pm 0.40$
40	$48.92^{d} \pm 0.91$	$12.41^{b} \pm 0.47$	$82.06^{c} \pm 0.07$
50	$45.06^{e} \pm 0.53$	$10.64^{c} \pm 0.03$	$81.92^{c} \pm 0.48$

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

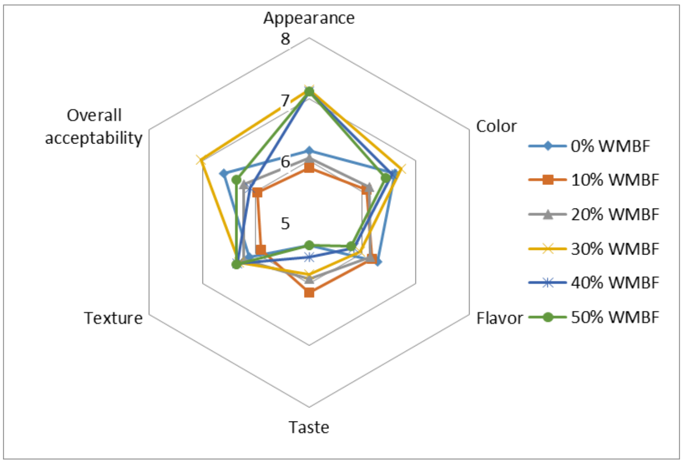


Figure 1 Sensory scores of extruded rice pasta as affected by different levels of whole mung bean flour (WMBF) (1= Dislike extremely, 9= Like extremely)

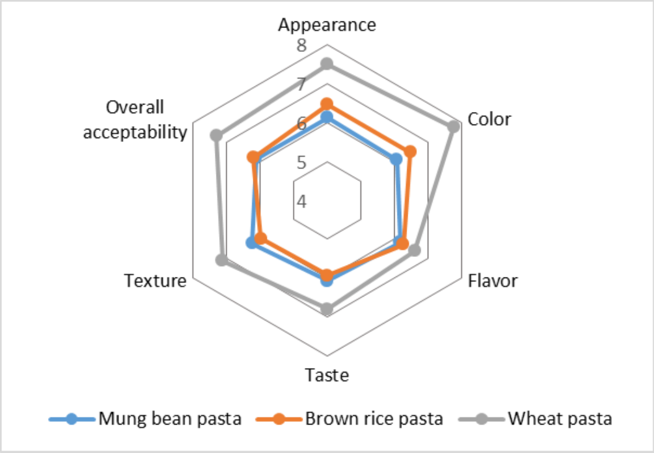


Figure 2 Sensory scores of extruded rice pasta substituted with whole mung bean flour (Mung bean pasta), commercial brown rice pasta and wheat pasta (1= Dislike extremely, 9= Like extremely)

ผลของเกลือฟอสเฟตต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายผักกาดทะเล
Effect of Phosphate Salts on Quality of Non-fried Instant Noodle Supplemented with Sea Lettuce *(Ulva rigida)*

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] พัณนิดา ผาลี[1] รัตน์ชฎาพร ลักษณะโยธิน[1] อโนชา สุขสมบูรณ์[1] และสมถวิล จริตควร[2]
Limroongreungrat, K.[1], Phalee, P.[1], Luksanayothin, R.[1], Suksomboon, A.[1] and Jaritkhuan, S[2]

Abstract

Sea lettuce (*Ulva rigida*), a good source of protein, minerals and phytochemicals, has a potential to produce healthy non-fried instant noodle. The effect of phosphate salts on quality of non-fried instant noodle supplemented with 4% sea lettuce powder was investigated. Two types of phosphate salts including monosodium phosphate (MSP) and disodium phosphate (DSP) were added in noodle formulation at the levels of 0, 0.15, 0.30, 0.45% (flour weight). The pH of dough and quality of noodles in terms of cooking quality, texture and sensory attributes were analyzed. The increased of MSP and DSP levels resulted in the decrease of dough pH, optimum cooking time, cooking loss and firmness ($p<0.05$). No significant difference among overall acceptance scores of the noodle with 0.15-0.3% MSP and DSP was observed ($p\geq0.05$) and those samples were rated as moderately like. However, the noodle with 0.3% DSP had the lowest cooking loss and cooking time.

Keywords: monosodium phosphate, disodium phosphate, non-fried instant noodle, sea lettuce (*Ulva rigida*)

บทคัดย่อ

สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) เป็นแหล่งของโปรตีน แร่ธาตุ และสารพฤกษเคมี รวมถึงมีศักยภาพในการนำมาผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของเกลือฟอสเฟตต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายผักกาดทะเลผงร้อยละ 4 โดยเติมเกลือฟอสเฟต 2 ชนิด ได้แก่ โมโนโซเดียมฟอสเฟต และไดโซเดียมฟอสเฟตในสูตรบะหมี่ในปริมาณร้อยละ 0, 0.15, 0.30, 0.45% (โดยน้ำหนักแป้ง) วิเคราะห์ค่าพีเอชของโดบะหมี่และคุณภาพของบะหมี่ในด้านคุณภาพหลังการต้ม ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อปริมาณโมโนโซเดียมฟอสเฟตและไดโซเดียมฟอสเฟตเพิ่มขึ้นทำให้พีเอชของโด เวลาที่เหมาะสมในการต้มสุก ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และค่าความแน่นเนื้อลดลง ($p<0.05$) โดยบะหมี่ที่เติมโมโนโซเดียมฟอสเฟตและไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.15-0.30 ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามบะหมี่ที่เติมไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.30 มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำที่สุดและใช้เวลาในการต้มน้อยที่สุด

คำสำคัญ: โมโนโซเดียมฟอสเฟต ไดโซเดียมฟอสเฟต บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด สาหร่ายผักกาดทะเล

คำนำ

สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของโปรตีน แร่ธาตุ และสารพฤกษเคมี เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ เป็นต้น (Kadam และ Prabhasankar, 2010) โดยมีรายงานว่าสาหร่ายทะเลเหมาะที่จะนำมาใช้ในอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นอาหารที่มีโปรตีน วิตามินและเกลือแร่ที่ร่างกายต้องการ ให้แคลอรี่และไขมันต่ำ และมีเส้นใยอาหารสูงซึ่งช่วยให้การขับถ่ายสะดวก ป้องกันท้องผูก และป้องกันการเกิดริดสีดวงทวาร (กาญจนภาชน์, 2548) จึงน่าสนใจนำมาเติมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพหลายชนิด ได้แก่ พาสต้า บะหมี่ เป็นต้น โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ของกุลยาและอโนชา (2557) ได้ศึกษาผลของปริมาณสาหร่ายผักกาดทะเลผงต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด พบว่าบะหมี่ที่เติมสาหร่ายผักกาดทะเลผงร้อยละ 4 (โดยน้ำหนักแป้งสาลี) ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและมีค่าแรงดึงขาดสูงที่สุด โดยบะหมี่เสริมสาหร่ายที่

---

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

เตรียมได้มีเฉดสีอยู่ในโทนสีเหลืองเขียวซึ่งเป็นผลมาจากสาหร่ายผักกาดทะเลผงมีคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวเป็นองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่เสริมสาหร่ายผักกาดทะเลผงในบางคุณลักษณะ เช่น ด้านเนื้อสัมผัส ได้คะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า ในการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปทางการค้ามักมีการเติมแป้งดัดแปรทางเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังมีการนำเกลือฟอสเฟตมาใช้ปรับปรุงสมบัติการเกิดเจลในระหว่างการต้มสุก การอุ้มน้ำ คุณภาพของโดและลดเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาผลของการเติมเกลือฟอสเฟตต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด พบว่า การเติมเกลือฟอสเฟต 3 ชนิด ได้แก่ โมโนโซเดียมฟอสเฟต ไดโซเดียมฟอสเฟต และไดโปแตสเซียมฟอสเฟตทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองและมีความสว่างมากขึ้น และการใช้ไดโซเดียมฟอสเฟตหรือไดโปแตสเซียมฟอสเฟตในปริมาณร้อยละ 0.3 ช่วยลดปริมาณสตาร์ชมันฝรั่งดัดแปรทางเคมีในสูตรบะหมี่จากร้อยละ 15 เป็นร้อยละ 10 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น (Wang และคณะ, 2011a) แม้ว่าเกลือฟอสเฟตทั้ง 3 ชนิดสามารถนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์บะหมี่ได้เหมือนกัน แต่ไดโปแตสเซียมฟอสเฟตมีราคาสูงกว่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำเกลือฟอสเฟต 2 ชนิด (โมโนโซเดียมฟอสเฟตและไดโซเดียมฟอสเฟต) มาปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายผักกาดทะเลผง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเกลือฟอสเฟตต่อคุณภาพของโดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์บะหมี่ในด้านคุณภาพด้านการหุงต้ม ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายผักกาดทะเลผงร้อยละ 4 (โดยน้ำหนักแป้ง) โดยใช้สูตรและวิธีทำตามวิธีของกุลยาและอโนชา (2557) เติมเกลือฟอสเฟต 2 ชนิด ได้แก่ โมโนโซเดียมฟอสเฟต และไดโซเดียมฟอสเฟต โดยแปรปริมาณเป็นร้อยละ 0 (control), 0.15, 0.30 และ 0.45% (โดยน้ำหนักแป้งสาลี) วัด pH ของโดบะหมี่ ตามวิธีของ Wang และคณะ (2011a) และนำบะหมี่ที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม (cooking quality) ตามวิธี AACC (2000) ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (optimum cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (cooking yield) วิเคราะห์ค่าสี (L*, a*, b*) ของบะหมี่ต้มสุกด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus) และคำนวณค่ามุมของเฉดสี (Hue angle, h°) จาก $h° = tan^{-1} (b*/a*)$ วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (stable micro system, TA-XT Plus) ตามวิธีของกุลยาและอโนชา (2557) รายงานเป็นค่าความต้านทานต่อการดึงขาด (tensile strength) ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (adhesiveness) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำบะหมี่ต้มสุกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวัดค่า pH ของโดบะหมี่พบว่า pH มีค่าลดลงเมื่อเติมเกลือฟอสเฟตทั้งสองชนิด โดยการเปลี่ยนแปลง pH ของโดที่เติมโมโนโซเดียมฟอสเฟตและไดโซเดียมฟอสเฟตมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากมีองค์ประกอบและความสามารถในการละลายที่แตกต่างกัน โดยโมโนโซเดียมฟอสเฟตมีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่า (Zhou และ Hou, 2012) แต่อย่างไรก็ตาม pH ของบะหมี่ยังอยู่ในช่วงปกติของบะหมี่ที่เติมด่าง (pH 9-10) ผลการวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้มของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอดเสริมสาหร่ายผักกาดทะเลผง พบว่าเมื่อปริมาณเกลือฟอสเฟตทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ระยะเวลาในการต้มสุก และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง (Table 1, $p<0.05$) แต่น้ำหนักหลังการต้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยบะหมี่ที่ไม่เติมเกลือฟอสเฟต (control) ใช้เวลาในการต้มสุก 4.0 นาที แต่เมื่อปริมาณเกลือฟอสเฟตทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.15 เป็นร้อยละ 0.45 มีผลทำให้ระยะเวลาในการต้มสุกลดลงจาก 3.5 นาทีเป็น 3.0 นาที อาจเนื่องจากเกลือฟอสเฟตมีสมบัติในการกักเก็บน้ำและช่วยในการอุ้มน้ำ การใช้เกลือฟอสเฟตในบะหมี่เพื่อช่วยปรับปรุงการเกิดเจลในระหว่างการทำให้สุก ทำให้ระยะเวลาในการต้มสุกลดลง (Zhou และ Hou, 2012) บะหมี่ที่เติมเกลือฟอสเฟตทั้งสองชนิด (ร้อยละ 0.15-0.45) มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง อาจเนื่องจากโมเลกุลของฟอสเฟตมีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งช่วยในการจับกันของสตาร์ชและฟอสเฟต ทำให้สตาร์ชมีความคงทน สตาร์ชจึงพองตัวได้น้อยและทำให้อะไมโลสหลุดออกจากเม็ดสตาร์ชน้อยลง ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มจึงลดลง (Fu, 2008) โดยการใช้ไดโซเดียมฟอสเฟตทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำกว่าการใช้โมโนโซเดียมฟอสเฟต อาจ

เนื่องจากไดโซเดียมฟอสเฟตมีความเป็นประจุมากกว่าโมโนโซเดียมฟอสเฟต ทำให้ไดโซเดียมฟอสเฟตสามารถจับกับโปรตีนได้ดีกว่า โดยเกลือฟอสเฟตทำให้สายโปรตีนเกิดการคลายตัวและจับกันเอง (Wang และคณะ, 2011b) ทำให้เกิดโครงร่างที่แข็งแรงที่สามารถห่อหุ้มเม็ดสตาร์ชไว้ได้ ในระหว่างการต้มสตาร์ชจึงหลุดออกมาได้น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม ชนิดและปริมาณเกลือฟอสเฟตไม่มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของบะหมี่ต้มสุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยบะหมี่มีค่ามุมของเฉดสีอยู่ในช่วง 112.58-116.44 $^{\circ}$ แสดงถึงสีของบะหมี่อยู่ในโทนสีเหลืองเขียว (McGuire, 1992)

ปริมาณเกลือฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อและค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าของบะหมี่ลดลง (Table 2, $p<0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเกลือฟอสเฟตมีสมบัติในการอุ้มน้ำและกักเก็บน้ำ ทำให้เส้นบะหมี่ดูดซับน้ำได้มากมีผลให้ค่าความแน่นเนื้อลดลง นอกจากนี้เกลือฟอสเฟตสามารถจับกับสตาร์ช ทำให้สตาร์ชพองตัวได้น้อยและทำให้อะไมโลสที่ผิวหน้าหลุดออกได้น้อยลง (Fu, 2008) ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าจึงลดลง แต่ชนิดและปริมาณของเกลือฟอสเฟตไม่มีผลต่อค่าความต้านทานต่อการดึงขาด ($p\geq0.05$)

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Figure 1) พบว่าเมื่อใช้เกลือฟอสเฟตทั้งสองชนิดในปริมาณที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0.15-0.45) ทำให้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีแนวโน้มลดลง ส่วนคะแนนความชอบในด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และบะหมี่ทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบในด้านสีไม่แตกต่างกันโดยอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง บะหมี่ที่เติมโมโนโซเดียมฟอสเฟตและไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.15-0.30 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดและไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

สรุปผล

ชนิดและปริมาณของเกลือฟอสเฟตมีผลต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด โดยเมื่อปริมาณโมโนโซเดียมฟอสเฟตและไดโซเดียมฟอสเฟตเพิ่มขึ้นทำให้พีเอชของโด เวลาที่เหมาะสมในการต้มสุก ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และค่าความแน่นเนื้อลดลง ($p<0.05$) โดยบะหมี่ที่เติมโมโนโซเดียมฟอสเฟตและไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.15-0.30 ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามบะหมี่ที่เติมไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.30 มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำที่สุดและใช้เวลาในการต้มน้อยที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2548, บริโภคสาหร่ายได้ประโยชน์อะไร, จุลสารชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. 1, 2: 1-2.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2557, ผลของการเติมสาหร่ายผักกาดทะเลและความชื้นของส่วนผสมแป้งต่อคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปแบบไม่ทอด, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 45, 2(พิเศษ): 533-536.

AACC, 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (10th ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.

Fu, B .X., 2008, Asian noodles: History ,classification, raw materials, and processing, Journal of Food Research Internation, 41(9), 888-902.

Kadam, S.U. and Prabhasankar, P., 2010, Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products, Food Research International, 43: 1975-1980.

McGuire, R.G., 1992, Reporting of objective color measurements, HortScience, 27: 1254-1255.

Wang, L., Hoc, G., Hsu, Y.H., and Zhou, L.R., 2011a, Effect of phosphate salts on the Korean non-fried instant noodle quality, Cereal Chemistry, 54, 506-512.

Wang, L., Hoc, G., Hsu, Y.H., and Zhou, L.R., 2011b, Effect of phosphate salts on the pasting properties of Korean instant-fried noodle. Cereal Chemistry, 88 (2), 142-146.

Zhou, Y., and Hou, G.G., 2012, Effect of phosphate salts on the pH values and rapid visco analyser (RVA) pasting parameters of wheat flour suspension, Cereal Chemistry, 89(1), 38-43.

Table 1 Effect of monosodium phosphate (MSP) and disodium phosphate (DSP) on pH of noodle dough and cooking quality of non-fried instant noodles fortified with sea lettuce

Phosphate salts (%)	pH of dough	Cooking loss (%)	Cooking yield^{ns} (%)	Optimum cooking time (min)
Control	9.55^{a} ± 0.11	4.74^{a} ± 0.24	225.27 ± 8.61	4.00
0.15% MSP	9.32^{bc} ± 0.06	5.46^{a} ± 0.42	226.93 ± 1.39	3.50
0.30% MSP	9.32^{bc} ± 0.04	4.69^{b} ± 0.10	224.64 ± 9.61	3.00
0.45% MSP	9.26^{c} ± 0.01	4.32^{b} ± 0.40	221.02 ± 9.63	3.00
0.15% DSP	9.52^{a} ± 0.08	4.26^{b} ± 0.27	229.72 ± 2.97	3.50
0.30% DSP	9.44^{ab} ± 0.06	3.39^{c} ± 0.35	210.96 ± 7.46	3.00
0.45% DSP	9.3^{5bc} ± 0.06	3.14^{c} ± 0.36	212.94 ± 8.40	3.00

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$).

Table 2 Effect of monosodium phosphate (MSP) and disodium phosphate (DSP) on texture of non-fried instant noodles fortified with sea lettuce

Phosphate salts (%)	Firmness (g force)	Tensile strength (g force)^{ns}	Adhesiveness (g force.s)
Control	292.48^{b} ± 9.21	15.85 ± 0.37	99.80^{b}± 0.46
0.15% MSP	223.20^{d}± 5.65	16.36 ± 0.12	102.08^{b} ± 7.44
0.30% MSP	209.91^{e}± 8.91	16.72 ± 0.62	100.24^{b} ± 2.28
0.45% MSP	169.85^{f}± 2.49	14.69 ± 0.12	121.12^{a} ± 0.26
0.15% DSP	350.40^{a} ± 8.57	16.53 ± 0.60	75.04^{e} ± 1.07
0.30% DSP	291.60^{b} ± 5.43	16.53 ± 0.93	63.10^{f} ± 3.10
0.45% DSP	272.92^{c} ± 2.17	16.77 ± 1.76	90.64^{d} ± 1.75

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$).

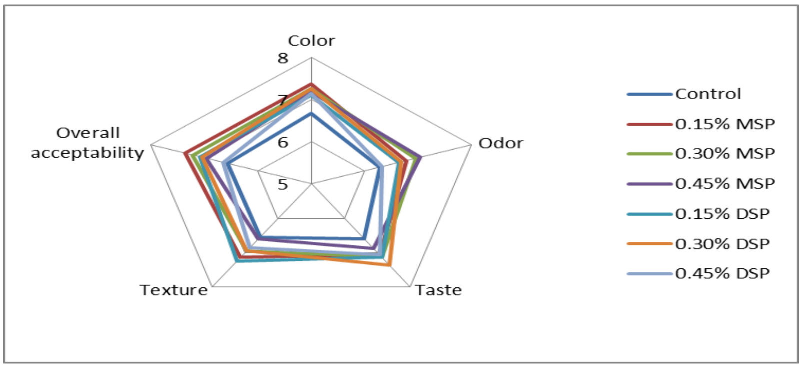


Figure 1 Sensory scores of non-fried instant noodles fortified with sea lettuce as affected by different levels of monosodium phosphate (MSP) and disodium phosphate (DSP) (1= Dislike extremely, 9= Like extremely)

การพัฒนาเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน
The Development of Young Coconut Milk Pudding Enriched Whey Protein

วิชชุดา สังข์แก้ว[1] และ ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา[2]
Sangkaeo, W.[1] and Pongpunya, T.[2]

Abstract

The objectives of this research were to develop of young coconut milk pudding products enriched with whey protein concentrate (WPC) at 3, 4 and 5 % by weight. Physical properties, sensory test and chemical composition of products were determined. Results showed that increasing the amount of whey protein tended to increase yellowness (b*), but redness (a*) and Lightness (L*) decreased ($p \leq 0.05$) and it had no effect on hardness and cohesiveness ($p > 0.05$). Sensory evaluation showed that the products with 3% whey protein showed the highest score of appearance, color, texture, taste and overall acceptability. The chemical composition of product was compose of 85.46% moisture, 2.99% protein, 3.35% fat, 7.79% carbohydrate, 0.41% ash and 73.27 Kcal/100g. At 7 days after storage in 4 ± 2°C the microbial counts of products were detected, Results showed that the total aerobic plate count were less than TITI standard 528/2547.
Keywords: pudding, young coconut, whey protein

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีนคอนเซนเทรต ในปริมาณร้อยละ 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก ประเมินสมบัติทางกายภาพ การยอมรับทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางอาหาร ผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณเวย์โปรตีนคอนเซ็นเทรตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นแต่ค่าสีแดง (a*) และค่าความสว่าง (L*) ลดลง ($p \leq 0.05$) และไม่มีผลต่อค่า hardness และ cohesiveness ($p > 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เสริมเวย์โปรตีนร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในด้าน ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 85.46 โปรตีนร้อยละ 2.99 ไขมันร้อยละ 3.35 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7.79 เถ้าร้อยละ 0.41 มีค่าพลังงานเท่ากับ 73.27 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และนำไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ พบว่ามีปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มาตรฐานเต้าหู้นมสด มผช. 528/2547
คำสำคัญ: เต้าฮวย มะพร้าวอ่อน เวย์โปรตีน

คำนำ

เต้าฮวยนมสดหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนม วุ้นหรือเจลาตินอย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน และน้ำตาล อาจเติมส่วนประกอบอื่นเพื่อปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น กาแฟ วานิลลา ชาเขียว และอาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืช มีคุณลักษณะที่ต้องการคือ เป็นวุ้นนม มีสี กลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 528/2547, 2547) มะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ที่มีน้ำและเนื้อมีกลิ่นรสหอมหวาน เมื่อบริโภคจะรู้สึกสดชื่น นอกจากนั้นยังมีคุณค่าอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุในปริมาณสูง (Med Thai, 2556) เป็นผลไม้ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมในขนมหรือของหวานชนิดต่างๆเพื่อเพิ่มรสชาติให้มีความหลากหลาย เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต (whey protein concentrate: WPC) ได้จากการนำเวย์ที่ได้ในกระบวนการผลิตขั้นต้นมาผ่านการกรอง ultrafiltration หรือกระบวนการอื่นๆเพื่อแยกแลกโตสและไขมันที่มีผสมอยู่มากออกไปแล้วทำให้แห้ง ผงเวย์โปรตีนที่ได้มีความเข้มข้นของเวย์โปรตีนมากกว่า 29-89% โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นผงสีครีมอ่อนและมีกลิ่น รสตามธรรมชาติของนม WPC ที่สกัดได้อุดมไปด้วยกรดอะมิโนครบถ้วนทั้ง 20

[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]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[2]School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

ชนิด มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนทั้ง 8 ชนิดที่ร่างกายสร้างเองไม่ได้ (Utai Vitamin Review, 2013) และยังมี branched-chain amino acid สูง ซึ่งจะช่วยเพิ่มระดับ growth hormone ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนและไกลโคเจนเพื่อช่วยเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Zimmer, 2005) ได้อีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรเต้าฮวยมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การทดสอบทางกายภาพ การทดสอบยอมรับทางประสาทสัมผัสและศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การพัฒนาสูตรเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน

ในงานวิจัยนี้ใช้สูตรเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนที่เป็นสูตรพื้นฐานจากสูตรทำเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อน (Pop Upupup, 2558) โดยมีสูตรเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นเนื้อเต้าฮวยและส่วนที่เป็นน้ำราดเต้าฮวย งานวิจัยได้ศึกษาการเสริมเวย์โปรตีนเฉพาะในส่วนที่เป็นเนื้อเต้าฮวยเท่านั้น นำสูตรพื้นฐานมาเสริมด้วยเวย์โปรตีนชนิดคอนเซนเทรต (whey protein concentrate) จากบริษัท Hilmar Ingredients โดยแปรปริมาณเวย์โปรตีนเป็นร้อยละ 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนักสูตร ตามสูตรใน Table 1 การผลิตเต้าฮวยแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

1.1 การผลิตเนื้อเต้าฮวย มีขั้นตอนการผลิตคือผสมน้ำเปล่า น้ำมะพร้าวอ่อน เจลาติน ผงวุ้นและน้ำตาล เข้าด้วยกันคนให้น้ำตาลละลาย นำไปต้มไฟปานกลางให้เดือด ลดอุณหภูมิให้เหลือ 80 องศาเซลเซียส แล้วเติมนมสด วิปปิ้งครีมและเวย์โปรตีนคนให้เวย์โปรตีนละลาย ตักใส่ถ้วยพลาสติกขนาดบรรจุถ้วยละ 100 กรัม นำไปแช่เย็นจนวุ้นเซตตัว

1.2 การผลิตน้ำราดเต้าฮวย มีขั้นตอนการผลิตคือผสมน้ำเปล่า น้ำมะพร้าวอ่อน และน้ำตาล เข้าด้วยกันคนให้น้ำตาลละลาย ใส่เนื้อมะพร้าวอ่อนที่หั่นเป็นลูกเต๋าขนาดเล็ก นำไปต้มไฟปานกลางให้เดือด ลดอุณหภูมิให้เหลือ 80 องศาเซลเซียส แล้วเติมนมสดและวิปปิ้งครีม นำไปราดบนเต้าฮวยที่เซตตัวแล้ว

2.การประเมินผลลักษณะทางกายภาพของเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน

ประเมินเนื้อสัมผัสโดยวัดค่า Texture profile analysis (TPA) ใช้เครื่อง Texturometer LLOYD Instrument Model รุ่น LR.X หาค่า hardness, cohesiveness, adhesiveness และ gumminess วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab Mini Scan EZ Hand-Held Spectrophotometer นำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นรสของน้ำมะพร้าวและความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน

นำเต้าฮวยสูตรที่มีค่าเนื้อสัมผัส ค่าสีและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้าและค่าพลังงาน ตามวิธีของ AOAC (2016)

5. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน

นำผลิตภัณฑ์เต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน ที่ได้รับการคัดเลือกและบรรจุอยู่ในถ้วยพลาสติกพร้อมฝาปิด ไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุกๆ 2 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

ผลการประเมินทางกายภาพโดยการวัดค่าสีและค่า Texture profile analysis ของเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน ทั้ง 3 สูตร พบว่า เมื่อปริมาณเวย์โปรตีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นแต่ค่าสีแดง (a*) และค่าความสว่างลดลง (L*) ($p \leq 0.05$) (Table 2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสีของเวย์โปรตีนที่เป็นสีเหลืองอ่อน เมื่อใช้เวย์โปรตีนในปริมาณที่สูงขึ้นค่าสีเหลืองจึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและส่งผลทำให้ค่าความสว่างลดลง ในด้านเนื้อสัมผัสพบว่าปริมาณเวย์โปรตีนที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่า hardness และ cohesiveness ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเวย์โปรตีนที่เติมลงไปในแต่ละสูตรมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ปริมาณเวย์โปรตีนที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า adhesiveness เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

เมื่อเพิ่มปริมาณเวย์โปรตีนมากขึ้นและในขั้นตอนผลิตเต้าฮวยมีการใช้อุณหภูมิสูงจึงอาจทำให้โปรตีนชนิด beta-lactoglobulin และ ∞-lactalbumin ซึ่งเป็นโปรตีนส่วนใหญ่ในองค์ประกอบของเวย์เกิดการเกาะตัวกันแน่นขึ้น (Kimberlee, 2012) ซึ่งทำให้เนื้อเต้าฮวยแน่นขึ้นและอาจส่งผลให้ค่า adhesiveness สูงขึ้นเมื่อปริมาณเวย์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส พบว่าเต้าฮวยสูตรที่มีปริมาณเวย์โปรตีนเพิ่มขึ้นมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสต่ำกว่าสูตรที่มีปริมาณเวย์ต่ำกว่า

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเต้าฮวยทั้ง 3 สูตรได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นรสของน้ำมะพร้าวและการยอมรับโดยรวม พบว่าเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนสูตรที่เสริมเวย์โปรตีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักสูตร ได้รับการยอมรับมากกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (Table 3) ดังนั้นจึงเลือกเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักสูตร ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 85.46 โปรตีนร้อยละ 2.99 ไขมันร้อยละ 3.35 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7.79 เถ้าร้อยละ 0.41 และมีค่าพลังงานเท่ากับ 73.27 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนของเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีน กับเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวจากงานวิจัยของเสาวนีย์ (2556) ซึ่งไม่ได้เสริมเวย์โปรตีน พบว่าเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนเสริมเวย์โปรตีนร้อยละ 3 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 2.99 ซึ่งสูงกว่าเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวที่ไม่มีการเสริมเวย์โปรตีน มีโปรตีนเพียงร้อยละ 1.33 และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปศึกษาอายุการเก็บ โดยบรรจุในถ้วยพลาสติกมีฝาปิด เก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มาตรฐานเต้าหู้นมสด มผช. 528/2547

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อนโดยการเสริมเวย์โปรตีนร้อยละ 3 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เต้าฮวยที่มีสีเหลืองมากขึ้นกว่าเต้าฮวยปกติที่มีสีขาว มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 2.99 มีค่าพลังงานเท่ากับ 73.27 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม สามารถเก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อยเป็นเวลา 7 วัน ดังนั้นจึงทำให้เต้าฮวยซึ่งเป็นอาหารประเภทขนมหวานที่มีโปรตีนต่ำสามารถมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น ซึ่งเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่ต้องการบริโภคขนมหวานและต้องการได้รับโปรตีนในปริมาณที่เพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 528/2547, 2547, เต้าหู้นมสด [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps528_47.pdf [10 ธันวาคม 2555]

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์, 2556, การผลิตเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ามะพร้าวเพื่อสุขภาพและการยอมรับของผู้บริโภค, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2) (ฉบับพิเศษ) : 429-432.

AOAC, 2016, Official Method of Analysis. 2oth ed. Washington. DC: Association of Official Analytical Chemists. Kimberly, B., 2012, Technical Report: Whey Protein Heat Stability, Dairy Research Institute, U.S. Dairy Export Conncil : 1-8.

MedThai, 2556, มะพร้าว สรรพคุณและประโยชน์ของมะพร้าว น้ำมะพร้าว 81 ข้อ [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com/มะพร้าว/.

Pop Upupup, 2558, สูตรทำเต้าฮวยนมสดมะพร้าวอ่อน, [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.youtube.com/watch?v=-dSS6QBDSEg [15 ธันวาคม 2559]

Utai Vitamin Review, 2013, เวย์-โปรตีน-whey-protein-คืออะไร, [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : https://utaivitamin.wordpress.com/2013/08/07/ [20 ธันวาคม 2559]

Zimmer, R., 2005, Whey Protein: The role of protein supplementation in resistance training, Nutrition Bytes, 10(2): 1-4.

Table 1 Recipes of Young Coconut Milk Pudding

Ingredients (g)	Topping pudding Formula	Whey Protein (3% by formula wt)	Whey Protein (4% by formula wt)	Whey Protein (5% by formula wt)
Water	1000	1000	1000	1000
Young coconut juice	1000	1000	1000	1000
Fresh milk	400	400	400	400
Whipping cream	150	150	150	150
Sugar	200	200	200	200
Gelatin	15	15	15	15
Agar	10	10	10	10
Whey protein	-	83.25	111	138.75

Table 2 Texture Profile Analysis of Young Coconut Milk Pudding Enriched Whey Protein

Texture Profile Analysis	Whey Protein (3% by formula wt)	Whey Protein (4% by formula wt)	Whey Protein (5% by formula wt)
Hardness ^{ns} (N)	4.50±1.16	4.08±0.57	4.17±0.72
Cohesiveness ^{ns} (mm)	1.05±0.12	1.00±0.07	0.94±0.11
Adhesiveness (kgf.mm)	0.55^{b}±0.03	1.45^{a}±0.18	1.67^{a}±0.32
Gumminess (kgf.mm)	0.52^{a}±0.02	0.44^{ab}±0.05	0.38^{b}±0.02

a,b : Values with different letter in same row significantly different. ($p \leq 0.05$)

ns : non significantly different ($p>0.05$)

Table 3 Sensory evaluation of Young Coconut Milk Pudding Enriched Whey Protein

Characteristics	Whey Protein (3% by formula wt)	Whey Protein (4% by formula wt)	Whey Protein (5%by formula wt)
Appearance^{ns}	6.57±1.28	6.37±1.52	6.30±1.60
Color^{ns}	6.70±1.06	6.40±1.30	6.50±1.36
Texture	5.97^{a}±1.22	5.50^{b}±1.46	5.43^{b}±1.22
Taste	6.17^{a}±1.34	5.90^{b}±1.56	5.47^{c}±1.53
Coconut juice flavor	6.27^{a}±1.14	5.80^{b}±1.37	5.80^{b}±1.56
Overall accepability	6.57^{a}±1.30	5.87^{b}±1.46	5.63^{b}±1.43

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

ns : non significantly different ($p>0.05$)

Table 4 Chemical composition of young coconut milk pudding enriched 3% whey protein

Chemical composition (%)	young coconut milk pudding enriched 3% whey protein
Moisture	85.46
Protein	2.99
Fat	3.35
Carbohydrate	7.79
Ash	0.41
Calories (Kcal/100g)	73.27

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองขนาดไมโครต่อคุณภาพของผักกาดหอมคอสตัดแต่ง
Application of micro-bubbles technology on quality of fresh cut cos lettuce

พรพรรณ เล็กขำ[1,2], วาริช ศรีละออง[1,2], ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2], พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2] และ ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2]
Lekkham, P.[1,2], Srilaong, V.[1,2], Jitareerat, P.[1,2], Boonyarit-Thongchai, P.[1,2] and Pongprasert, N.[1,2]

Abstract

The objective of this research was to study the application of micro-bubbles (MBs) technology on anti-browning and quality changes of cos lettuce during storage. Fresh cut cos lettuces were dipped in 100% carbon dioxide (CO_2)-MBs and 500 ppm ozone (O_3)-MBs for 5 minutes. The fresh cut cos lettuces washed with tap water or sodium hypochlorite (100 ppm NaOCl) were used as control 1 and 2, respectively. The fresh cut lettuces were packed in polypropylene (PP) trays covered with polyethylene (PE) film and stored at 4°C. Sensory evaluation, total microbial count, polyphenol oxidase (PPO) activity and total phenolic content were determined every 2 days for 10 days. Washing lettuces with CO_2-MBs showed the highest score of acceptance compared with that of other treatments. In addition the lowest total phenolic content and the reduction of total microbial were observed in lettuce treated with CO_2-MBs. The effective of CO_2-MBs on decreasing of microbial showed a similar result with NaOCl treatment.

Keywords: Fresh cut cos lettuce, Micro-bubbles, Total microbial count

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโคร (MBs) ต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผักกาดหอมคอสตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา โดยทำการจุ่มผักในน้ำที่มีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (100 % CO_2-MBs) และโอโซน (500 ppm O_3-MBs) ขนาดไมโคร เป็นเวลา 5 นาที ส่วนผักที่จุ่มน้ำประปาและโซเดียมไฮโปรคลอไรท์ (100 ppm NaOCl) เป็นชุดควบคุม 1 และ 2 ตามลำดับ นำผักที่เตรียมได้บรรจุลงในถาดโพลีโพรพิลีน (PP) และปิดถาดด้วยฟิล์มพอลิเอทิลีน (PE) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภค ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด กิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอล ออกซิเดส (PPO) และปริมาณฟีนอลทั้งหมด ทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 10 วัน ผลการทดลองพบว่าผักกาดหอมคอสตัดแต่งล้างด้วย CO_2-MBs มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าการล้างด้วยกรรมวิธีอื่นๆ อีกทั้งยังมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดน้อยที่สุด และสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ใกล้เคียงกับการใช้ NaOCl

คำสำคัญ: ผักกาดหอมคอสตัดแต่ง เทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโคร ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

คำนำ

ในปัจจุบันผักตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพ เนื่องจากการรับประทานผักสดทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่มีคุณค่าสูงสุดและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สำหรับผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคโดยเฉพาะผักจำเป็นต้องตัดแต่งให้มีขนาดที่เหมาะแก่การรับประทาน อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตผักตัดแต่งเป็นเหตุให้เกิดการกระตุ้นการเสื่อมทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ สังเกตุได้จากการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียกลิ่นรส และการลดลงของสารอาหาร (Martín-Diana และคณะ, 2008) โดยการเกิดสีน้ำตาลของผักตัดแต่งเป็นปัญหาสำคัญในการจำกัดอายุการวางจำหน่าย ซึ่งมีสาเหตุมาจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล (Roura และคณะ, 2008) การใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในปัจจุบันพบว่ามีราคาแพงและมีประสิทธิภาพต่ำ นอกจากนี้สารเคมีบางชนิดไม่ได้รับการอนุญาตให้ใช้ในอาหาร ดังนั้นวิธีการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้สารเคมีหรือลดปริมาณการใช้สารเคมีจึงถูกให้ความสนใจในปัจจุบัน

[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

สำหรับการวิจัยนี้สนใจใช้เทคโนโลยีฟองก๊าซขนาไมโคร (MBs) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 50 ถึง 200 นาโนเมตร โดยมีคุณสมบัติเด่น คือ มีพื้นที่ผิวและสามารถคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ทำให้ความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลวเพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้เทคโนโลยี MBs คาดว่าจะสามารถเพิ่มการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และโอโซน (O_3) ในน้ำทำให้มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพผักกาดหอมคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ มีรายงานว่าการใช้น้ำที่มีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโคร (CO_2-MBs) สามารถช่วยลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในต้นหอม โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สารละลาย NaOCl ที่นิยมใช้เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในปัจจุบัน และการใช้ CO_2-MBs ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E.coli* ได้เช่นกัน (Kobayashi และคณะ, 2009a; Kobayashi, 2009b) นอกจากนี้ CO_2-MBs ยังสามารถลดการเกิดสีน้ำตาล และสามารถคงคุณค่าทางอาหารของผักสลัดตัดแต่ง เมื่อใช้ร่วมกับสารละลาย NaOCl (ณัฐชัย และคณะ, 2555) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้น้ำโอโซนในการล้างผักกาดหอมสามารถช่วยรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยสามารถช่วยรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ตลอดจนสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Beltran และคณะ, 2005)

อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาการใช้เทคโนโลยี MBs ร่วมกับโอโซน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นการนำเทคโนโลยีฟองขนาดไมโครมาประยุกต์ใช้ร่วมกับก๊าซชนิดต่างๆในกับการล้างผักสลัด เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน ตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักกาดหอมคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้ผักกาดหอมคอสตัดแต่งจากบริษัททางการค้าที่ทำการตัดแต่งตามมาตรฐานของบริษัท แล้วนำมาล้างด้วยวิธีต่างๆ ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พื้นที่การศึกษาบางขุนเทียน กรุงเทพฯ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ดังนี้คือ

ทรีตเมนต์ที่ 1 ล้างด้วยน้ำปะปา เป็นเวลา 5 นาที (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 5 นาที

ทรีตเมนต์ที 3 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโคร เป็นเวลา 5 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 4 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองก๊าซโอโซนขนาดไมโคร ความเข้มข้น 500 ppm เป็นเวลา 5 นาที

หลังจากนั้นนำผักกาดหอมคอสตัดแต่งที่ล้างด้วยวิธีการต่างๆ มาสะเด็ดน้ำด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง และบรรจุลงในถาดพลาสติกชนิด PP ที่ปิดผนึกด้วยพลาสติกชนิด PE ถาดละ 50 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน โดยสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทุกๆ 2 วัน ดังนี้ ผลการยอมรับของผู้บริโภค (9-points hedonic scale) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้อาหาร PCA (plate count agar) กิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอล ออกซิเดส (PPO) ดัดแปลงจากวิธีของ Benjamin และ Montgomery (1973) และปริมาณฟีนอลทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Singleton และ Rossi (1965)

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อทั้งหมดด้วยอาหาร PCA (Figure 1A) พบว่า การล้างด้วย CO_2-MBs สามารถรักษาคุณภาพของผักกาดหอมคอสตัดแต่งได้เทียบเท่ากับการล้างด้วยวิธีทางการค้า และผักกาดหอมคอสตัดแต่งล้างด้วย CO_2-MBs และ O_3-MBs สามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้เทียบเท่ากับการล้างด้วยวิธีทางการค้าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใช้ CO_2-MBs มีแนวโน้มของคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคสูงที่สุดเทียบเท่ากับการล้างด้วยวิธีทางการค้าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่การล้างด้วย O_3-MBs มีแนวโน้มของคะแนนการยอมรับโดยรวมน้อยกว่าการล้างด้วย CO_2-MBs และการล้างด้วยวิธีทางการค้า (Figure 1B)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของชุดควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการล้างด้วย O_3-MBs พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับวิธีล้างอื่นๆ (Figure 1C) ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักผลไม้ตัดแต่ง (Figure 1D) พบว่าผักกาดหอมคอสตัดแต่งที่ล้างด้วย CO_2-MBs และ O_3-MBs มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการล้างผักกาดหอมคอสด้วย O_3-MBs พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงว่าการล้างด้วย CO_2-MBs และการล้างด้วยวิธีทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

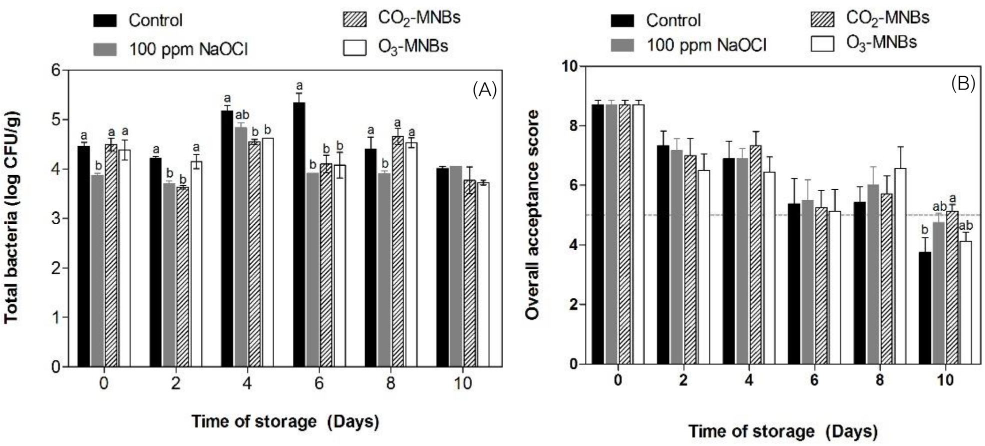
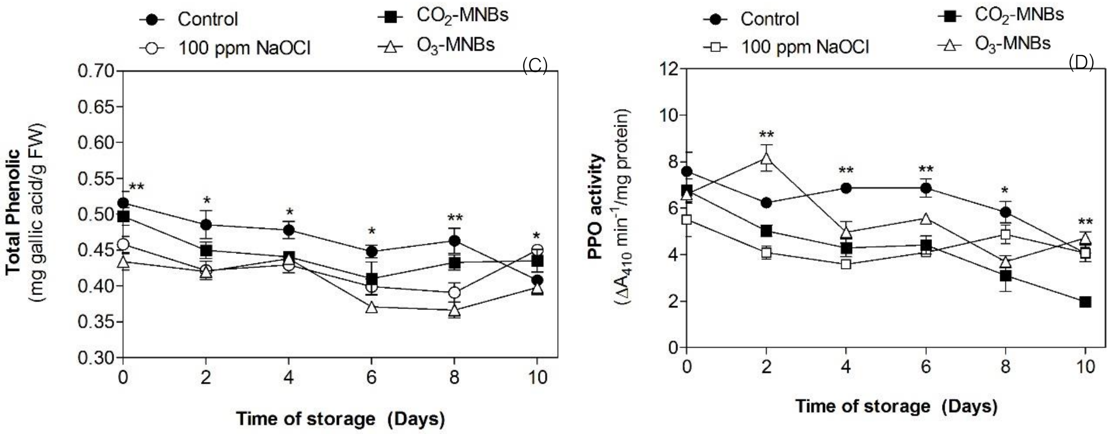


Figure 1 (... various
conditions.



F ... us

จากการศึกษาผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองขนาดไมโครร่วมกับการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซโอโซนต่อคุณภาพของผักกาดหอมคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการล้างด้วย CO_2-MBs และ O_3-MBs มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรท์ในการลดการปนเปื้อนและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา โดยกลไกของฟองก๊าซขนาดไมโครที่เข้าทำลายเชื้อจุลินทรีย์เป็นผลมาจากการสร้างอนุมูลอิสระประเภท •OH หรือประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของฟองก๊าซ โดยการสลายตัวของฟองก๊าซอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดความร้อนสูงอย่างมากภายในฟองก๊าซทำให้สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จากการวิจัยที่ผ่านมารายงานว่าการสลายตัวจากสภาวะ adiabatic compression และ pyrolytic decomposition เป็นผลให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระประเภท •OH (Kimura และ Ando, 2002) นอกจากนี้การล้างผักด้วย CO_2-MBs และ O_3-MBs มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของผักกาดหอมคอสตัดแต่งได้เทียบเท่ากับการใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรท์ และการล้างด้วย CO_2-MBs เป็นผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น นอกจากนี้การแตกตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทำให้ได้โปรตอนออกมาส่งผลให้น้ำมีสภาพความเป็นกรด ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น การล้างผักด้วย CO_2-MBs มีผลต่อการลดปริมาณสารประกอบฟีนอลในผักกาดหอมคอส สอดคล้องกับงานวิจัยของ Siripanich และคณะ (1986) พบว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในความเข้มข้นสูงมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลต่างๆในผักกาดหอม โดยไปยับยั้งกระบวนการสร้างสารฟีนิลอะลานีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการสร้างสารประกอบฟีนอลต่างๆในผักกาดหอม ส่วนการใช้ก๊าซโอโซนในการล้างผักผลไม้เพื่อลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ พบว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่มีข้อจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากโอโซนเป็นสารออกซิไดส์รุนแรงมีความไม่เสถียรสูงและสามารถปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ต่างๆที่อยู่ในน้ำได้อย่างรวดเร็ว จึงไม่สามารถควบคุมความเข้มข้นของโอโซนที่แน่นอนได้ เป็นผลให้ความเข้มข้นของโอโซนลดลงอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้การใช้โอโซนยังมีผลเสียต่อผู้ปฏิบัติงานหากมีการสูดดม หรือสัมผัสเป็นระยะเวลานาน (Cho และคณะ, 2003)

สรุปผลการทดลอง

การใช้เทคโนโลยี MBs สามารถรักษาคุณภาพของผักกาดหอมคอสตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยเฉพาะการใช้ CO_2-MBs ล้างผักกาดหอมคอสตัดแต่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และมีค่าคะแนนการยอมรับเทียบเท่ากับการใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรท์เป็นตัวล้างผักหาดหอมคอสตัดแต่ง โดยในทางปฏิบัติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถผลิตได้ง่ายและปลอดภัยกว่าการใช้ก๊าซโอโซน ดังนั้นเทคโนโลยีนี้สามารถช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีในอุตสาหกรรมผักกาดหอมคอสตัดแต่ง ทำให้ผู้บริโภคสามารถมั่นใจในคุณภาพ อีกทั้งยังมีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ, นพรัตน์ ทัดมาลา, และ วาริช ศรีละออง, 2555, “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 43, ฉบับที่ 2 (พิเศษ): 61-64.

Beltran, D., Selma, M.V., Marin, A. and Gil, M.I., 2005, Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 5654-5663.

Benjamin, N.D. and Montgomery, M.W., 1973, Polyphenol oxidase of Royal Ann cherries: Purification and characterization. Journal of Food Science, 38: 799-806.

Cho, M., Chung, H., and Yoon, J., 2003, Disinfection of water containing natural organic matter by using ozone-initiated radical reactions, Applied and Environmental Microbiology, 69: 2284–2291.

Kimura, T. and Ando, T., 2002, Physical control of chemical reaction by ultrasonic waves, Ultrasonic Technology, 14: 7–8.

Kobayashi, F., Ikeura, H., Tamaki, M., and Hayata, Y., 2009a, Application of CO_2 micro- and nano-bubbles at lower pressure and room temperature to inactivate microorganisms in cut Wakegi (*Allium wakegi* Araki)”, Acta Horiculturae, 875: 417-424.

Kobayashi, F., Hayata, Y., Ikeura, Y., Tamaki, M., Muto, N. and Osajima, Y., 2009b, Inactivation of *Escherichia coli* by CO_2 microbubbles at a lower pressure and near room temperature, American Society of Agricultural Engineers, 52: 1621-1626.

Martín-Diana, A.B., Rico, D. and Barry-Ryan, C., 2008, Green tea extract as a natural antioxidant to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9(4): 593-603.

Roura, S.I., Pereyra, L. and Del Valle, C.E., 2008, Phenylalanine ammonia lyase activity in fresh cut lettuce subjected to the combined action of heat mild shocks and chemical additives, LWT - Food Science and Technology, 41: 919-924.

Singleton, V.L. and Rossi, J.L. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.

Siriphanich, J. and Kader, A.A., 1986, Changes in cytoplasmic and vacuolar pH in harvested lettuce tissue as influenced by CO_2, The Journal of the American Society for Horticultural Science, 111: 73-77.

ผลของสารละลาย Acidified Sodium chlorite และ Chlorine Dioxide ต่อการลดเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน และการรักษาคุณภาพของมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งพร้อมบริโภค

Effects of Acidified Sodium Chlorite and Chlorine Dioxide on Reducing of Microbial Contamination and Maintain the Quality of Fresh-cut Shredded Raw Mango.

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] อารีลักษณ์ แก้วเล็ก[1,2] และพรพรรณ เล็กขำ[1,2]

Phongprasert, N.[1,2], Srilaong, V.[1,2] Kaewlek, A.[1,2] and Lekkham, P[1,2]

Abstract*

This research aimed to study the effects of acidified sodium chlorite (ASC) and chlorine dioxide (ClO_2) solutions on reducing of microbial contamination and maintain the quality of fresh-cut shredded raw mango. Fresh-cut shredded raw mango were washed in ASC solution at 50 and 100 ppm and ClO_2 solutions at5 and 10 ppm, and tap water (control) for 5 min, and then packed on the plastic tray covered with polyethylene plastic (PE) film. All treatments were stored at 4°C for 8 days. The results showed that washing with ASC and ClO_2 solutions at all concentration were effective in reduction of microbial contamination. A 10 ppm ClO_2 solution was the most effective on reducing of browning at the cut surface of shredded raw mango. The browning reduction was resulted from the inhibitions of polyphenol oxidase (PPO) activity and the reduction of quinine production. Moreover, fresh-cut shredded raw mango washed with ClO_2 showed the highest consumer acceptability scores of odor, browning, and overall acceptance as compared to control.

Keywords: Fresh-cut shredded raw mango, Acidified sodium chlorite, Chlorine dioxide

บทคัดย่อ*

การศึกษาผลของสารละลายกรดโซเดียมคลอไรท์ (ASC) และ chlorine dioxide (ClO_2) ต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งมาล้างด้วยสารละลาย ASC ความเข้มข้น 50 และ 100 ppm เปรียบเทียบกับการล้างด้วยสารละลาย ClO_2 ความเข้มข้น 5 และ 10 ppm และน้ำประปา (ชุดควบคุม) เป็นเวลา 5 นาที ทำการบรรจุในถาดพลาสติกปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน ผลการทดลองพบว่าการล้างมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งด้วยสารละลาย ClO_2 และสารละลาย ASC ทุกระดับความเข้มข้น สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการล้างมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งด้วยสารละลาย ClO_2 ความเข้มข้น 10 ppm มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวของรอยตัด ซึ่งเป็นผลมาจากการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และลดการสร้างสาร quinone โดยสารละลาย ClO_2 นอกจากนี้ยังพบว่ามะม่วงดิบเส้นตัดแต่งที่ล้างด้วยสารละลาย ClO_2 มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่น การเกิดสีน้ำตาล และคะแนนโดยรวมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ: มะม่วงดิบเส้นตัดแต่งพร้อมบริโภค, กรดโซเดียมคลอไรท์, คลอรีนไดออกไซด์

คำนำ

ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ ผักและผลไม้ที่ผ่านขั้นตอนการปอก การหั่น และการตัดแต่ง ดังนั้นจึงส่งผลต่อการเร่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาชีวเคมี และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เร็วกว่าผักและผลไม้ที่ไม่ผ่านขั้นตอนการตัดแต่ง (Carlin และคณะ, 1990) ส่งผลให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคดิบ เนื่องจากมีรสชาติเปรี้ยวและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค โดยนิยมนำมาตัดแต่งเป็นเส้นเพื่อใช้ประกอบอาหารประเภทยำ อย่างไรก็ตามในการผลิตมะม่วงดิบ

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 100

[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 ภาษาอังกฤษ

[2]Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

เส้นตัดแต่งในระดับดับอุตสาหกรรมนั้นประสบกับปัญหาหลายประการ เช่น การเกิดสีน้ำตาล การอ่อนนิ่ม และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน เป็นต้น จึงทำให้มะม่วงดิบเส้นตัดแต่งเกิดการเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันมีการนำสารเคมีในกลุ่มคลอรีน คือ ClO_2 ซึ่งเป็นสารประกอบคลอรีนที่พัฒนาขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการยับยั้งและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยสารละลาย ClO_2 เป็นสารออกซิไดส์ที่มีประสิทธิภาพสูงและไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำ จึงไม่ก่อให้เกิดสารประกอบคลอรามีนเช่นเดียวสารประกอบคลอรีนชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่า สารละลาย ClO_2 จึงได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาโดยอนุญาตให้ใช้กับผักและผลไม้ได้ (Gomez-Lopez และคณะ, 2007) ซึ่งคลอรีนไดออกไซด์มีสถานะเป็นก๊าซแต่สามารถทำให้อยู่ในรูปของก๊าซที่ละลายในน้ำได้จนเกิดเป็นสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ (Chen และคณะ 1984) ในระยะแรกคลอรีนไดออกไซด์ได้ถูกนำมาใช้ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำดื่ม ซึ่งต่อมาได้มีการใช้ประโยชน์จากสารชนิดนี้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากการใช้คลอรีนไดออกไซด์แล้ว Xiao และคณะ (2011) พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรท์ (sodium chlorite :SC) และกรดโซเดียมคลอไรท์ (acidified sodium chlorite :ASC) มีประสิทธิภาพดีในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (browning) โดยมีผลในการลดกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารละลายคลอรีนไดออกไซด์และสารละลายกรดโซเดียมคลอไรท์ในการช่วยรักษาคุณภาพและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อนในมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้ผลดิบพันธุ์มันเดือนเก้า ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมใช้ในทางการค้า โดยนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดและทำการปอกเปลือก และทำการตัดแต่งเป็นเส้นโดยใช้ที่ขูดมะม่วง วางแผนการทดลองแบบ complete randomized design (CRD) แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ โดย 1 ถาดเท่ากับ 1 ซ้ำ โดยแบ่งชุดการทดลอง ดังนี้ มะม่วงตัดแต่งที่ล้างด้วยสารละลาย Acidified Sodium Chlorite ความเข้มข้น 50 ppm และ 100 ppm เป็นเวลา 5 นาที มะม่วงตัดแต่งที่ล้างด้วยสารละลาย Chlorine dioxide ความเข้มข้น 5 ppm และ 10 ppm เป็นเวลา 5 นาที และชุดควบคุมที่ล้างด้วยน้ำธรรมดาเป็นเวลา 5 นาที

เมื่อทำการล้างครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำมะม่วงตัดแต่งที่ผ่านการล้างมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นสะเด็ดน้ำผักเป็นเวลา 20 วินาทีเพื่อให้สะเด็ดน้ำ และทำการบรรจุในถาดพลาสติกปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติก PE ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน โดยทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 2 วัน ดังนี้ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อราและยีสต์ และคลอริฟอร์ม) โดยวิธีStandard plate count กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase ดัดแปลงจากวิธีของ Benjamin และ Montgomery (1973) ปริมาณสารควิโนนดัดแปลงมาจาก Degl’Innocenti และคณะ (2007) คะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด คะแนนการยอมรับด้านกลิ่น และการประเมินการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค (9-points hedonic scale)

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการใช้สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) และสารละลายโซเดียมคลอไรท์ (ASC) ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อนในมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการล้างมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งด้วยสารละลาย และ สารละลาย ASC ทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทุกชุดการทดลองมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่นับได้จำนวนน้อยกว่า 30 โคโลนี/กรัม คำนวณ Est. CFU/ml เป็น < 1 DF (dilution factor) หรือ count = 0 ตลอดการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ล้างด้วยสารละลาย ClO_2 ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลอง (data not showed) นอกจากนี้ยังพบว่าการล้างมะม่วงดิบเส้นด้วยสารละลาย ClO_2 ทุกระดับความเข้มข้น สามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดได้ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นผลมาจากการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) (Figure 1B) และลดปริมาณสาร quinone (Figure 1A) ซึ่งส่งผลให้มะม่วงดิบเส้นตัดแต่งที่ล้างด้วยสารละลาย ClO_2 มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น ด้านการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนโดยรวมมากที่สุดเมื่อทำการเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2A,B,C)

วิจารณ์ผลการทดลอง

สารละลาย ClO_2 เป็นสารประกอบคลอรีนที่พัฒนาขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการฆ่าเชื้อ ซึ่งปัจจุบันมีการใช้สารชนิดนี้ในอุตสาหกรรมหลากหลายเพื่อใช้ยับยั้งและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ สารละลาย ClO_2 ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้กับผักและผลไม้ได้อย่างปลอดภัย ซึ่งสารละลาย ClO_2 เป็นสารออกซิไดส์ที่มีประสิทธิภาพสูง และไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทีย์ในน้ำจึงไม่ก่อให้เกิดสารประกอบคลอรามีนเช่นเดียวสารประกอบคลอรีนชนิดอื่นๆ จึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่า (Gomez-Lopez และคณะ, 2007) ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่า การใช้สารละลาย ClO_2 ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm สามารถลดปริมาณและยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้ดีที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vandekinderen และคณะ (2009) พบว่าการใช้สารละลาย ClO_2 มีประสิทธิภาพสูงในการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ใน แอปเปิล สตอรเบอรี่ ผักกาดหอม เป็นต้น สารละลาย ClO_2 นั้น ยังมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดของผักผลไม้ตัดแต่งที่เป็นปัญหาที่สำคัญต่อคุณภาพของผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค การใช้สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ในการล้างผักกาดหอมตัดแต่งนั้นสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดได้ เนื่องจากสารคลอรีนไดออกไซด์มีผลต่อการลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดของผักและผลไม้ตัดแต่ง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลาย ClO_2 ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดปริมาณและยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน ตลอดจนการรักษาคุณภาพของมะม่วงดิบเส้นตัดแต่งพร้อมบริโภค

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Benjamin, N.D. and Montgomery, M.W., 1973, Polyphenol oxidase of Royal Ann Cherries: Purification and characterization. Journal of Food Science, Vol.38, pp. 799-806.

Carlin, F.. Nguyen-the, C., Chambroy, Y. and Reich, M., 1990, Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage electrolyte leakage and sugar content of fresh ‘ready-to-use’ grated carrots, International Journal of Food Science and Technology, 25: 110-119.

Degl`Innocenti, E., Pardossi, A., Tognoni, F. and Guidi, L., 2007, Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in lettuce, escarole and rocket salad when stored as fresh-cut products”, Food Chemistry, 104: 209-215.

Chen,W.S. 1984, A brief profile on studies of postharvest storage of litchi fruit, Litchi Science, 34: 47-51.

Vandekinderen, I., Van Camp, J., De Meulenaer, B., Veramme, K., Bernaert, N., and Denon, Q., 2009, Moderate and high doses of sodium hypochlorite, neutral electrolyzed oxidizing water, peroxy acetic acid, and gaseous chlorine dioxide did not affect the nutritional and sensory qualities of fresh-cut iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) after washing. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 4195-4203.

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.

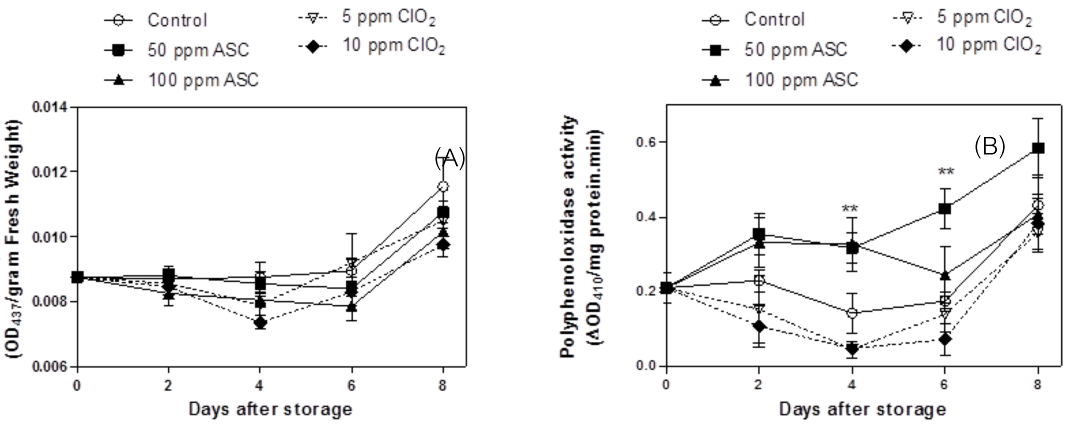


Figure 1 Quinone anabolism (A) and Polyphenol oxidase (PPO) enzyme activity (B) of fresh-cut shredded raw mango were washed in ASC solution (50 and 100 ppm) and ClO_2 solutions (5 and 10 ppm), and tap water (control) for 5 min then stored at 4°C for 8 days.

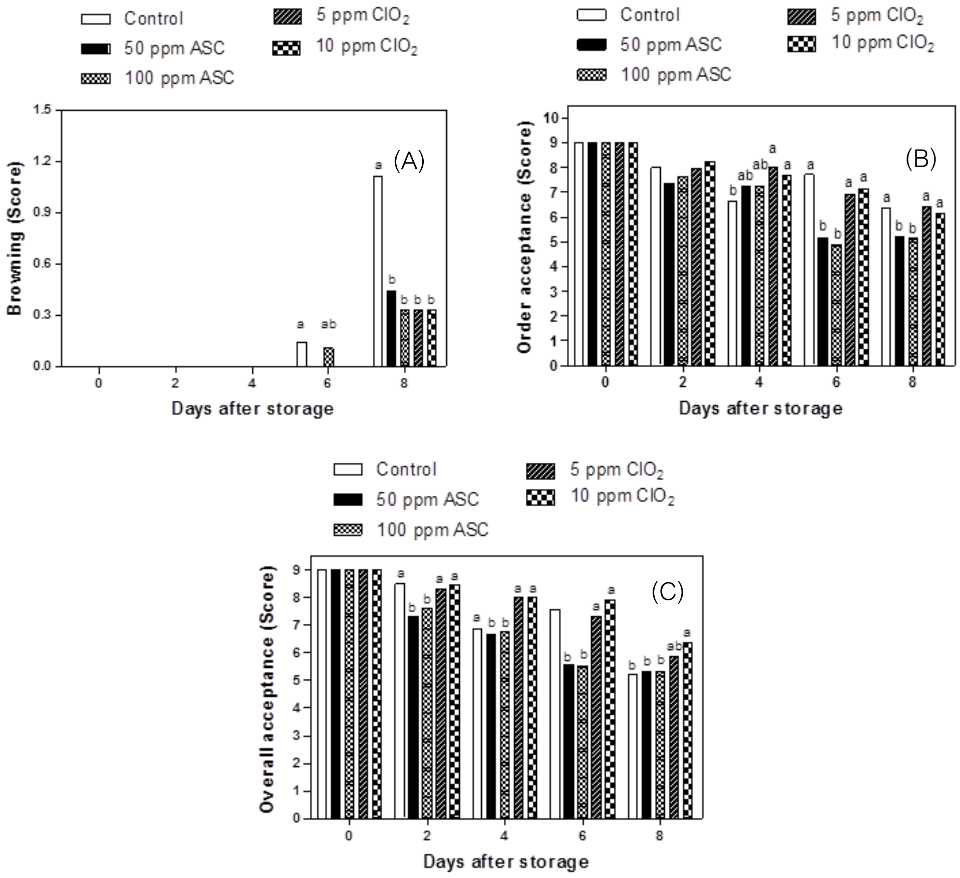


Figure 2 Browning scores (A), Order acceptance(B), and overall acceptance(C) of fresh-cut shredded raw mango were washed in ASC solution (50 and 100 ppm) and ClO_2 solutions (5 and 10 ppm), and tap water (control) for 5 min then stored at 4°C for 8 days.

การเคลือบไคโตซานในพริก (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot เพื่อรักษาคุณภาพในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Chitosan Coating on 'Super Hot' Chili (*Capsicum annuum* L.) to Maintain its Quality during Ambient Storage

Angelyn T. Lacap[1] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1,2]

Lacap, A.T.[1] and Photchanachai, S.[1,2]

Abstract

This study evaluated the effect of low molecular weight (80 kDa) chitosan solution on fresh quality of chili. The 'Super Hot' red chili fruit were dipped in chitosan at 0, 0.25, 0.5 or 1% (pH 5.6) for 1 min and subsequently air-dried for 3 h. The samples were placed in plastic containers and stored under ambient conditions (31±2°C, 65±10% RH). Weight loss, firmness, visual quality, color, shriveling, pedicel browning, decay and disease incidence were evaluated at 0, 4 and 7 days. Results showed that chili dipped in 0.25 to 0.5% chitosan had better visual quality, less shriveling, more firmness, and delayed the progress of decay. Fruit coated with 1% chitosan were also firm, had the least weight loss and browning in the pedicel, and suppressed the fungal disease incidence. Surface color did not vary among treatments. Based on the results of the study, chitosan at 0.25 to 1% could maintain better visual quality, firmness, reduce weight loss, shriveling, browning and decay in fresh chili during storage for 7 days under ambient conditions.

Keywords: chitosan, fresh chili quality, disease

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประเมินผลของสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (80,000 Da) ต่อคุณภาพของพริกสด (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot โดยนำพริกผลสีแดงเข้มจุ่มในไคโตซานความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1% (pH 5.6) นาน 1 นาที และผึ่งให้แห้ง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวางในถาดพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31±2°C, 65±10% RH) ประเมินการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ลักษณะปรากฏ สี การเหี่ยว การเกิดสีน้ำตาลของขั้วผล การเน่าและเชื้อโรคที่ปรากฏ ในวันที่ 4 และ 7 ผลปรากฏว่าพริกที่จุ่มไคโตซานความเข้มข้น 0.25 และ 0.5% คงลักษณะปรากฏที่ดี มีการเหี่ยวน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ส่วนพริกที่จุ่มไคโตซานความเข้มข้น 1% ยังมีความแน่นเนื้อดี มีอัตราการเน่าเสีย การเกิดสีน้ำตาลของขั้วผล และการปรากฏของโรคต่ำ ผลการทดลองไม่พบว่าไคโตซานมีผลต่อสีของพริก จากการทดลองนี้พบว่าไคโตซานความเข้มข้น 0.25-1% สามารถรักษาคุณภาพที่ปรากฏ ความแน่นเนื้อ ลดการเหี่ยว การเปลี่ยนสี ลดการเกิดโรคในพริกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วันได้

คำสำคัญ: ไคโตซาน คุณภาพพริกสด โรคพืช

Introduction

Chili (*Capsicum anuum* L.) is an important vegetable in Thailand. Its short storage life and high susceptibility to diseases impose limitations on its fresh quality and greatly affects its storage potential (Sharma et al., 2005). Chitosan has been reported to execute antimicrobial actions and proven to control

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

numerous pre and postharvest diseases on various horticultural commodities (Bautista-Baños et al., 2006). There are several studies conducted with chitosan. However, its postharvest application on chili fruit has not yet been explored. Thus, this study aimed to evaluate the effect of chitosan coating on the quality of fresh chili held under ambient conditions.

Materials and Methods

Sample Preparation and Treatment. Freshly harvested red 'Super Hot' chilies were purchased from a local market in Bangkok, Thailand. The fruit were sorted according to uniform size and quality, sanitized by soaking in 100 μL L^{-1} NaOCl for 5 min, then divided into five treatments with four replicates comprised of 200 g per replicate. Chitosan solutions of 0.25, 0.5 or 1% w/v were prepared by dissolving chitosan powder (MW: 80 kDa, Seafresh Chitosan (Lab) Co., Ltd., Thailand) in 0.5% acetic acid. The pH of all solutions was adjusted to 5.6 using 1 M NaOH. Chili fruit were dipped in 0.5% acetic acid (control) or chitosan solutions (0.25, 0.5 or 1%) for 1 min and subsequently air-dried for 3 h prior to storage under ambient conditions (31±2°C, 65±10% RH). Data were gathered at 0, 4 and 7 days after treatment.

Quality Evaluation. Weight loss was determined by calculating the percentage loss of the final weight of chili on day 4 and 7 from the initial (day 0). Firmness was measured using a texture analyzer (TA.XT *plus* Texture Analyser, Stable Microsystems, United Kingdom) using the probe P/2N and expressed as the maximum shear force (N). Surface color was determined using a colorimeter (Chromameter CR-400, Konica Minolta, Inc., Japan) and the values were expressed as CIE L^*, a^*, b^*.

Visual quality was evaluated as: 1=excellent, field fresh; 2=very good, slight defects; 3=good, defects progressing (limit of saleability); 4=fair, usable but not saleable; 5=poor, unusable (ACIAR HORT 2012/098, 2014). Shriveling, pedicel browning and degree of decay were assessed using the index: 1=no shriveling/browning/decay; 2=slight, 1 to 15% of the surface area shriveled/brown/decayed; 3=moderate, 16 to 30%; 4=moderately severe, 31 to 50%; 5=Severe, >50% (ACIAR HORT 2012/098, 2014). Decay and disease incidences were determined by percentage.

Statistical Analysis. The experiment was arranged in CRD and data were analyzed using ANOVA. The differences in means were detected using Fisher's LSD at $P \leq 0.05$.

Results and Discussion

Weight loss, firmness and surface color. Chili fruit coated with 0.25 to 1% chitosan had lower weight loss than the control (Figure 1A). On the seventh day, 1% chitosan had the lowest weight loss of 23.44% followed by 0.5% chitosan of 24.61% and 0.25% chitosan of 26.40% weight losses. Firmness of chili fruit dropped drastically starting at the fourth day of storage (Figure 1B). On the seventh day, those fruit coated with chitosan (0.25 to 1%) appeared to be more firm than the control. The ability of chitosan to form a semi-permeable film barrier to water vapor transmission and retain surface moisture appeared to be the main reason for reducing weight loss and maintaining tissue firmness (Gonzalez-Aguilar et al., 2008). Meanwhile, surface color as expressed by a^* (redness) did not vary among treatments (Figure 1C). In some studies, chitosan could improve the external appearance of fruit and vegetables by delaying anthocyanin degradation thus retaining its color (Bautista-Baños et al., 2006).

Visual quality, shriveling and browning. The visual quality of chili fruit did not vary on the fourth day of storage however, on the seventh day, chili fruit treated with chitosan especially at 0.25% showed a distinctively very good visual quality rating as compared to the other treatments (Figure 1D). In terms of shriveling, those fruit coated with chitosan had very less shriveling as compared to the controls

(Figure 1E). The very good visual quality possessed by those coated with chitosan could be attributed to the glossiness and less shriveling on the fruit surface. In the pedicel, browning was least in chili treated with 1% chitosan while highest found in in 0.5% acetic acid (control) at the middle of storage period (Figure 1F). It has been reported that chitosan could inhibit the increase in polyphenol oxidase and peroxidase enzymes which are associated with tissue browning (Carvalho et al., 2016).

Decay incidence, degree of decay and disease incidence. The decay incidence ranged from 40 to 44% and did not vary in all the treatments (Figure 1H). On one hand, the degree of decay in chili coated with 0.5% chitosan progressed slower than the other treatments (Figure 1G). The effect of 0.25% chitosan was similar with the control. The delay could be attributed to chitosan's ability to control decay by inhibiting the growth of microorganisms (Moreira et al., 2011). In terms of disease incidence, those treated with 1% chitosan had the least disease occurrence (Figure 1I). Fungal diseases such as anthracnose were the main diseases observed (data not shown). The highest concentration of 1% chitosan, effectively suppressed the fungal infection but not with the lower concentrations of 0.25 and 0.5%. It corresponded to reports that the level of inhibition of fungi is highly correlated with chitosan concentration and the chitosan effect is related to the application of an appropriate rate (Bautista-Baños et al., 2006). Furthermore, it might be due to the polycationic characteristic of chitosan enhanced its antifungal activity by causing lysis and inducing morphological changes in the organism (Breda et al., 2017). According to Romanazzi et al. (2017), chitosan could induce chitinase and **β**-1,3-glucanase, defense enzymes that could catalyze the hydrolysis of chitin which is a component of fungal cell wall. It has also been reported that chitosan could prevent the attack of *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Rhizopus stolonifer* and *B. cinerea* in tomatoes (El-Ghaouth et al., 1992).

Conclusion

The use of chitosan coating in chili especially at a concentration of 1% could maintain the quality and reduce losses due to diseases during storage for 7 days under ambient conditions. However, it is recommended to explore the higher concentrations of chitosan in future studies to fully elucidate its potential in postharvest quality maintenance of fresh chili fruit.

Acknowledgement

The authors would like to thank the Multi-Intellectuals Scholarship of King Mongkut's University of Technology Thonburi for the research funds.

References

Australian Center for International Agricultural Research-Horticulture (ACIAR) 2012/098, 2014, Annual report: Improvement of postharvest management in fruit and vegetables in the Southern Philippines and Australia. University of the Philippines Mindanao Report.

Bautisa-Baños, S., Hernandez-Lauzardo, A.N., Velazquez-del Valle, M.G., Hernandez-Lopez, M., Ait Barka, E., Bozquez-Molina, E. and Wilson, C.L, 2006, Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest disease of horticultural commodities, Crop Protection, 25:108-118.

Breda, C.A., Morgado, D.L., de Assis, O.B.G. and Duarte, M.C., 2017, Effect of chitosan coating enriched with Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel extract on quality and safety of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during storage, Journal of Food Processing and Preservation, 00:e13268.

Carvalho, R.L., Cabral, M.F., Germano, T.A., de Carvalho, W.M., Brasil, I.M., Gallao, M.I.,Moura, C.F.H., Lopes,

M.M.A. and de Miranda, M.R.A, 2016, Chitosan coating with *trans*-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon, Postharvest Biology and Technology, 113:29-39.

El-Ghaouth, A., Ponnampalam, R., Castaigne, F. and Arul, J, 1992, Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. HortScience, 27:1016-1018.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, F., Martinez-Tellez, M.A., Villegas-Ochoa, M.A., Monroy-Garcia, I.N. and Ayala-Zavala, F, 2008, Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. Journal of Science, Food and Agriculture, 88:1-9.

Moreira, G., Feliziani, E., Baños, S.B. and Sivakumar, D, 2017, Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(3):579-601.

Romanazzi, G., Feliziani, E., Baños, S.B. and Sivakumar, D. 2017. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment, 57(3):579-601.

Sharma, P.N., Kaur, M., Sharma, P. and Pathania, A, 2005, Morphological, pathological and molecular variability in *Colletrotrichum capsici*, the cause of fruit rot of chillies in the subtropical region of North-western India, Journal of Phytopathology, 153:232-237.

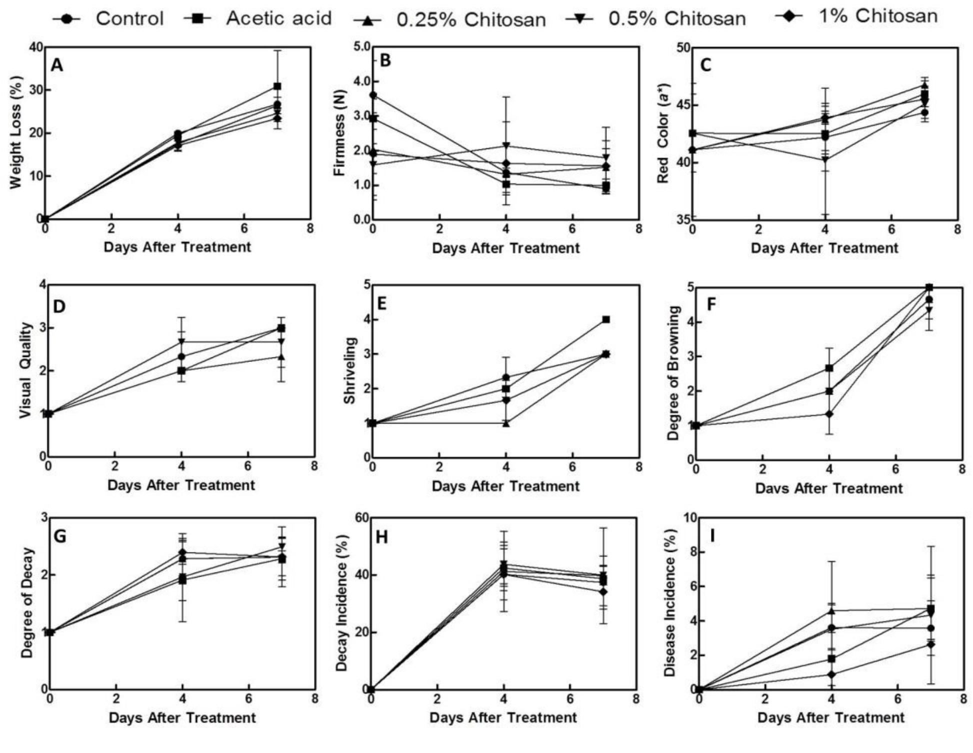


Figure 1 Quality of 'Super Hot'chili: weight loss (A), firmness (B), visual quality (C), shriveling (D), pedicel browning (E), degree of decay (F), decay incidence (G), disease incidence (H) and surface color (I) as affected by control, 0.5% acetic acid, 0.25, 0.5 or 1% chitosan held under ambient conditions (31±2°C, 65±10% RH). Vertical bars represent SD (n=4).

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล ที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์
Physiological Changes of Fresh-cut 'Red Maradol' Papaya Dipped in Sodium Hypochlorite Solution

ชลิดา ฉิมวารี[1,2] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[3]
Chimvaree, C.[1,2], Boonyaritthongchai, P.[1,2] and Poubol, J.[3]

Abstract

This research was conducted to investigate the physiological changes of fresh-cut 'Red Maradol' ripe papaya dipped in sodium hypochlorite solution at various concentrations (50, 75 and 100 ppm) compared to those dipped in distilled water (control). Fresh-cut 'Red Maradol' ripe papaya was stored in the refrigerator at 7°C. Respiration rate, ethylene production, firmness and water soaking were determined every 2 days for 6 days. It was found that dipping papaya cubes in sodium hypochlorite significantly delayed ($p<0.05$) the increase of respiration rate and ethylene production, the decrease of firmness and water soaking appearance as compared to the control. Dipping in 100 ppm sodium hypochlorite was the best treatment to delay physiological changes.

Keywords: fresh-cut papaya, sodium hypochlorite, physiological changes

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ความเข้มข้นต่าง ๆ (50, 75 และ 100 ppm) เปรียบเทียบกับการจุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) โดยเก็บรักษามะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ตรวจวัดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ความแน่นเนื้อ และอาการฉ่ำน้ำของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 6 วัน พบว่าการจุ่มชิ้นมะละกอลงในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ชะลอการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน การลดลงของความแน่นเนื้อ และการเกิดอาการฉ่ำน้ำได้เมื่อเปรียบเทียบกับ (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 100 ppm สามารถชะลอการการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: มะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภค โซเดียมไฮโพคลอไรท์ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

คำนำ

มะละกอ (*Carica papaya* Linn.) เป็นไม้ผลเขตร้อนชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีคุณค่าทางอาหารสูง มีความต้านทานต่อโรคและแมลง และให้ผลผลิตตลอดทั้งปี (Henry และ Robert, 1998) มะละกอพันธุ์เรดมาราดอล (Red maradol) หรือรู้จักในชื่ออื่นเช่น พันธุ์ปลักไม้ลาย พันธุ์ฮอลแลนด์ ลักษณะผลเป็นทรงกระบอก ไม่คอด หัวท้ายเสมอกันคล้ายกระบอกไม้ไผ่ เป็นพันธุ์ที่นิยมรับประทานผลสุก ลักษณะเนื้อผลมะละกอหนาเนียนละเอียด มีความหนาประมาณ 2.5-3 เซนติเมตร เมื่อสุกเนื้อมีสีส้มอมแดง ไม่เละ มีรสหวานมาก มีความหวานเฉลี่ย 13-15 องศาบริกซ์ และไม่มีกลิ่นมะละกอ โดยผลสุกนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคซึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้นเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกประหยัดเวลา อีกทั้งยังมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเห็นได้จากการวางจำหน่ายในซุปเปอร์มาเก็ต ตลาดสด และแหล่งชุมชน

[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

ต่างๆ ปัญหาที่พบในการแปรูปผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้น ได้แก่การเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ และมีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงวิธีการที่ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้สดแปรรูปพร้อมบริโภค การใช้วิธีทางกายภาพและทางเคมี เช่น การใช้สารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ (sodium hypochlorite) ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทเกลือคลอรีนชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในทางการค้า โดยในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ (NaClO) จะมีโซเดียม (Na^+) และไฮโพคลอไรท์ (OCl^-) เป็นองค์ประกอบ เมื่อเกิดการรวมตัวกับน้ำจะมีการปลดปล่อย hypochlorus acid (HClO) ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีผลทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (Beuchat, 1991) นอกจากนี้คลอรีนยังสามารถจับกับโปรตีนที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เกิดเป็น N-chloro compounds ซึ่งจะไปรบกวนกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ และอาจยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Brackett, 1987) สำหรับการนำมาประยุกต์ใช้กับผลไม้จะนิยมใช้ในรูปของสารละลาย โดยใช้ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและภายหลังกระบวนการตัดแต่ง ซึ่งพบว่ามีความปลอดภัยตามหลักของ Generally recognized as safe (GRAS) สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อกับอาหาร โดยกำหนดให้มีคลอรีนอิสระได้ไม่เกิน 200 ppm (Wiley, 1994) มีรายงานว่ามะเขือเทศตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ความเข้มข้นร้อยละ 1.05 เป็นเวลา 60 วินาที และเก็บรักษาภายใต้สภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากกว่ามะเขือเทศตัดแต่งที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ (Heng Hong และ Gross, 1998) เช่นเดียวกับที่มีรายงานในมะละกอพันธุ์แขกดำตัดแต่งพร้อมบริโภค (ศิริชัย และคณะ, 2546) ในขณะที่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่าการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ไม่สามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ (ณัญญรัตน์, 2546)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของชิ้นมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแปรรูปมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลและการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์

คัดเลือกมะละกอสุกพันธุ์เรดมาราดอลจากสวนในจังหวัดปราจีนบุรี ผิวมีสีเหลืองร้อยละ 75 ผลมีน้ำหนักประมาณ 1,300 กรัม ไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง นำมาล้างฝุ่นผงออกด้วยน้ำประปาและล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก แล้วตัดให้เป็นชิ้นขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นมะละกอมาจุ่มลงในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 0 50 75 และ 100 ppm ตามลำดับ แล้วบรรจุชิ้นมะละกอหนัก 120 กรัม ลงในถาดโฟมก้นลึก หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลิไวนิลคลอไรด์หนา 10 ไมโครเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ตรวจวัดอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน ความแน่นเนื้อ และอาการฉ่ำน้ำทุกๆ 2 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

2. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธ์เรดมาราดอล

ชั่งมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคหนัก 25 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วใสปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตรวจวัดอัตราการหายใจด้วยเครื่อง gas chromatography (GC) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC 8A โดยใช้ column ชนิด molecular sieve 5A (Mesh 60/80 ตรวจวัดอัตราการผลิตเอทิลีนด้วยเครื่อง GC โดยใช้ column ชนิด parapack Q (Mesh 60/80) วัดความแน่นเนื้อของชิ้นมะละกอด้วยเครื่อง Texture analyzer TA-XT 2 โดยใช้ใบมีดยาว 7 เซนติเมตร บันทึกค่าที่วัดได้ในหน่วยนิวตัน (N) และตรวจวัดอาการฉ่ำน้ำ (water soaking) ที่เกิดขึ้นโดยนับจากจำนวนชิ้นมะละกอที่เกิดอาการฉ่ำน้ำ แล้วคำนวณหาร้อยละของการเกิดอาการฉ่ำน้ำ

ผลและวิจารณ์

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามะละกอมีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 2.12-5.00 mg CO_2/kg.hr และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกวิธีการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส (Figure 1 A) โดยมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ทุกความเข้มข้น มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจต่ำกว่ามะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 100 ppm สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีอัตราการหายใจเท่ากับ 10.6 mg CO_2/kg.hr รองลงมาคือการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 75 และ 50 ppm ซึ่งพบว่าอัตราการหายใจมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีอัตราการหายใจเท่ากับ 11.8

และ 12.1 mg CO_2/kg.hr ตามลำดับ จากการตรวจวัดอัตราการผลิตเอทิลีน พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอัตราการผลิตเอทิลีนอยู่ในช่วง 0.50-0.92 µl C_2H_4/kg.hr เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกวิธีการทดลอง (Figure 1 B) โดยมะละกอที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์มีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นช้ากว่ามะละกอที่จุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) โดยมะละกอที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 100 ppm มีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นต่ำที่สุด โดยมีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 1.75 µl C_2H_4/kg.hr รองลงมาคือมะละกอที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 75 ppm และ 50 ppm โดยมีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 1.8 และ 1.82 µl C_2H_4/kg.hr ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนของมะละกอที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ทุกความเข้มข้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเป็นผลมาจากบาดแผลที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการตัดแต่งชิ้นมะละกอ เช่นเดียวกับที่มีรายงานในมะละกอสุกตัดแต่งพันธุ์ Sunset ซึ่งพบว่ามีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นภายหลังการตัดแต่ง (Paull และ Chen, 1997)

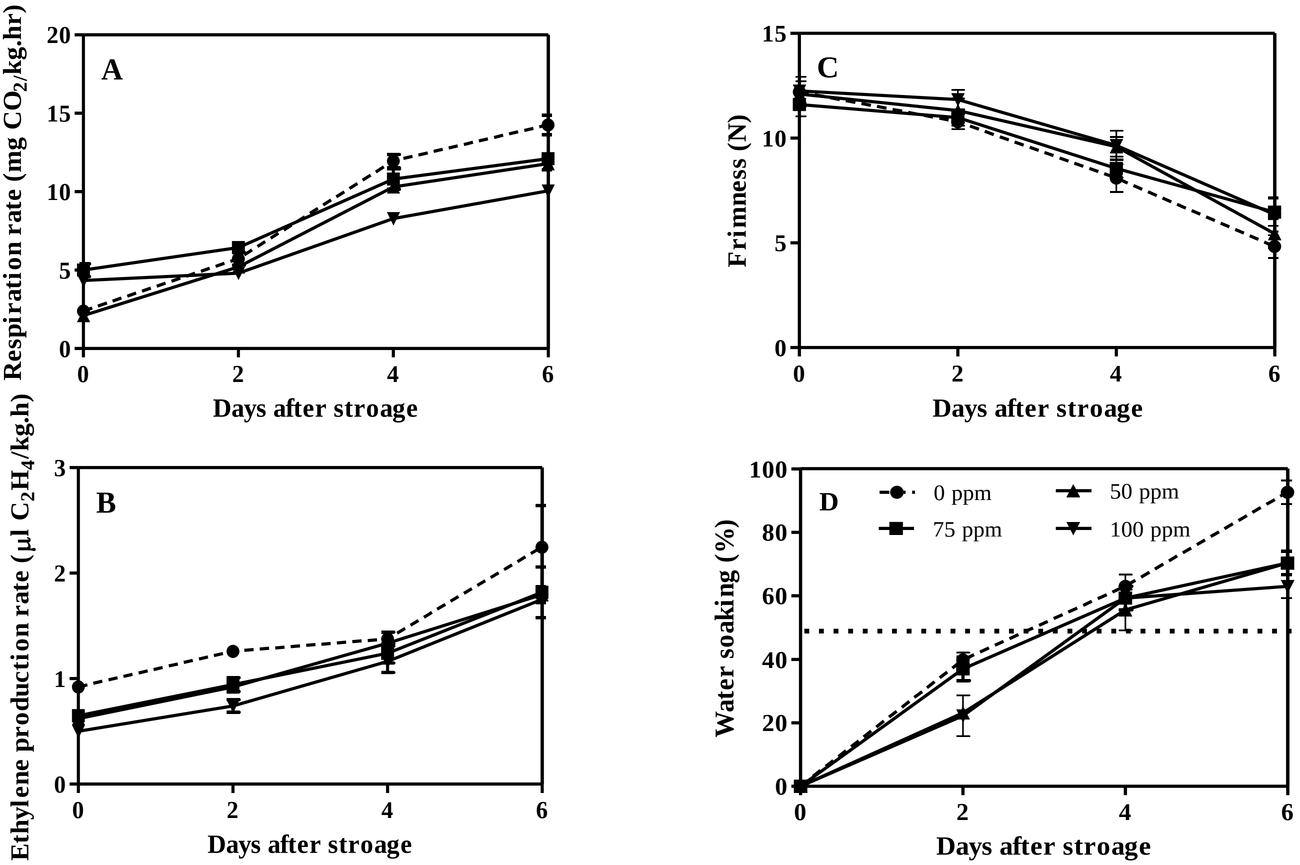


Figure 1 Respiration rate (A), ethylene production rate (B), firmness (C) and water soaking of fresh-cut 'Red Maradol' papaya dipped in sodium hypochlorite solution at 0 (control) 50 75 and 100 ppm. Papaya cubes were packed in foam tray and wrapped with PVC films, then stored at 7°C for 6 days. Dotted line represents acceptability of water soaking.

มะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล มีค่าความแน่นเนื้อในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 11.6-12.26 นิวตัน หลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกวิธีการทดลอง (Figure 1 C) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ามะละกอสุกตัดแต่งมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเหลืออยู่ในช่วง 4.83-6.47 นิวตัน โดยมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ทุกระดับความเข้มข้นสามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อได้ดีกว่ามะละกอที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ แต่อย่างไรก็ตามค่าความแน่นเนื้อของมะละกอสุกในทุกวิธีการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่มะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แขกดำที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ช่วยชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อ

เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ศิริชัย และคณะ, 2546) ส่วนในมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่าการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ไม่สามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ (ณัญญรัตน์, 2546) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์สามารถปลดปล่อยคลอรีนอิสระ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับโปรตีนของเซลล์พืชจะส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อลดต่ำลง เมื่อศึกษาการเกิดอาการฉ่ำน้ำของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่า มะละกอในชุดการทดลองมีอาการฉ่ำน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่ามะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอาการฉ่ำน้ำเกิดขึ้นไม่เกินร้อยละ 50 ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคยังให้การยอมรับ โดยสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์สามารถชะลอการเกิดอาการฉ่ำน้ำของชิ้นมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ดีกว่าชิ้นมะละกอที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ แต่อย่างไรก็ตามอาการฉ่ำน้ำของชิ้นมะละกอที่จุ่มในสาระลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการใช้สารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์อาจก่อให้เกิดอาการฉ่ำน้ำในผลิตผลตัดแต่งเช่นเดียวกับที่มีรายงานการจุ่มผลมะเขือเทศลงในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ก่อนการตัดแต่ง พบว่าก่อให้เกิดอาการฉ่ำน้ำมากกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ก่อนการตัดแต่ง โดยอาการฉ่ำน้ำจะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาในการจุ่ม (Heun และ Gross, 1998) อาจเนื่องมาจากสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรท์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น oxidizing agent ทำให้เกิดการออกซิเดชั่นของพันธะคู่ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนสถานะเป็น liquid phase (Zaidman และคณะ, 1988)

สรุปผล

การจุ่มมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอลลงในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลานาน 1 นาที สามารถช่วยชะลออัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน และการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด โดยมะละกอมีอาการฉ่ำน้ำไม่เกินร้อยละ 50 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ณัญญรัตน์ รัตนเสถียร, 2546, การศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคและการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โดยโซเดียมไฮโปคลอไรท์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย วิษณุ นิยมเหลา และอนันต์ จิตรธรรม, 2546,. รายงานฉบับสมบูรณ์: การแปรรูปมะละกอสุกพร้อมบริโภค, สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Beuchat, L.R., 1991, Surface disinfection of raw produces, Diary Food Environmental and Sanitation, 12(1): 6-9.

Bracktt, R.E., 1987, Antimicrobial effect of chlorine on *Listeria monocytogenes*, Journal of Food Protection, Vol. 50, No. 3, pp. 999-1003.

Henry, N. and Robert, P., 1998, Papaya, In Tropical Fruits, CAB INTERNATIONAL Press, New York, pp. 445-449.

Heun, H.J. and Gross, K.C., 1998, Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influences subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices, Postharvest Biology and Technology, 13 (1): 51-58.

Paull, R.E. and Chen, W., 1997, Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit, Postharvest Biology and Technology, 12: 93-99.

Wiley, R.C., 1994, Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetable, Chapman & Hall, USA, 368 p.

Zaidman, B, Kisilev, A., Sasson, Y., Garti, N., 1988, Double bone oxidation of unsaturated fatty acids, Journal of American Oil Chemistry Society, 65: 611-615.

การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้า
Application of 1-MCP Combined with Packaging Affecting on Quality of 'Namwa' Banana

ภาวิณี ถาวรนิตยกุล[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2]
Tawornnitayakul, P.[1], Uthairatanakij, A.[1,2] and Jitareerat, P.[1,2]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of 1-MCP soaking combined with packaging on postharvest quality of 'Namwa' banana. Banana fruit were washed and soaked in 2,000 ppb of 1-MCP solution for 5 minutes. Fruit were dried and packed in active packaging or perforated polyethylene bags, then stored at 13 °C. Fruit dipped in tap water without packaging served as the control. The quality changes were determined every 5 days. Results found that fruit soaked in 1-MCP and packed in active packaging showed significant higher firmness and greener peel color than that of control. 1-MCP reduced ethylene production with not significant different, while the control fruit and fruit soaked in 1-MCP without packaging had respiration rate and weight loss which higher than fruit soaked in 1-MCP with packaging. Vitamin C content among treatments tended to inconsistent decrease throughout storage period.
Keywords: 'Namwa' banana, packaging, 1-MCP

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่สาร 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บเกี่ยว โดยนำผลกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการล้างทำความสะอาดมาแช่ในสารละลาย 1-MCP ความเข้มข้น 2000 ppb เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้งก่อนบรรจุในถุงพลาสติกแอคทีฟหรือถุงโพลิเอทิลีนเจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยมีกล้วยน้ำว้าที่จุ่มน้ำประปาและไม่บรรจุถุงเป็นชุดควบคุม วิเคราะห์คุณภาพทุกๆ 5 วัน ผลการทดลองพบว่ากล้วยน้ำว้าที่แช่สาร 1-MCP และบรรจุในถุงพลาสติกแอคทีฟ มีความแน่นเนื้อและเปลือกมีสีเขียวมากกว่ากล้วยในชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ โดย 1-MCP ช่วยลดการผลิตเอทิลีนของกล้วยน้ำว้าได้แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่กล้วยน้ำว้าชุดควบคุมและกล้วยน้ำว้าที่แช่สาร 1-MCP และไม่บรรจุถุง มีอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากล้วยที่แช่สาร 1-MCP และบรรจุถุง ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลงในระหว่างเก็บรักษาและมีความแปรปรวนในระหว่างชุดการทดลอง
คำสำคัญ: กล้วยน้ำว้า, บรรจุภัณฑ์, 1-MCP

คำนำ

กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจที่มีคุณค่าทางโภชนาการและให้พลังงานสูง ซึ่งนอกจากจะนำมาบริโภคหรือส่งออกแล้วยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้หลายชนิด จึงทำให้เป็นที่ต้องการของตลาด แต่เนื่องจากกล้วยมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างเร็ว โดยในช่วงระยะการสุกกล้วยจะมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการเร่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา และนำไปสู่การเสื่อมสภาพในที่สุด การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการชะลอการสุกจึงนับว่าสำคัญต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้า ซึ่งวิธีการที่นำมาใช้ในการชะลอการสุกและการเสื่อมสภาพสามารถทำได้หลายวิธี 1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารที่นิยมนำมาใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนกับผักและผลไม้ (Fangxu และ Shiyang, 2017) โดยมีกลไกในการไปแย่งจับกับตัวรับของเอทิลีนทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่นิยมใช้ 1-MCP ในรูปแบบของการรม ซึ่งจะต้องทำในระบบปิด และใช้ระยะเวลาในการรมนาน 12-24 ชั่วโมง (Choi และ Huber, 2008) นอกจากนี้ยังมีการใช้ 1-MCP ในรูปแบบของสารละลายซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (Choi และ

[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, 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

Huber, 2008; Choi และคณะ, 2009) การบรรจุในสภาพดัดแปลงบรรยากาศก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผลสด เนื่องจากช่วยชะลอเมตาบอลิซึมและช่วยลดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลได้ (Yan และ David, 2013) ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการแช่ 1-MCP ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพกล้วยน้ำว้าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ใช้กล้วยน้ำว้าจากสวนของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม โดยเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้าที่มีความแก่ร้อยละ 80 ขนาดผลและสีใกล้เคียงกัน ปราศจากโรค แมลง และบาดแผล จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วตัดแบ่งกล้วยน้ำว้าออกเป็นส่วนๆ โดยแต่ละส่วนมีสามผล นำกล้วยน้ำว้าที่ตัดแบ่งแล้วมาแช่สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2,000 ppb เป็นเวลา 5 นาที แล้วผึ่งให้แห้งก่อนบรรจุลงในถุงพลาสติกแอคทีฟ ที่มีอัตราการซึมผ่านแก๊ส 12,000 ตร.ม/วัน และถุงโพลิเอทิลีนเจาะรู 4 รูป โดยมีกล้วยที่จุ่มน้ำประปาและไม่บรรจุถุงเป็นชุดควบคุม นำไปบรรจุลงกล่องๆ ละ 8 ถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 30 วัน ดังนี้ อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน (โดยใช้ Gas Chromatography) ความแน่นเนื้อ (โดยใช้ Texture Analyzer) การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (L*, a*, b*, h° values) (Minolta Colorimeter 400) และปริมาณวิตามินซี (Roe และคณะ, 1948) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กล้วยน้ำว้าในชุดควบคุมมีอัตราการหายใจสูงตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษา ในขณะที่กล้วยน้ำว้าที่แช่สาร 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุงพลาสติกแอคทีฟ และถุงโพลิเอทิลีนเจาะรู มีอัตราการหายใจต่ำกว่าตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (Figure1A) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yu และคณะ (2014) ที่รายงานว่า1-MCP ช่วยลดอัตราการหายใจของผลแพร์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื่องจากไปยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องการย่อยสลายของผนังเซลล์และกระบวนการหายใจของพืช (malate dehydrogenase ใน TCA cycle) อีกทั้งการใช้บรรจุภัณฑ์สามารถลดอัตราการหายใจ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และชะลอการเสื่อมสภาพได้ (วิชชา และคณะ, 2551) แต่ 1-MCP มีแนวโน้มช่วยลดการผลิตเอทิลีนของกล้วยน้ำว้าแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิต (Figure1B) ในขณะที่การใช้ 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกกล้วยน้ำว้าได้ โดยพบว่าการใช้ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุงพลาสติกแอคทีฟช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองของกล้วยน้ำว้าได้ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาจากค่า a* และ b* values (Figure 1D,2A) โดยมีค่า Hue angle สูงที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า Hue angle ของเปลือกกล้วยน้ำว้าในชุดควบคุมมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา (Figure 1C) การใช้ สอดคล้องกับรายงานของ Tian และคณะ (2000) ที่พบว่าการใช้ 1-MCP ช่วยชะลอการพัฒนาสี การสูญเสียน้ำหนัก และแน่นเนื้อของสตรอเบอร์รี่ และมีรายงานว่าการเก็บรักษาผลิตผลในบรรจุภัณฑ์ ช่วยรักษาความแน่นเนื้อ สี และคุณภาพของผลิตผลได้ (Yan และ David, 2013; Majidi และคณะ, 2014) กล้วยน้ำว้าที่ใช้ 1-MCP และบรรจุภัณฑ์มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Figure2B) ในขณะที่มีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุม ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาพบว่ากล้วยน้ำว้าในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักสดมากถึงร้อยละ 13.57 ในขณะที่กล้วยน้ำว้าที่ใช้ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุงพลาสติกแอคทีฟ และถุงโพลิเอทิลีนเจาะรู มีการสูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 1.92 และ 3.16 ตามลำดับ (Figure2C) เนื่องจากการใช้บรรจุภัณฑ์สามารถช่วยป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำ และลดอัตราการหายใจจึงทำให้กล้วยมีการคายน้ำน้อยลง (วิชชา และคณะ , 2551; จริงแท้, 2549) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีพบว่ากล้วยในทุกชุดการทดลองมีปริมาณวิตามินซีลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 2D)

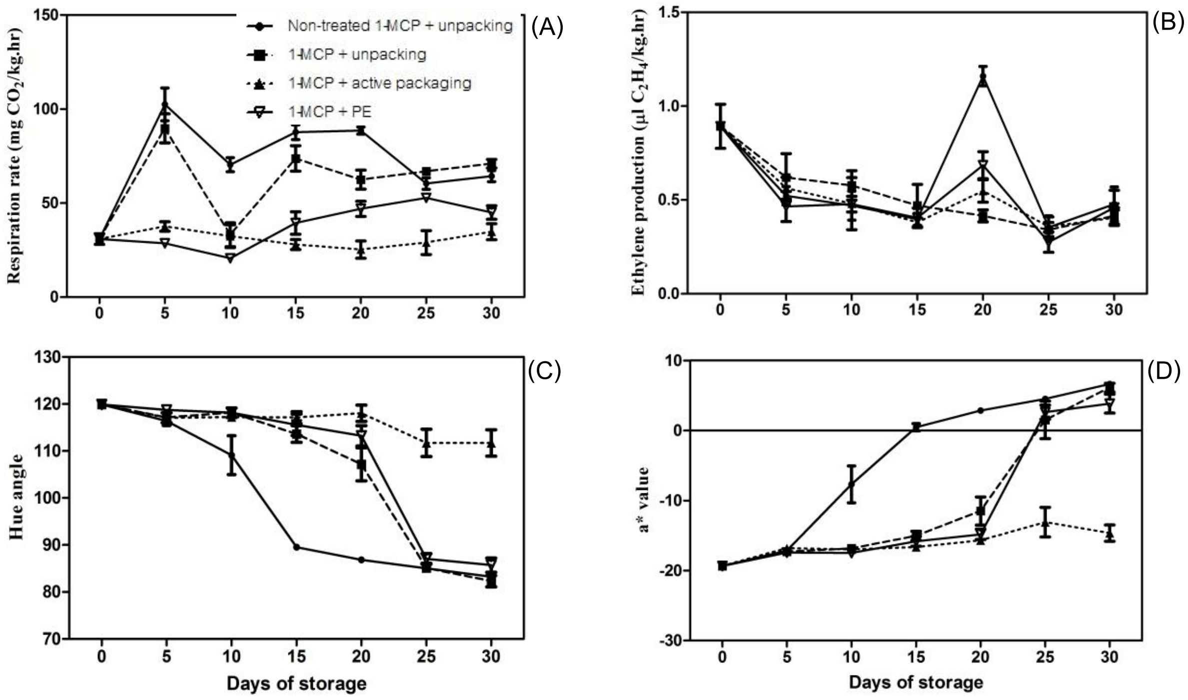


Figure1 Changes in Respiration rate (A), Ethylene production (B), Hue angle (C) and a* value (D) of 'Nam Wa' banana soaked in 2,000 ppb of 1-MCP solution and packed in various plastic bags during storage at 13°C

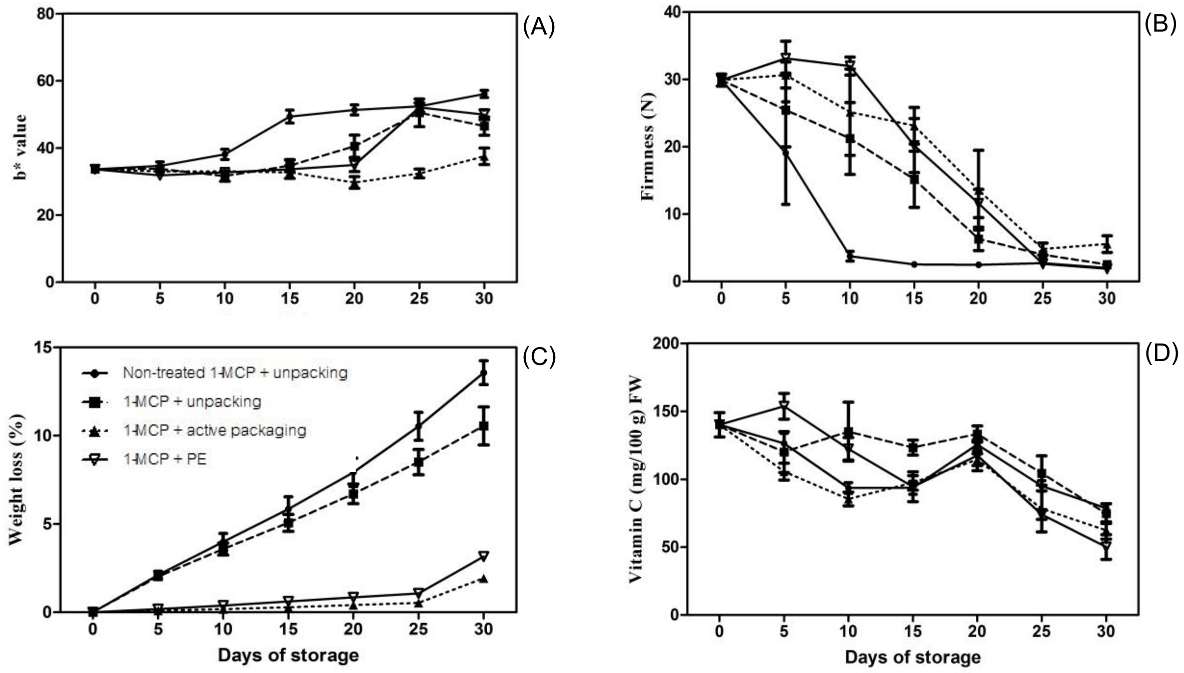


Figure 2 Changes in b* value (A), Firmness (B), Weight loss (C) and vitamin C content (D) of 'Nam Wa' banana dipped in 2,000 ppb of 1-MCP solution and packed in various plastic bags during storage at 13 °C

สรุปผล

การใช้ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุงพลาสติกแอคทีฟ ช่วยลดอัตราการหายใจการสูญเสียน้ำหนัก และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด โดยไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ) ระดับปริญญาโท ประจำปี 2559 สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่วิจัย และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 395 หน้า.

วิชชา สะอาดสุด พิเชษฐ์ น้อยมณี สุรีนาฎ กิจบุญชู และปิยวรรณ ขวัญมงคล, 2551, ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วง, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 39: 265-268.

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.

Choi, S.T., Huber, D.J., Kim, J.G. and Hong, Y.P., 2009, Influence of chlorine and mode of application on efficacy of aqueous solutions of 1-methylcyclopropene in delaying tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit ripening, Postharvest Biology and Technology, 53: 16–21.

Fangxu, X. and Shiyang, L., Control of Postharvest Quality in Blueberry Fruit by Combined 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and UV-C Irradiation, Food Bioprocess and Technology, 1-9.

Majidi, H., Minaei, S., Almassy, M. and Mostofi, Y., 2014, Tomato quality in controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and cold storage, Journal of Food Science and Technology, 51: 2155-2161.

Roe, J.H., Mary, B.M., Oestering, M.J. and Charlotle, M.D., 1984, The determination of di keto-L-gulonic acid, dehydroascorbic acid and L- ascorbic acid in the same tissue extract by 2,4 dinitrophenyl hydrazing method, Journal of Biological Chemistry, 174: 201-208.

Tian, M.S., Prakash, S., Elgar, H.J., Young, H., Bermeister, D.M. and Ross, G.S., 2000, Responses of strawberry fruit to 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene, Plant Growth Regulation, 32: 83-90.

Yan, W. and David, S., 2014, Internal browning disorder and fruit quality in modified atmosphere packaged 'Bartlett' pears during storage and transit, Postharvest Biology and Technology, 83:78-82.

Yu, D., Liqin, L., Yingying, Z. and Junfeng, G., 2014, Effects of 1-MCP on softening, yellowing and H_2O_2 content in post-harvest 'Jingbaili' pear fruit during and after cold storage, Horticulture, Environment and Biotechnology, 55: 404-409.

ผลของสารเคลือบ Sucrose fatty acid ester ต่อคุณภาพสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา
Effects of Sucrose Fatty Acid Ester on the Quality of Gamma Irradiated "Pattavia" Pineapple

อภิชัย เจนจบ[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] และอภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2,*]
Janjob, A.[1], Jitareerat, P.[1,2] and Uthairatanakij, A.[1,2,*]

Abstract*

Application of sucrose fatty acid ester (SFE) (0 (control), 5 or 10%) on quality of irradiated 'Pattavia' pineapple during storage and shelf-life was conducted. Fruits were packed in corrugated carton (6±0.1 kg/box), and irradiated with gamma ray at 0.4-0.8 kGy then stored at 13℃. Storage fruit coated with 5% SFE showed the highest hue angle of peel. However, fruit coated with 5% SFE resulted in the lowest internal browning and phenolics, with significantly different level. Internal browning correlated with the lower of phenolic compound. Fruit coated with 5 or 10% SFE had less ascorbic acid and titratable acidity (TA) than the control, significantly, whereas Malondialdehyde (MDA) content of treatment had higher than control. However, SFE coating did not affect total soluble solids (TSS). There were not significant differences in ascorbic acid, total phenolic and TSS between treatments. When fruits were stored at low temperature and transferred to ambient for 2 days. However, coated fruit resulted in less internal browning than the control significantly.

Keywords: sucrose fatty acid ester, 'Pattavia' pineapple, internal browning, gamma irradiation

บทคัดย่อ*

การศึกษาการใช้สารเคลือบผิว Sucrose fatty acid ester (SFE) ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 5 และ 10% ต่อคุณภาพสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมาในระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่าย โดยบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาดบรรจุ 6±0.1 kg นำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.4-0.8 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13℃ ภายหลังการเก็บรักษาที่ 13℃ พบว่า เปลือกสับปะรดเคลือบ SFE 5% มีค่า Hue angle สูงสุด ในขณะที่ค่า Hue angle ของสีเนื้อไม่แตกต่างกัน และเกิดไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ สัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิกที่มีค่าน้อย ส่วนการเคลือบผลด้วย SFE ความเข้มข้น 5 และ 10% พบเนื้อสับปะรดมีปริมาณวิตามินซี และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) มีค่ามากกว่าชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามการเคลือบ SFE ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids TSS) เมื่อย้ายสับปะรดจากอุณหภูมิต่ำมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 วัน พบว่าสับปะรดเคลือบ SFE ความเข้มข้น 5 และ 10% มีปริมาณวิตามินซี, ปริมาณสารฟีนอลิก และ TSS ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีการเกิดไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: Sucrose fatty acid ester สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย อาการไส้สีน้ำตาล การฉายรังสีแกมมา

คำนำ

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย จากการเจรจาข้อตกลงทางการค้าระหว่างรัฐบาลไทยและสหรัฐอเมริกา ทำให้ประเทศไทยสามารถส่งสับปะรดฉายรังสีแกมมาไปจำหน่ายยังประเทศสหรัฐอเมริกาได้ แต่การส่งออกสับปะรดผลสดยังมีน้อยมาก เนื่องจากการเก็บรักษาสับปะรดสดที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน มักส่งผลทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยา ที่เรียกว่า อาการไส้สีน้ำตาล (Internal browning) อาการดังกล่าวมักเกิดในระหว่างการขนส่ง และการเก็บรักษา เช่น

[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]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400
*Corresponding author : apiradee.uth@kmutt.ac.th

การส่งออกสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองไปยังประเทศญี่ปุ่นโดยทางเรือ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 20 วัน พบปัญหาการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล หลังจากการนำผลสับปะรดออกจากห้องเย็น (กรมวิชาการเกษตร, 2544) จากรายงานที่ผ่านมา Sucrose fatty acid ester (SFE) เป็นสารเคลือบผิวที่สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของไอน้ำ ทำให้เกิดการเหี่ยวช้าลง และ มีคุณสมบัติควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตผล มีผลในการชะลออัตราการหายใจ และลดการผลิตเอทิลีนของผลิตผล ทำให้ผลิตผลเสื่อมสลายช้าลง (Akoh และ Swanson, 1994) ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) อภิรดี และผ่องเพ็ญ, (2555) พบว่า การเคลือบผิวผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองด้วย SFE มีแนวโน้มช่วยลดการเกิดไส้สีน้ำตาลและสามารถลดการสูญเสียวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลือบ Sucrose fatty acid ester ต่อคุณภาพสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ฉายรังสีแกมมา

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ที่มีคุณภาพดีเหมาะสำหรับการส่งออก นำมาตัดก้านขั้วผลให้ความยาวเหลือประมาณ 3 ซม. ล้างทำความสะอาด แล้วจุ่มในสารคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้น 500 ppm ก่อนนำไปเคลือบผิวด้วยสาร SFE ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 5 และ 10% ผึ่งให้แห้ง แล้วบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาดบรรจุ 6±0.1 kg นำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.4-0.8 kGy ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จังหวัดปทุมธานี ด้วยรถห้องเย็น หลังจากฉายรังสีแกมมาแล้วทำการบันทึกผลทันที ส่วนที่เหลือนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C โดยทุกๆ 7 วัน สุ่มสับปะรดออกมาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรก ทำการบันทึกผลทันทีหลังจากเก็บรักษา ส่วนอีกกลุ่ม ย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน เพื่อจำลองการวางจำหน่าย บันทึกผลดังนี้ สีเปลือกและสีเนื้อ (Chroma Meter CR-400) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer PAL-1) ปริมาณ phenolics (ดัดแปลงมาจาก Shahidi และ Naczk, 1995) ปริมาณ MDA (ดัดแปลงจาก Chung และคณะ, 2012) ปริมาณ ascorbic acid (ดัดแปลงจาก Roe และคณะ, 1948) และอาการไส้สีน้ำตาล (ดัดแปลงจาก Selvarajah และคณะ, 2001)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลสับปะรดเคลือบสาร SFE ที่ฉายรังสีแกมมา มีค่า Hue angle ของสีเปลือก ลดลงช้ากว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 1A) ในขณะที่ค่า Hue angle ของสีเนื้อสับปะรด ไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 1B) เช่นเดียวกับ สถาพร ผมรี, (2550) พบว่า สารเคลือบผิว SFE ความเข้มข้น 0.7% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกลำไยพันธุ์ดอได้ โดยค่า Hue angle บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงค่ามุมจากสีเขียว (180 องศา) ไปเป็นสีเหลือง (90 องศา) อย่างไรก็ตาม สับปะรดเคลือบ SFE ความเข้มข้น 5 และ 10% แสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 2A) สอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิรดี และผ่องเพ็ญ (2555) พบว่าการเคลือบ SFE มีแนวโน้มช่วยลดการเกิดไส้สีน้ำตาลและสามารถลดการสูญเสียวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองได้ ซึ่งอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดจะเริ่มจากการฉ่ำน้ำบริเวณใกล้ๆ กับแกน และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ขยายบริเวณกว้างออกไป (Puall และ Rohrbach, 1985) และสารเคลือบผิว Sucrose ester ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้ เพราะสารเหล่านี้มีคุณสมบัติไปลดการผ่านเข้าออกของแก๊สในผลไม้ (จริงแท้, 2553) อาการไส้สีน้ำตาล สัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิก พบว่า บริเวณเนื้อติดแกนของผลที่เคลือบผิวมีปริมาณสารฟีนอลิก (Figure 2B) และปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 3A) ในขณะที่ จักรพงษ์ (2535) พบว่า ถ้าผลสับปะรดมีปริมาณ ascorbic acid สูง จะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้น้อย เนื่องจากวิตามินซีสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ (Ali และคณะ, 2015) อย่างไรก็ตามเมื่อย้ายสับปะรดจากอุณหภูมิต่ำมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 วัน พบว่า ปริมาณ MDA (Figure 3B) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่ง MDA เป็นผลิตภัณฑ์ของ lipid peroxidation ที่ใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ (Imahori และคณะ, 2008) นอกจากนี้ปริมาณ TA (Figure 4A) ของสับปะรดมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในระหว่างการเก็บรักษาและการวางจำหน่าย แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ TSS (Figure 4B) ของสับปะรด ไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Hong และคณะ (2013) พบว่า สับปะรดพันธุ์ Comte de Paris เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่แตกต่างกัน

สรุป

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเคลือบผิวด้วย SFE ความเข้มข้น 5% ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0.4-0.8 kGy สามารถชะลอการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล และมีความรุนแรงน้อยกว่าสับปะรดชุดควบคุม นอกจากนี้ ยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมาได้ดีที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัท บัดดี้โคโคนัท จำกัด ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัย และขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่างๆในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2544, สับปะรด, ผลงานการวิชาการประจำปี 2543 เล่มที่ 1, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หน้าที่ 125-142.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล, 2535, การศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีภายในผลและการใช้สารเคลือบผิวต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2553, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 453 หน้า.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจและ ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์, 2555, ผลของการจุ่มน้ำร้อนร่วมกับสารเคลือบผิวที่มีต่อคุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3)(พิเศษ): 384-387

Akoh, C.C and Swanson, B.G., 1994, Carbohydrate polyester as fat substitutes, Nen York, Marcel Dekker, 269 p.

Ali, H.M., El-Gizawy, A.M., El-Bassiouny, R.E., and Saleh, M.A., 2015. Browning inhibition mechanisms by cysteine, Ascorbic acid and citric acid, and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products, Journal of Food Science and Technology, 52 (6), 3651-3659.

Chung, K.T., Zainon, M.A. and Zamri, Z., 2012, Changes in ethylene production carbohydrase activity and antioxidant status in pepper fruits during ripening, Scientia Horticulturae, 142: 23-31.

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.

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.

Puall, R.E. and Rohrbach, K.G., 1985, Symptom development of chilling injury in pineapple fruit, Journal of the American Society for Horticultural Science, 110: 100-105.

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.

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.

Shahidi, F. and Naczk, M., 1995, Food phenolics: Sources, chemistry, effects, applications, Lancaster: Technomic Publishing Co. Inc.

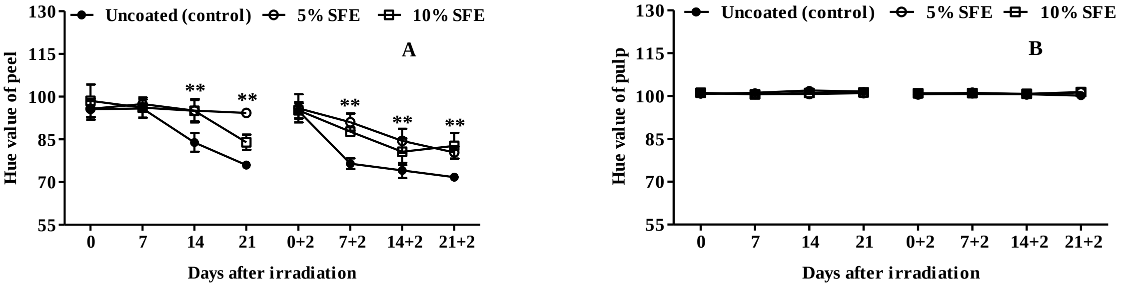


Figure 1 Hue angle of peeling (A), Hue angle of pulp (B) of gamma irradiated pineapple cv. Pattavia coated with SEF at 5 and 10% compared to uncoated (control). Fruit were stored at 13°C for 0, 7, 14 and 21 days, and transferred to ambient for 2 days.

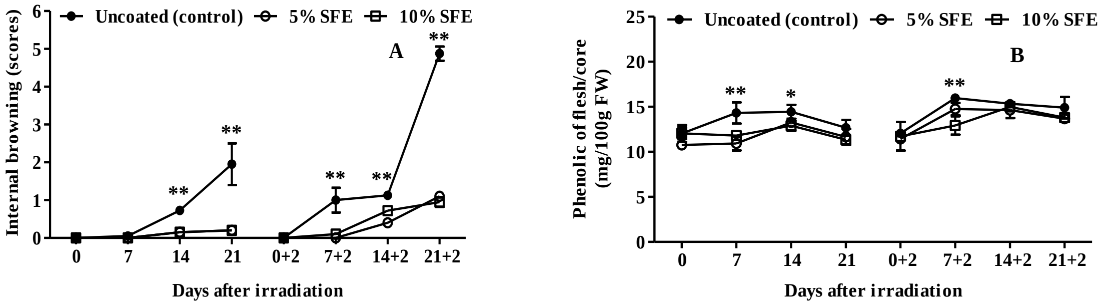


Figure 2 Internal browning (A), Total phenolics (B) of gamma irradiated pineapple cv. Pattavia coated with SEF at 5 and 10% compared to uncoated (control). Fruit were stored at 13°C for 0, 7, 14 and 21 days, and transferred to ambient for 2 days.

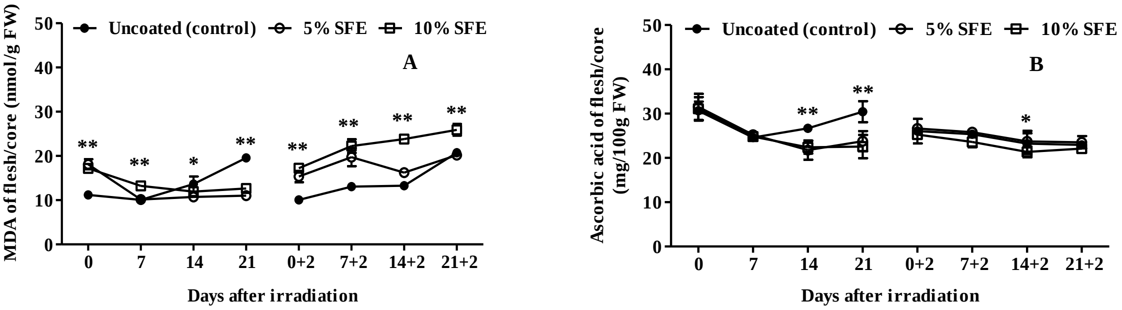


Figure 3 Malondialdehyde content (MDA) (A) Ascorbic acid (B) of gamma irradiated pineapple cv. Pattavia coated with SEF at 5 and 10% compared to uncoated (control). Fruit were stored at 13°C for 0, 7, 14 and 21 days, and transferred to ambient for 2 days.

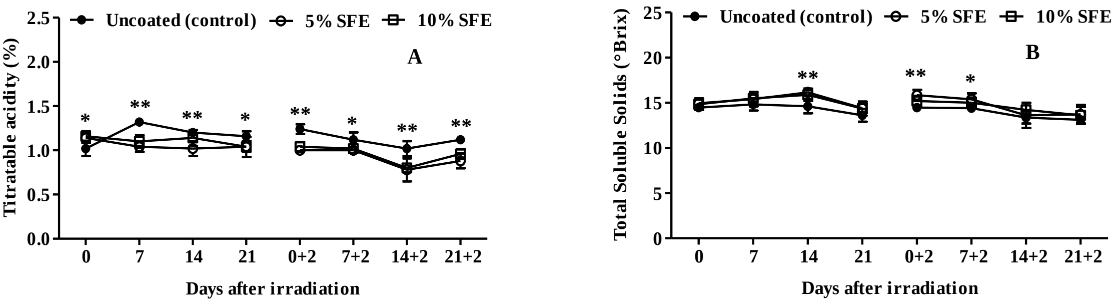


Figure 4 Titratable acidity (A) and total soluble solids (B) of gamma irradiated pineapple cv. Pattavia coated with SEF at 5 and 10% compared to uncoated (control). Fruit were stored at 13°C for 0, 7, 14 and 21 days, and transferred to ambient for 2 days.

การประยุกต์ใช้น้ำคั้นสับปะรดในการลดการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค
Application of Pineapple Juice for Browning Reduction of Fresh Cut Mango cv. 'Nam Dok Mai'

ณิชาภัทร แก้วมณี[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1,2] สุริยัณห์ สุภาวานิช[3] และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2]
Nichapat Keawmanee[1] Chalermchai Wongs-Aree[1,2] Suriyan Supapvanich[3] and Panida Boonyaritthongchai[1,2]

Abstract*

Browning on the surface of fresh cut mango is the major problem that affects its shelf life and consumer acceptance. The objective of this research was to evaluate the effect of pineapple juice separately extracted from core and pulp at 50% (v/v) on reducing browning symptom of fresh-cut mango cv. 'Nam Dok Mai'. Mangoes were washed, cut and dipped in solutions including control (distilled water), 50% (v/v) of pineapple juice from core and pulp. Fresh cut mango were separately dipped in each solution for 1 min., then air dried and packed in semi-rigid plastic boxes with lids stored at 4 °C for 6 days. The results showed that 50% (v/v) of pineapple juice from core could reduce browning of fresh cut mango. L* b* and C values of this treatment was higher than other treatments. Whereas, total color difference or ΔE of this treatment was lower than other treatments similar to browning intensity value and browning score. The 50% (v/v) of pineapple juice dipped mango had shelf life for 6 days while as other treatments had shelf life only 4 days.
Keywords: Browning, Fresh cut mango, Pineapple juice,

บทคัดย่อ*

การเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค เป็นปัญหาสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภค งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้น้ำคั้นสับปะรดจากส่วนเนื้อและแกนต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำมะม่วงที่ผ่านการล้าง ปอกเปลือก และตัดแต่งมาแบ่งชุดการทดลองดังนี้ ชุดควบคุม (จุ่มน้ำกลั่น) จุ่มในน้ำคั้นสับปะรดส่วนแกนที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 (v/v) และจุ่มในน้ำคั้นสับปะรดส่วนเนื้อที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 (v/v) โดยทำการจุ่มชิ้นมะม่วงในสารละลายตามชุดการทดลองเป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นปล่อยให้สะเด็ดน้ำและบรรจุใส่กล่องพลาสติกแบบกึ่งคงรูปมีฝาปิด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่าน้ำคั้นสับปะรดส่วนแกนสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นมะม่วง โดยจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าสีของมะม่วง ได้แก่ ค่า L* b* และ C มีค่าสูงกว่ามะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคชุดการทดลองอื่น แต่มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ต่ำกว่ามะม่วงในชุดการทดลองอื่น เช่นเดียวกับค่าความเข้มของสีน้ำตาล (browning intensity) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (browning score) และมีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ในขณะที่มะม่วงตัดแต่งที่ผ่านการจุ่มน้ำคั้นสับปะรดจากส่วนเนื้อ และชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 4 วัน
คำสำคัญ: การเกิดสีน้ำตาล มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค น้ำคั้นสับปะรด

คำนำ

มะม่วงสุกตัดแต่งพร้อมบริโภค (Fresh cut mango) เป็นการนำผลมะม่วงสุกมาผ่านกระบวนการล้าง ปอกเปลือกและหั่นตัดแต่งเป็นชิ้น เป็นการแปรรูปเบื้องต้นให้พร้อมต่อการบริโภค เพื่อเป็นการตอบสนองต่อวิถีชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ต้องการความเร่งด่วน และจัดเป็นอีกแนวหนึ่งสำหรับการเพิ่มมูลค่าของมะม่วงไทยอีกด้วย แต่ในการแปรรูปหั่นชิ้นนั้นพบปัญหาของอายุการเก็บรักษาที่สั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อมะม่วงเป็นสีน้ำตาลทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนเทียนทะเล 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, Thailand
[3] สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[3] Agricultural Education Program, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงตัดแต่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของมะม่วงถูกปอกเปลือก หั่นตัด ซึ่งทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา (substrate) และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกัน ทำให้มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น สำหรับวิธีการป้องกันนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน การใช้กรดอินทรีย์เป็นหนึ่งในหลายวิธีที่สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ การเลือกใช้สารสกัดจากธรรมชาติในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในความปลอดภัยจากการใช้สารเคมี โดยสับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่สำคัญต่างๆ มากมาย ซึ่งสารสำคัญที่มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล คือ กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก เป็นต้น (Chaisakdanugull และคณะ, 2007) และสารประกอบฟีนอล ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการใช้น้ำคั้นสับปะรดจากส่วนแกนและส่วนเนื้อในการลดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้มะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ช่วงความแน่นเนื้อ 10-13 นิวตัน โดยอาศัยการวัดความแน่นเนื้อทั้งผลแบบไม่ทำลาย (Non-destructive Limited Compression Technique) ทำการล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งลมให้แห้ง หลังจากนั้นปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้น (ตัดตามขวางของผลจำนวน 8 ชิ้นต่อหนึ่งผล) แล้วนำมาจุ่มในน้ำคั้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) 17-18 เปอร์เซ็นต์บริก) โดยแบ่งเป็นชุดการทดลอง ดังนี้ จุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) จุ่มในน้ำคั้นสับปะรดส่วนแกนที่ความเข้มข้น 50% (v/v) และจุ่มในน้ำคั้นสับปะรดส่วนเนื้อที่ความเข้มข้น 50% (v/v) (Supapvanich และคณะ, 2012) ทำการจุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในสารละลายตามชุดการทดลองเป็นเวลา 1 นาที จนครบจำนวนที่ทำการทดลอง หลังจากนั้นปล่อยให้สะเด็ดน้ำและบรรจุใส่กล่องพลาสติกแบบกึ่งคงรูปมีฝาปิดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 2 วัน ดังนี้ ตรวจสอบค่าสี L* b* C Hue angle โดย colorimeter รุ่น CR-400 ยี่ห้อ Konica minolta ค่า ΔE ($\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2}+\Delta hue^2+\Delta chroma^2}$) ค่าความเข้มของสีน้ำตาล (browning intensity) โดยวัดการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (browning score) แสดงการยอมรับของผู้บริโภค โดยการให้คะแนนมีหลักเกณฑ์ดังนี้ คะแนน 1 คือ ไม่เกิดสีน้ำตาล คะแนน 3 คือ เกิดสีน้ำตาลอ่อนร้อยละ 1-25 คะแนน 5 คือ เกิดสีน้ำตาลปานกลางร้อยละ 26-50 คะแนน 7 คือ สีน้ำตาลเข้มร้อยละ 51-75, คะแนน 9 คือ สีน้ำตาลเข้มมากร้อยละ 76-100 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำ 4 ซ้ำต่อชุดการทดลอง วิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ Duncan’s Multiple Range (DMRT)

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการใช้น้ำคั้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากส่วนแกนและเนื้อที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณผิวของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มด้วยน้ำคั้นสับปะรดจากส่วนแกนและเนื้อมีค่า L* แสดงถึงความสว่างของชิ้นวัตถุสูงกว่าชุดควบคุม ค่า b* เป็นบวก แสดงถึงวัตถุมีสีเหลือง และ C* แสดงถึงความเข้มของสีที่ปรากฏสูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย จากการทดลองค่า L* มีแนวโน้มลดลงแสดงให้เห็นว่ามะม่วงมีสีคล้ำเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับค่า b* และค่า C* แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในค่า Hue angle (Fig. 1A, B, C และ D) การเปลี่ยนแปลงสีผิวของชิ้นมะม่วง (ΔE) (Fig. 1E) ค่าความเข้มของสีน้ำตาล (browning intensity) (Fig. 2A) ที่จุ่มด้วยน้ำคั้นสับปะรดส่วนแกนมีค่าต่ำกว่ามะม่วงที่จุ่มในน้ำคั้นสับปะรดจากส่วนเนื้อและชุดควบคุม สำหรับคะแนนการเกิดสีน้ำตาล โดยมีเส้นเกณฑ์การยอมรับของผู้บริโภคที่คะแนน 4.9 (จากการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 40 คน) พบว่ามะม่วงตัดแต่งที่จุ่มน้ำคั้นสับปะรดส่วนแกนมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด ในระหว่างการเก็บรักษา (Fig. 2A และ B) และมีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

วิจารณ์ผล

น้ำคั้นสับปะรดสามารถชะลอการเกิดอาการสีน้ำตาลที่บริเวณผิวของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ เนื่องจากน้ำสับปะรดมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่สำคัญต่างๆ มากมายเป็นองค์ประกอบ คือ กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก เป็นต้น ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (Chaisakdanugull และคณะ, 2007) ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) ซึ่งกรดอินทรีย์ที่พบมากในน้ำสับปะรด คือ กรดซิตริก มีสมบัติเป็นสารคีเลท (Chelating agent) สามารถจับกับทองแดงที่บริเวณเร่งของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส เมื่อทองแดงถูกดึงออกทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ (McCord และ Kilara, 1983) และกรดแอสคอร์บิกซึ่งมีสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ โดยทำการรีดิวซ์ o-quinone ให้กลับมาอยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลทำให้การเกิดสี

น้ำตาลลดลง นอกจากกรดอินทรีย์ภายในน้ำสับปะรดที่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้แล้ว ยังมีรายงานว่าเอนไซม์โปรติเอส (protease) สามารถยับยั้งการเกิดอาการสีน้ำตาลได้เช่นกัน (Wen, 2001) เอนไซม์โปรติเอสที่พบมากในสับปะรดคือ โบมิเลน (bromelain) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มซิสเตอีนโปรติเอส (cysteine protease) หรือ ซัลฟ์ไฮดริลโปรติเอส (sulfhydryl protease) หรือ ไทออลโปรติเอส (thiol protease) เอนไซม์กลุ่มนี้เป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีน (Ohtsuki และคณะ, 1995; Godfreg และ West, 1996) การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส โดยจับหรือเกิดกระบวนการไฮโดรลิซิส (hydrolysis) ตรงตำแหน่งที่จำเพาะ (specific sites) ต่อการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Taoukis และคณะ, 1990) จากการวิเคราะห์กิจกรรมของโบรมิเลนในน้ำคั้นสับปะรดส่วนแกนและเนื้อพบว่าสับปะรดส่วนแกนมีค่ากิจกรรมของโบรมิเลนสูงกว่าส่วนเนื้อเท่ากับ 0.51 และ 0.41 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งเอนไซม์โบรมิเลนอาจจะเป็นปัจจัยหลักในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคนอกเหนือจากค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดอินทรีย์

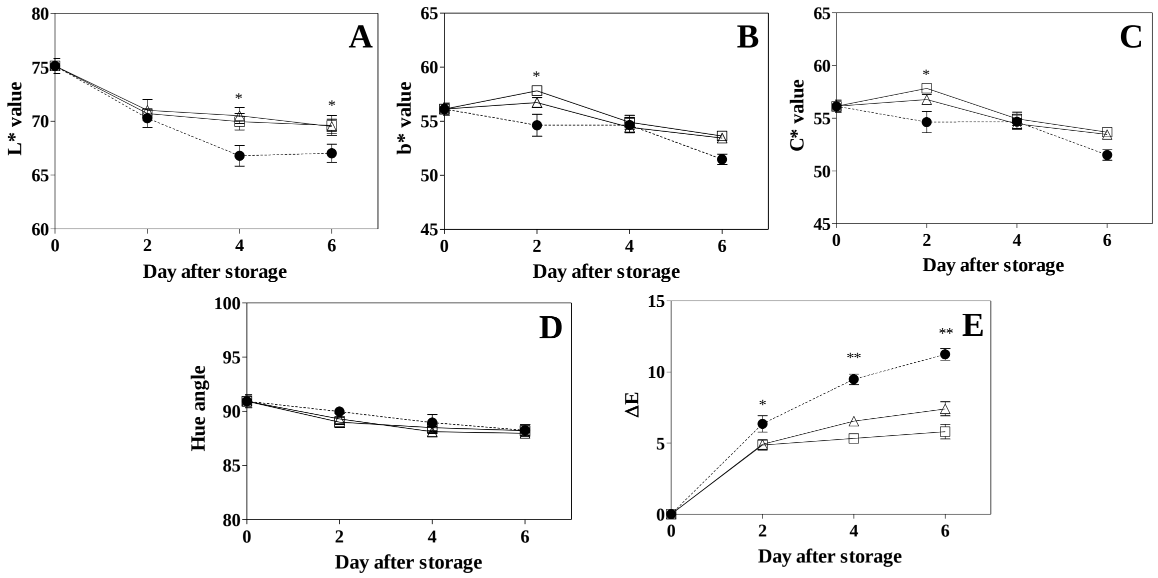


Figure 1 L* value (A), b* value (B), C* value (C), Hue angle (D) and ΔE (E) during storage in control, 50% core of pineapple juice and 50% pulp of pineapple juice coated fresh-cut mango at 4°C.

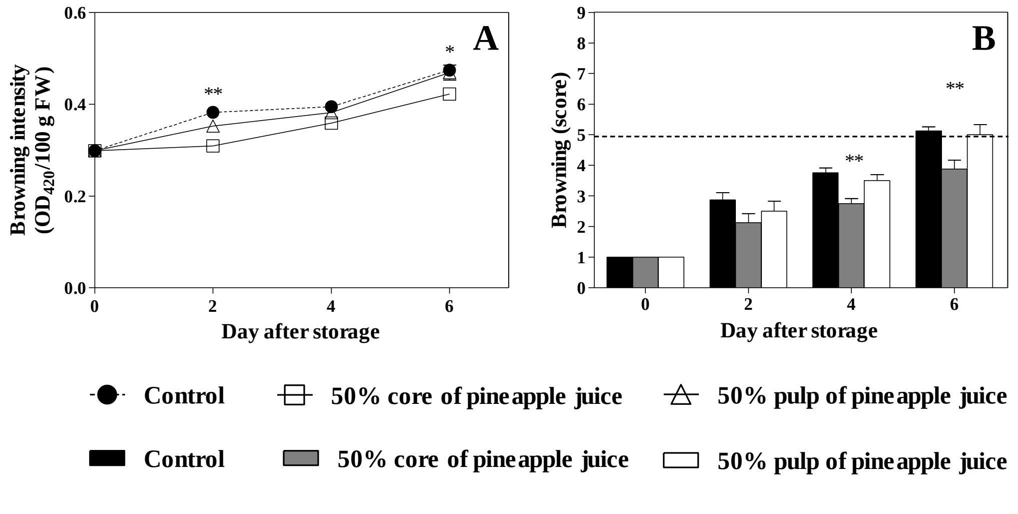


Figure 2 Browning intensity (A) and Browning score (B) during storage in control, 50% core of pineapple juice and 50% pulp of pineapple juice coated fresh-cut mango at 4°C.

สรุป

การจุ่มน้ำคั้นสับปะรดส่วนแกนของสับปะรดพันธ์ปัตตาเวียที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 (v/v) สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ เมื่อเก็บรักษาในกล่องพลาสติกกึ่งคงรูปที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และมีอายุการเก็บรักษา 6 วัน

คำขอบคุณ

สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chaisakdanugull, C., Theerakulkait, C., and Wrolstad, R.D., 2007, "Pineapple juice and its fractions in enzymatic browning inhibition of banana [Musa (AAA group) Gros Michel]", Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 55, pp. 4252–4257.

Godfrey T. and West S., 1996, "Introduction to industrial enzymology", In: Industrial enzymology, Godfrey, T., West, S. (Ed.), Macmillan Press, London, pp. 1-8.

McCord, J.D. and Kilara, A., 1983, "Control of enzymatic browning in processed mushrooms (Agaricus bisporus)", Journal of Food Science, Vol. 48, pp. 1479-1484.

Ohtsuki, K., Taguchi, K., Sato, K. and Kawabata, M., 1995, "Purification of ginger proteases by DEAE-sepharose and isoelectric focusing", Biochimica et Biophysica Acta, Vol. 1243, pp. 181-184.

Supapvanich, S., Prathaan, P. and Tepsorn, R., 2012, "Browning inhibition in fresh-cut rose apple fruit cv. Taaptimjaan using konjac glucomannan coating incorporated with pineapple fruit extract", Postharvest Biology and Technology, Vol. 73, pp. 46-49.

Taoukis, P.S., T.P. Labuza, J.H. Lillemo, and S.W. Lin., 1990, "Inhibition of shrimp melanosis (black sport) by ficin", Lebensmittel Wissenschaft und Technologic, Vol. 23, pp. 52-54.

Wen, L. and Wrolstad, R.E., 2001, Pineapple juice: Phenolic composition and enzymatic browning inhibition, Ph.D Thesis, Oregon State University.

อิทธิพลของเมธิลจัสโมเนสต่อคุณภาพของเงาะพันธุ์โรงเรียนที่เก็บในถุงแอคทีฟ
Effects of methyl jasmonate on post-harvest quality of rambutan stored in active bag

Chung Thi Trinh[1], กัลยา ศรีพงษ์[2] สุภา พ่วงนิ่ม[2] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[2,3] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[2,3,*]
Trinh, C.T. [1], Sripong, K.[2], Pungnim, S. [2], Uthairatanakij, A.[2,3] and Jitareerat, P.[2,3]

Abstract
The effect of 10 and 20 µmol/L methyl Jasmonate (MeJA) treatments on fruit quality and plant defense of rambutan cv. Rong-Rien was investigated during storage at 13°C in active bags. No significant changes in colour, weight loss, TSS, and percent of disease incidence were recorded. The activities of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and peroxidase (POD) also showed non-significant different with the control whereas MeJA treatments delayed browning of rambutan peel significantly in the first week of storage. Especially, a 10 µmol/L MeJA treatment showed the highest score of overall acceptance in comparison with other treatments. This implies that MeJA may alleviate the browning and disease severity.
Keywords: methyl jasmonate, *Nephelium lappaceum* Linn., PAL, POD

บทคัดย่อ
ศึกษาผลของเมธิลจัสโมเนสที่ 10 และ 20 µmol/L ต่อคุณภาพและความต้านทานโรคผลเน่าของเงาะพันธุ์โรงเรียนที่เก็บในถุงแอคทีฟที่ 13 องศาเซลเซียส พบว่าเมธิลจัสโมเนส (MeJA) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนักสด และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และพบว่ากิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโนเนียไลเอส (PAL) และเปอร์ร็อคซิเดส (POD) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ในขณะที่พบว่าความรุนแรงของโรคลดลง นอกจากนี้ พบว่า MeJA ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา โดยเงาะที่จุ่มใน MeJA ที่ 10 µmol/L มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเงาะในชุดทดลองอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า MeJA ช่วยบรรเทาการเกิดสีน้ำตาลและลดความรุนแรงของโรคได้
คำสำคัญ : เมธิลจัสโมเนส, *Nephelium lappaceum* Linn., PAL, POD

Introduction
Rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn.) is a popular tropical fruit with high potential in exports but its limitation is post-harvest diseases and spintern browning caused by high water loss. Several reports have attempted to use safe and environmental friendly treatments to control diseases such as cinnamaldehyde (Sivakumar et al., 2002), biological antagonistic fungi (Sivakumar et al., 2000), and chitosan (Jitareerat et al., 2005). Recently, plant growth hormone, i.e., methyl jasmonate (MeJA) has shown a promise in approaching post-harvest disease control in horticultural produce including avocado (Glowacz et al., 2017), egg plant (Fan et al., 2016) and table grapes (Jiang et al., 2015). Therefore, MeJA may have the potential to control postharvest disease of rambutan. To reduce weight loss, the packages have been successful for protecting the water loss of produce such as polyethylene bag (Sabbua et al., 2011) and stretch film (Litifah et al., 2005). Among of various packaging, active bag is a new specific modified atmosphere package that help to reduce weight loss, maintain quality and extend shelf-life (Owino et al. 2016). Therefore, an appropriate post-harvest technique that is environmentally friendly, cost effective and easy to apply is selected to control disease and

[1] Department of Post-Harvest, Faculty of Biotechnology and Food Technology, Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry, Vietnam
[2] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150
[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[3] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400
* email : pongphen.jit@kmutt.ac.th

extend shelf life. The objective of this work was to investigate the effects of MeJA on fruit decay, the induction of defense enzymes, and quality of rambutan during storage in active bag.

Materials and methods

Rambutan fruit were selected for uniformity of maturity, size, colour and freedoms from defects. The fruits were washed with tap water before dipped in 10 or 20 µmol/L MeJA for 1 minute and then dried at ambient temperature. Control fruits received no treatment. After drying, 6 fruits from each treatment were randomly packed in active bags and stored at 13^{o}C. Samples were withdrawn for analysis in a 4 days interval for 20 days with 6 fruits in each replicate. Fruit quality were assessed for total soluble solids (TSS) content, weight loss, and pericarp color (L*, a*, b* and hue values). Overall acceptance was using a 9-point hedonic scale when 1=dislike extremely and 9= like extremely. Browning score of peel was evaluated using a subjective score (score 0-5: 0= no browning; 1-5: <10%, 10-25%, 26-50%, 51-75% and >76% of surface getting brown. Disease incidence (DI) and disease severity (DS) was assessed by the extent of total decayed surface area on each fruit using a five-point scale (1-5: 1= 0% of fruit surface rotten; 2= 1- 25%; 3= 26-50%; 4= >51-75%; 5=76-100%) (Rajapakse et al., 2006). Each treatment consisted of 3 replicates, with 12 fruits each. PAL and POD activities were assayed according to Zucker (1968) and Yao et al. (2005) respectively. Data processing and statistical analysis, fruits were arranged in a CRD in all treatments. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS.

Results and discussion

Fruit quality, during storage time, TSS of rambutan decreased in all treatments. TSS of non-treated fruit was higher than those MeJA treated fruits, however, no significant different between the control and treatments (Figure 1A). Similarly, MeJA treatments at 10 or 20 µmol/L did not affect fresh weight of rambutan (Figure 1B). Colour assessment showed that no significant changes in L*, a*, b* and hue values were recorded during storage in all treatments (data not shown). Browning of peel and spinterns substantially increased, especially browning score of spintern was higher than peel (data not shown). MeJA treatments caused a significant delay in browning of spinterns and peel after day 8 and day 12, respectively (Figure 1C). Similarly research were found that postharvest application of MeJA could delay browning symptom in fresh produce such as pear (Xing et al., 2013).

Overall acceptance is considered as the most important factor determining marketability. MeJA treated fruit showed higher scores of overall acceptances than the control, and there was a significant difference between the two levels of treatment. The highest score was shown in 10 µmol/L MeJA treatment (Figure 1D). DI was not significant difference between the treatments and the control. Meanwhile, scores of DS in MeJA treated fruits seemed lower than the control fruit. However, no significant difference in DS between the two MeJA concentrations was observed (Figure 1E, F). Previous works reported that MeJA has a potential to induce plant defense enzymes (PAL and POD) in peach (Yao and Tian, 2005), tomato (Borden and Higgins, 2002), and strawberry (Asghari and Hasanlooe, 2016). In this study, PAL and POD activities showed non-significant with the control, but its activity in treated fruit was slightly higher than the control (Figure 1G, H). Therefore, this may imply that MeJA might be a minor factor in alleviating disease severity of rambutan. Several studies show that MeJA plays a role in establishing fruit defense response resulting to decreasing of disease severity such as in strawberry (Mohammadreza and Ali, 2016).

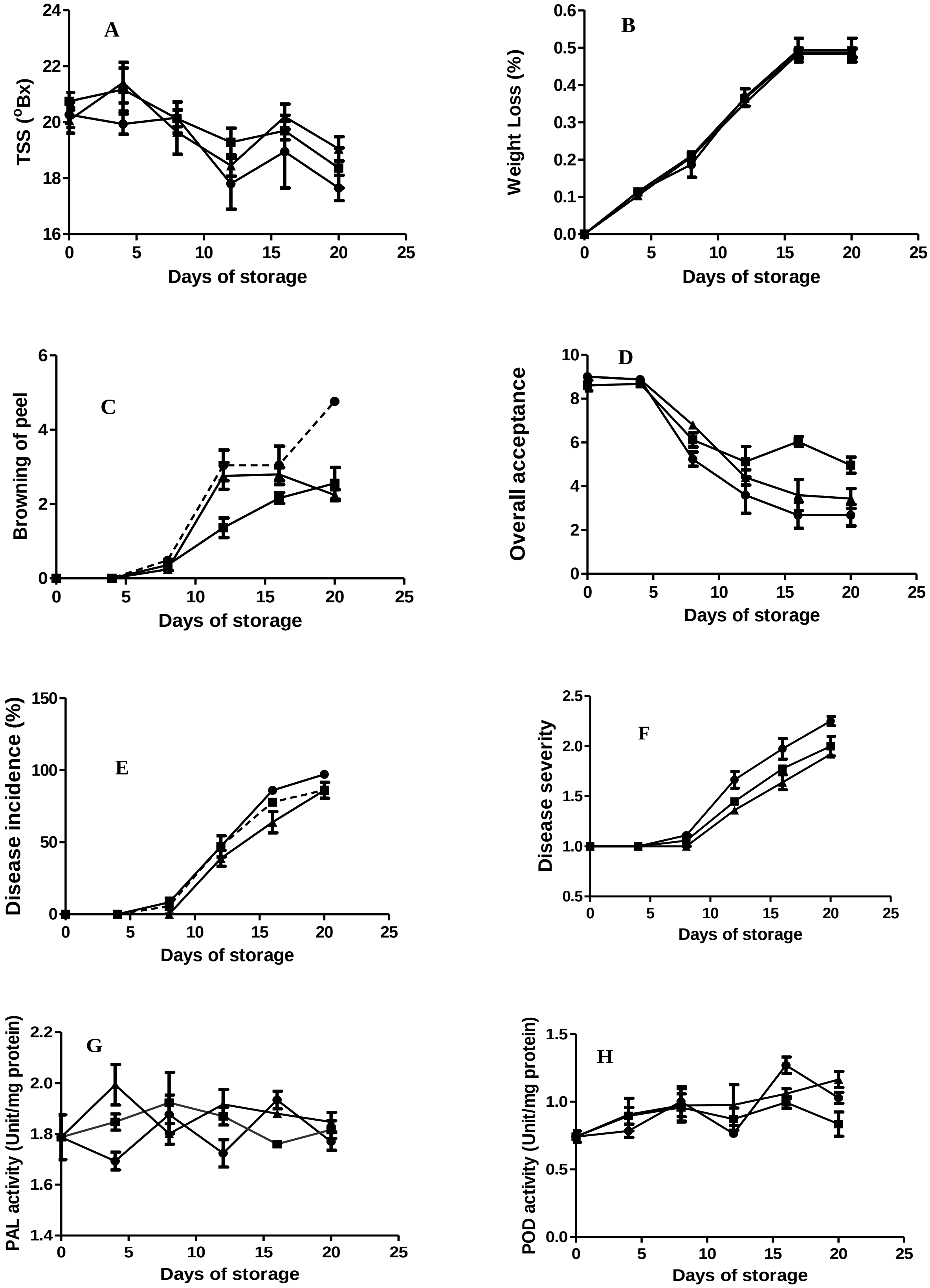


Figure 1. Total soluble solids (A), weight loss (B), browning of peel (C), overall acceptance (D), disease incidence % (E), disease severity (F), PAL activity (G) and POD activity (H) in rambutan of control and treated with 0 µmol/L MeJA ( ),10 µmol/L MeJA ( ) and 20 µmol/L MeJA ( ) during storage at 13^{0}C.

Conclusions

MeJA application may be able to reduce peel browning and the severity of fruit rot disease and there no were any effects on the changes in colour, weight loss, TSS, percent of disease incidence, and plant defense enzyme (PAL and POD).

Acknowledgement

This research was supported by High Impact Research Mobility and Postharvest Technology Innovation Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand.

References*

Asghari, M. and Hasanlooe, A.R. 2016. Methyl jasmonate effectively enhanced some defense enzymes activity and total antioxidant content in harvested "Sabrosa" strawberry fruit. Food Science & Nutrition 4 (3): 377-383.

Borden, S. and Higgins, V.J. 2002. Hydrogen peroxide plays a critical role in the defence response of tomato to *Cladosporium fulvum.* Physiological and Molecular Plant Pathology 61 (4) : 227-236.

Fan, L., Shi, J., Zuo, J., Gao, L., Lv, L. and Wang, Q. 2016. Methyl jasmonate delays postharvest ripening and senescence in the non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. Posthar. Biol. and Tech. 120: 76–83.

Glowacz, M. Roets, N. and Sivakumar, D. 2017. Control of anthracnose disease via increased activity of defence related enzymes in 'Hass' avocado fruit treated with methyl jasmonate and methyl salicylate. Food Chem 234 : 163–167.

Jiang, L., Jin, P., Wang, L., Yu, X., Wang, H. and Zheng, Y. 2015. Methyl jasmonate primes defense responses against *Botrytis cinerea* and reduces disease development in harvested table grapes. Scientia Horticulturae 192 : 218–223.

Jitareerat, P., Kasinkaseampong, J., Chanthanumaut, P. and Pradabsri, D. 2005. Effect of chitosan for pre-harvest and post-harvest disease control of rambutan cv. Rong Rean. Abstract. APEC Symposium on Assuring Quality and Safety of Fresh Produce, August 1-3, 2005, Bangkok, Thailand. p. 76.

Litifah, M.N., Abdullah, H., Ab Aziz, Fauziah, O. and Talib, Y. 2005. Effect of packing system on the quality of rambutan. Abstract. Australian Post. Horticul. Conference. New Zealand. 27-30 September 2005. p. 16.

Mohammadreza, A. and Ali, R.H. 2016. Methyl jasmonate effectively enhanced some defense enzymes activity and total antioxidant content in harvested 'Sabrosa' strawberry fruit. Food Sci. Nutri. 4(3): 377-383.

Owino, W.O., Yumbya, P., Shibairo. S. and Ambuko, J. 2016. Efficacy of Activebag® packaging on postharvest quality of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims), paper presented at XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014).

Sabbua, D., Jitareerat, P., Srilaong, V. and Uthairatanakij, A. 2011. Extending the storage life of rambutan cv. Rong Rean by polyethylene bag. Agricultural Science 42 (suppl.)(3) : 633-636.

Rajapakse, R.G.A.S., Edirimanna, E.R.S.P. and Kahawatta, J. 2006. Management of powdery mildew disease of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) in Sri Lanka. Journal of Agricultural Sciences 2(3): 8–14.

Sivakumar, D., Wijeratnam, R.S.W., Wijesundera, R.L.C., Marikar, F.M.T. and Abeyesekere, M. 2000. Antagonistic effect of *Trichoderma harzianum* on postharvest pathogens of rambutan (*Nephelium lappaceum*). Phytoparasitica, 28 : 240-247.

Sivakumar, D., Wilson Wijeratnam, R.S., Wijesundera, R.L.C. and Abeyesekere, M. 2002. Control of postharvest diseases of rambutan using cinnamaldehyde. Crop Protection 21 (9) : 847-852.

Xing, D., Mu, W. and Wang, Q. 2013. Effect of methyl jasmonate on peel browning of postharvest Huangguan pear. Food and Fermentation Technology 49:29.

Yao, H. and Tian, S. 2005. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. Posthar. Biol. and Tech. 35 (3) : 253-262.

Zucker, M. 1968. Sequential induction of phenylalanine ammonia-lyase and a lyase-inactivating system in potato tuber disks. Plant Physiol 43(3) : 365-374.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของอ้อยดำพื้นเมืองสำหรับพัฒนาเป็นพืชอาหารสัตว์
Antioxidant Capacity and Total Phenolic Contents of Local Black Sugarcane to Development in Animal Feeds

กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ[1] และ ประทีป อูปแก้ว[1]
Lueangprasert, K.[1] and Oupkaew, P.[1]

Abstract

The aims of this research were to investigate antioxidant capacities and total phenolic contents of local black sugarcane compared to those of napier grass cv. Pak Chong 1 and sugarcane cv. Khon Kaen 3 at different times after planting. All plants were grown under the same conditions. The plant leaves and stems were randomly harvested and analyzed at 3, 5 and 7 months after planting. The results showed that the antioxidant capacities and total phenolic contents were higher in leaves than those in stems. Black sugarcane leaves had the significantly highest antioxidant capacity and total phenolic contents at 3 months after planting, followed by napier grass cv. Pak Chong 1 and sugarcane cv. Khon Kaen 3. The local black sugarcane had the most antioxidant capacity and total phenolic contents. Therefore, local black sugarcane could be considered as potential antioxidant source for animal feeds production.
Keywords: antioxidant capacity, total phenolic contents, local black sugarcane, animal feeds

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคของอ้อยดำพื้นเมืองระหว่างการปลูก การทดลองทำการเปรียบเทียบอ้อยดำพื้นเมืองกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นพืชที่นิยมปลูกในเชิงการค้า โดยปลูกพืชทั้งหมดในสภาวะเดียวกัน จากนั้นเก็บเกี่ยวพืชตัวอย่างในส่วนใบและลำต้น แล้ววิเคราะห์ผลเมื่อหลังปลูกนาน 3, 5 และ 7 เดือน พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในส่วนของใบมีค่ามากกว่าลำต้น โดยใบของอ้อยดำพื้นเมืองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญหลังปลูกนาน 3 เดือน รองลงมาคือส่วนใบของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และใบอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 จากผลการทดลองพบว่าอ้อยดำพื้นเมืองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูงที่สุด ดังนั้นอ้อยดำพื้นเมืองจึงเป็นพืชมีศักยภาพที่จะเป็นพืชอาหารสัตว์ได้ในอนาคต
คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด อ้อยดำพื้นเมือง อาหารสัตว์

คำนำ

พืชอาหารสัตว์ในปัจจุบันมีพันธุ์ที่นิยมปลูกหลากหลายชนิด ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ หญ้ารูซี่ เป็นต้น หรือใช้เศษเหลือจากอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น กากมันสำปะหลัง กากมะพร้าวคั้น พืชที่จะนำมาเป็นพืชอาหารสัตว์มีการเจริญเติบโตได้ดี ผลผลิตสูง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Kawashima และคณะ, 1996) และที่สำคัญเป็นอย่างมากคือราคาถูกเพื่อลดต้นทุนในการผลิตอาหารสัตว์ให้ต่ำลง โดยหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นพันธุ์นิยมปลูกซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปลูกง่าย และเจริญเติบโตได้ดี อย่างไรก็ตาม พืชในกลุ่มอ้อยก็มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน แต่ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเหมาะกับการผลิตน้ำตาลเป็นหลักและมีสารต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการหาพืชชนิดใหม่ทดแทนหรือเสริมเข้าไปในพืชอาหารสัตว์ โดยอ้อยดำพื้นเมืองเป็นพืชที่พบมากในจังหวัดสระแก้วและบริเวณใกล้เคียง เป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตโตเร็วและทนแล้ง มีลักษณะพิเศษคือลำต้นมีสีม่วงดำและใบมีสีม่วงแดง มีคุณสมบัติที่ดีเหมาะแก่การรักษาโรคหลายชนิด ได้แก่ แผลเน่าเปื่อย แผลเรื้อรัง รักษาฝีอักเสบบวม แก้ไอ ขับเสมหะ ด้วยรสชาติหวานขมของอ้อยดำพื้นเมือง และสรรพคุณต่างๆ ในการรักษาโรคได้มากมาย (Uttara และคณะ, 2009; Gupta และคณะ, 2014) การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคในอ้อยดำพื้นเมืองเปรียบเทียบกับพืชที่นิยมปลูกเป็นพืชอาหารสัตว์และพืชที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ได้แก่ หญ้าเนเปียร์และอ้อยปลูก เพื่อพัฒนาหรือทดแทนเป็นพืชอาหารสัตว์ในอนาคตต่อไป

[1] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว 27160
[1] Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus, Sakaeo 27160

อุปกรณ์และวิธีการ

นำท่อนพันธุ์อ้อยดำพื้นเมือง หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ปลูกในแปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ระหว่างการปลูกมีการให้น้ำทั่วทั้งแปลง โดยให้ดินมีความชื้นสม่ำเสมอ และเก็บเกี่ยวใบและลำต้นหลังปลูกนาน 3, 5 และ 7 เดือน สุ่มแต่ละตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ และเก็บตัวอย่างในตู้ -20°ซ จนกว่าจะนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity และสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด นำตัวอย่างพืชมาสกัดโดยดัดแปลงวิธีการของ Chumyam และคณะ (2013) และ Ramakrishna และคณะ (2012) นำตัวอย่างพืชมาสกัดด้วย 80% methanol ในสัดส่วน 1:25 (w/v) จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงตกตะกอนด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4°ซ นำส่วนของเหลวใสไปใช้วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยดัดแปลงวิธีของ Muńim และคณะ (2003) โดยเตรียมสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลายในการวิเคราะห์ 0.1 mM DPPH ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและเก็บรักษาในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดโดยดัดแปลงจากวิธีการของ Singleton and Rossi (1965) เตรียมสารละลายตัวอย่างผสมกับ 10 % Folin – Ciocalteu reagent ในสัดส่วน 1:5 ผสมให้เข้ากันและวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 8 นาที เติมสารละลาย 7.5 % Na_2CO_3 ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร การวิเคราะห์ผลทางสถิติวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistics 23 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test และ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ผลการทดลอง

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในใบและลำต้น

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในอ้อยดำพื้นเมืองในส่วนของใบและลำต้นเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 เมื่อปลูกเป็นระยะเวลานานต่างกันพบว่าทั้งในส่วนของใบและลำต้นมีค่าสูงสุดหลังปลูกนาน 3 เดือน และมีค่าลดลงในพืชทั้งสามเมื่อระยะเวลาปลูกนานขึ้น โดยในส่วนใบของอ้อยดำพื้นเมืองมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 120.18 µmol Trolox equivalent/100 g fresh weight (FW) ใบหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และใบอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 94.65 และ 22.65 µmol Trolox equivalent/100 g FW ตามลำดับ และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าดังกล่าว (Figure 1A)

สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในใบและลำต้น

สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในอ้อยดำพื้นเมืองในส่วนของใบและลำต้นเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 เมื่อปลูกเป็นระยะเวลานานต่างกันพบว่ามีค่าสูงสุดเมื่อปลูกนาน 3 เดือนและมีค่าลดลงในพืชทุกชนิด โดยสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในใบอ้อยดำพื้นเมืองมีค่าเท่ากับ 55.22 g/100 g FW ซึ่งมีค่าสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าดังกล่าวของใบหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และใบอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.29 และ 2.08 g/100 g FW ตามลำดับ (Figure 1B)

การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในอ้อยดำพื้นเมือง หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3

ผลของการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในอ้อยดำพื้นเมืองเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 เมื่อปลูกเป็นระยะเวลานานต่างกันพบว่ามีค่าสูงสุดหลังปลูกนาน 3 เดือน และค่าดังกล่าวลดลงเมื่อปลูกเป็นระยะเวลานานขึ้นในพืชทั้ง 3 ชนิด โดยอ้อยดำพื้นเมืองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ 68.14 µmol Trolox equivalent/100 g FW รองลงมาคือหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และใบอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 53.35 และ 13.40 µmol Trolox equivalent/100 g FW ตามลำดับ (Figure 2A) ส่วนสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดพบว่ามีค่ามากที่สุดในอ้อยดำพื้นเมืองเท่ากับ 2.87 g/100 g FW รองลงมาคือหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 เท่ากับ 2.38 และ 1.25 g/100 g FW ตามลำดับ (Figure 2B)

วิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในอ้อยดำพื้นเมืองพบว่ามีฤทธิ์สูงในใบมากกว่าลำต้น และสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดที่พบในใบมากกว่าลำต้น ทั้งนี้เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระในพืชสร้างมาจากสารในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดซึ่งมีปริมาณการสะสมสารที่แตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของพืชและบริเวณที่พืชสะสม โดยสามารถพบการสะสมของสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในส่วนของใบมากกว่าส่วนอื่นๆ สอดคล้องกับพืชชนิดอื่นๆ เช่น *Crataegus azarolus* ซึ่งเป็นพืชสำหรับนำมาใช้ทำยาในประเทศจอร์แดน พบสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในส่วนของใบมากกว่าของลำต้นและผล รวมทั้งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Al-Mustafa และ Al-Thunibat, 2008) และในใบมะเขือ *Solanum torvum* (Abdulkadir และคณะ, 2016) นอกจากนี้ในผลของพืชที่มีสีม่วงบริเวณผิวผลสามารถพบสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่บริเวณผิวมากกว่าบริเวณอื่นๆ ดังที่มีรายงานในเปลือกของมะเขือม่วง 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Muang lek, Muang Lot Fai, Muang Kan Dam และ Muang Kan Khiao (Chumyam และคณะ, 2013) โดยสารประกอบฟีนอลิคประกอบด้วยสารในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ซึ่งพบได้ในพืชที่มีสีม่วงแดงในกลุ่มของแอนโทไซยานินส่งผลทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงตามไปด้วย ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถพบได้ในพืชหลายชนิด ได้แก่ ผลบลูเบอร์รี่ (Wang *et al*., 2011) และผลมัลเบอร์รี่พันธุ์ *Zhongshen 831* และพันธุ์อื่นๆ (Chen และคณะ, 2016) รวมทั้งสีของรงควัตถุในกลีบดอกไม้สามารถบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของปริมาณของแอนโทไซยานินและสารต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มสูงขึ้นได้ (Benvenuti และคณะ, 2016) เป็นต้น สอดคล้องกับใบอ้อยดำพื้นเมืองที่มีสีม่วงแดง พบสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูงกว่าหญ้าเนเปียร์และอ้อยปลูก

สรุปผล

อ้อยดำพื้นเมืองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 และใบอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 หลังปลูกนาน 3 เดือน โดยใบอ้อยดำพื้นเมืองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดมากที่สุดเหมาะสำหรับนำไปพัฒนาเป็นอาหารสัตว์ต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สำหรับการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Abdulkadir, A.R., Mat, N., Hasan, Md.M. and Jahan, A.S., 2016, In vitro antioxidant activity of the ethanolic extract from fruit, stem, and leaf of *Solanum torvum*, ScienceAsia, 42: 184-189.

Al-Mustafa, A.H. and Al-Thunibat, O.Y., 2008, Antioxidant activity of some Jordanian medicinal plants used traditionally for treatment of diabetes, Pakistan Journal of Biological Science, 11(3): 351-358.

Benvenuti, S., Bortolotti, E. and Maggini, R., 2016, Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers, Scientia Horticulturae, 199: 170-177.

Chen, H., Chen, J., Yang, H., Chen, W. and Gao, H., 2016, Variation in total anthocyanin, phenolic contents, antioxidant enzyme and antioxidant capacity among different mulberry (*Morus* sp.) cultivars in China, Scientia Horticulturae, 213: 186-192.

Chumyam, A., Whangchai, K., Jungklang, J., Faiyue, B. and Saengnil, K., 2013, Effects of heat treatments on antioxidant capacity and total phenolic content of four cultivars of purple skin eggplants, ScienceAsia, 39: 246-251.

Gupta, R.K., Patel, A.K., Shah, N., Choudhary, A.K., Jha, U.K., Yadav, U.D., Gupta, P.K. and Pakuwal, U. 2014. Oxidative stress and antioxidants in disease and cancer: a review. Asian Pac. J. Cancer Prev., 15: 4405-4409.

Kawashima, T., Sumamal, W., Pholsen, P., Chaithiang, R., Boonpakdee, W., Kurihara, M. and Shibata, M., 1996, Nutritative value of sugarcane stak for feed cattle, The 8th AAAP Animal Science Congress, October 13-18, Tokyo, pp. 238-239.

Muńim, A., Negishi, O. and Ozawa, T., 2003, Antioxidative compounds from *Crotalaria sessiliflora*, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 67(2): 410-414.

Ramakrishna, H., Murthy, S.S., Divya, R., MamathaRani, D.R. and Panduranga, M.G., 2012, Hydroxy radical and DPPH scavenging activity of crude protein extract of *Leucas linifolia*: A folk medicinal plant, Asian Journal of Plant Science Research, 2(1): 30-35.

Singleton, V.L. and Rossi, J.A.Jr. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybic-posphotungstic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.

Uttara, B., Singh, A.V., Zamboni, P., Mahajan, R.T., 2009, Oxidative stress and neurodegenerative diseases: A review of upstream and downstream antioxidant therapeutic options, Current Neuropharmacology, 7(1): 65–74.

Wang, S.Y., Chen, H.J. and Ehlenfeldt, M.K., 2011, Variation in antioxidant enzyme activities and nonenzyme components among cultivars of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) and *V. ashei* derivatives, Food Chemistry, 129: 13-20.

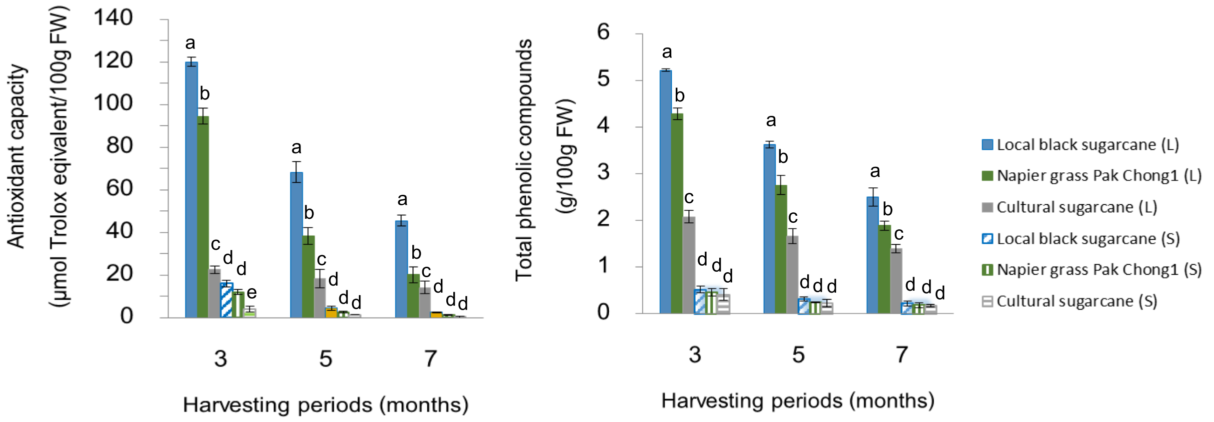


Figure 1 Antioxidant capacity (A) and total phenolic compounds (B) in leaf (L) and stem (S) of local black sugarcane, napier grass cv. Pak Chong1 and cultural sugarcane cv. Khon Kaen 3 during harvesting period at 3, 5 and 7 months. Error bars indicated SD of means. The letter above of columns by the different letters are significantly different at p<0.05.

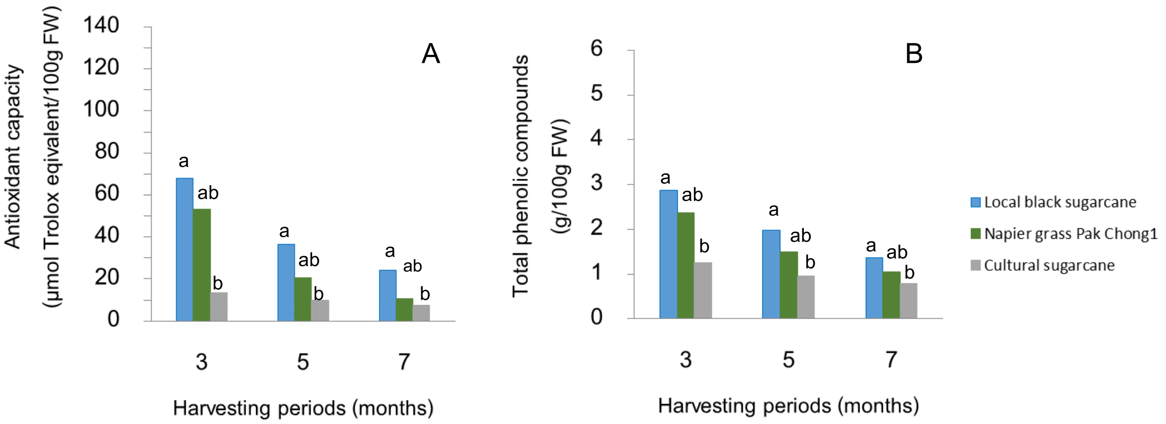


Figure 2 Antioxidant capacity (A) and total phenolic compounds (B) of local black sugarcane, napier grass cv. Pak Chong1 and cultural sugarcane cv. Khon Kaen 3 during harvesting period at 3, 5 and 7 months. The letter above of columns by the different letters are significantly different at p<0.05.

โภชนาการของเนื้อผลเคพกูสเบอร์รี่ (*Physalis peruviana* L.)**
Nutritional Content of Cape Gooseberry Pulp (*Physalis peruviana* L.)

ภัชรี สิทธิกิจโยธิน[1] และ พรชัย เหลืองบริสุทธิ์[1]
Sittikityotin, P.[1] and Luangborisut, P.[1]

Abstract

The aim of this research was to analyse some nutritional properties in Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.). The result showed that the amino acid groups were alanine, arginine, aspartic acid, cysteine, glutamic acid, glycine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, proline, serine, threonine, tryptophan, tyrosine, and valine. For the nutritional value of 100 ml, the most amino acid was aspartic acid of 47.49, followed by glutamic acid of 28.38 and alanine of 17.21 mg . Fatty acid group were palmitic acid, cis-9-Oleic acid, monounsaturated fatty acid, alpha-Linolenic acid, polyunsaturated fatty acid, unsaturated fat, omega-9, and omega-3, the nutritional value of 100 ml were at 40, 40, 30, 30, 30, 35, and 28 mg/ 100 mL, respectively. Unsaturated fat had higheest contents at 60 mg.
Keywords: amino acid, fatty acid, omega

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการบางประการในเคพกูสเบอร์รี่ จากผลการทดสอบคุณค่าทางอาหารปริมาณเปรียบเทียบ 100 มิลลิลิตร พบว่า เคพกูสเบอร์รี่ มีกรดอะมิโน อะลานีน อาร์จินีน กรดแอสปาร์ติก ซีสเทอีน กรดกลูตามิก ไกลซีน ฮีสทีดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน โพรลีน ซีรีน ทรีโอนีน ทริปโทเฟน ไทโรซีน และวาลีน ซึ่งกรดอะมิโนที่มีปริมาณมากที่สุดคือ กรดแอสปาร์ติก 47.49 รองลงมาคือ กรดกลูตามิก 28.38 และอะลานีน 17.21 มิลลิกรัม ส่วนกรดไขมัน (คุณค่าทางอาหารปริมาณเปรียบเทียบ 100 มิลลิลิตร) พบกรดปาล์มิติก ซิส-9-กรดโอเลอิค กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มี 1 พันธะคู่ กรดอัลฟาลิโนเลอิก กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีมากกว่า 1 พันธะคู่ โอเมก้า 9 และโอเมก้า 3 ซึ่งพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 40, 40, 30, 30, 30, 35 และ 28 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีปริมาณสูงที่สุด 60 มิลลิกรัม
คำสำคัญ: กรดอะมิโน กรดไขมัน โอเมก้า

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 เมื่อร่างกายเมแทบอไลท์แล้วจะมีคุณสมบัติสามารถยับยั้งแบคทีเรีย-ไวรัส ต้านอนุมูลอิสระ และสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง(ภัชรี และคณะ, 2016) นอกจากนี้ยังพบโปรตีนและกรดไขมัน กรดไขมันมีความจำเป็นต่อร่างกาย ร่างกายใช้กรดไขมันไปช่วยในการสร้างฮอร์โมนซึ่งทำหน้าที่ควบคุมร่างกายหลายอย่างเช่น ควบคุมความดันเลือด การแข็งตัวของเลือด ระดับไขมันในเลือด ควบคุมเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (Vicente และคณะ 2009) ส่วนโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอมิโน ช่วยทำให้คอเลสเตอรอลลดลง ป้องกันเส้นเลือดตีบ ชะลอการแก่ก่อนวัย ร่างกายจะนำกรดอะมิโนไปสร้างโปรตีนในเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ซึ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการเติบโตและการซ่อมแซมร่างกาย สร้างสารควบคุมการทำงานของร่างกาย ได้แก่ เอนไซม์ ฮอร์โมน และภูมิต้านทานโรค ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะในกลุ่มของกรดอะมิโนและกรดไขมันทั้งชนิดกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว เพื่อพัฒนาสารสกัดจากเคพกูสเบอร์รี่ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อาทิ ทางการแพทย์ อาหาร เครื่องสำอาง และอุตสาหกรรม

[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

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

แหล่งของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสกัดแยกอย่างหยาบได้จากผลเคพกูสเบอร์รี่ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองซื้อจากร้านมูลนิธิโครงการหลวง วันที่ 3 ธันวาคม 2559 จำนวน 15 กิโลกรัม

การเตรียมน้ำผลไม้เคพกูสเบอร์รี่

นำผลเคฟกูสเบอร์รี่ จำนวน 15 กิโลกรัม นำมาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องปั่นแยกกาก(Moulinex Tefal, S/N 4309; China) กรองเอากากทิ้งด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง หลังจากนั้นนำส่วนที่เป็นน้ำจำนวน 10 ลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดสอบ

การทดสอบคุณค่าทางอาหาร

กลุ่มกรดอะมิโน วิธีทดสอบอ้างอิงจาก In-house method Based on Official Journal of the European Communities,L257/16

การวิเคราะห์ทดสอบกรดอะมิโน

เป็นการสกัดสารละลายตัวอย่างเพื่อให้ได้กรดอะมิโน โดยผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์เพื่อย่อยโมเลกุลของโปรตีนให้เล็กลงเป็นเพปไทด์และกรดอะมิโนอิสระ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก จากนั้นทำให้สารละลายตกตะกอนด้วยกรดซัลโฟซาลิไซริก แล้วจึงนำไปกรองแยกเอาสารละลายออกมา ปรับค่า พี เอช ให้ได้ประมาณ 2 ก่อนนำไปแยกด้วย Ion exchange chromatograpy หลังจากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับนินไฮดริน แล้วจึงนำไปตรวจวัดแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร

กลุ่มกรดไขมัน วิธีทดสอบอ้างอิงจาก In-house method TE-CH-208 Based on AOAC, (2016) 996.06

การวิเคราะห์ทดสอบกรดไขมัน

เป็นการสกัดสารละลายตัวอย่างเพื่อให้ได้กรดไขมัน โดยผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์ จากนั้นทำปฏิกิริยากับ เมทิลเอสเทอร์ (methanolic hydrogen chloride formed in situ) ก่อนนำไปแยกด้วย Gas Chromatography(Hydrolytic Extraction Gas Chromatographic Method) AOAC Official Method 996.06 Fat(Total,Saturated,and Unsaturated) in Foods

ผลการทดลอง**

เมื่อนำน้ำผลเคพกูสเบอร์รี่ไปทดสอบปริมาณคุณค่าทางอาหารปริมาณเปรียบเทียบ 100 มิลลิลิตร ในกลุ่มกรดอะมิโนพบ อะลานีน อาร์จินีน กรดแอสปาร์ติก ซีสเทอีน กรดกลูตามิก ไกลซีน ฮีสทีดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน โพรลีน ซีรีน ทรีโอนีน ทริปโทเฟน ไทโรซีน และวาลีน การทดสอบไม่พบ ไฮดรอกซีไลซีน ไฮดรอกซีโพรลีน เมไธโอนีน และฟีนิลอะลานีน ส่วนกรดไขมัน (คุณค่าทางอาหารปริมาณเปรียบเทียบ 100 มิลลิลิตร) พบกรดไขมันอิ่มตัว กรดปาล์มิติก ซิส-9-กรดโอเลอิค กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มี 1 พันธะคู่ กรดอัลฟาลิโนเลอิก กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีมากกว่า 1 พันธะคู่ โอเมก้า 9 และโอเมก้า 3 ดังแสดงใน Table 1 และ Table 2

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบหาปริมาณสารอาหารแต่ละชนิดในผลเคพกูสเบอร์รี่ ในกลุ่มกรดอะมิโน สามารถแยกออกได้เป็นกลุ่มของกรดอะมิโนที่จำเป็นคือ ฮีสทีดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน ทรีโอนีน ทริปโทเฟน และวาลีน ในกลุ่มนี้พบฮีสทีดีนมีมากที่สุด 4.7 มิลลิกรัม กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นคือ อะลานีน อาร์จินีน กรดแอสปาร์ติก ซีสเทอีน กรดกลูตามิก ไกลซีน โพรลีน ซีรีน และไทโรซีน ในกลุ่มนี้กรดอะมิโนมีปริมาณมากที่สุดคือ กรดแอสปาร์ติก 47.49 รองลงมาคือ กรดกลูตามิก 28.38 และอะลานีน 17.21 มิลลิกรัม ตามลำดับ ฮีสทีดีนเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็น ร่างกายสร้างไม่ได้ต้องได้รับจากอาหารโดยเฉพาะในทารกและเด็กจะช่วยในการเจริญเติบโต ช่วยในการพัฒนาของระบบประสาท กรดแอสปาร์ติก ช่วยในการขับแอมโมเนียซึ่งเป็นสารอันตรายออกจากร่างกาย เพิ่มความอดทนต่อการอ่อนล้า กรดกลูตามิก ช่วยให้ระบบประสาททำงานได้ดี ช่วยในการกำจัดแอมโมเนียส่วนเกินและสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นกลูตามีนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลูตาไทโอนสารต้านอนุมูลอิสระหลักในร่างกาย อะลานีน เป็นกรดอะมิโนที่ช่วยในการสร้างโปรตีนให้กับร่างกาย เป็นแหล่งพลังงานสำคัญให้กับสมอง เนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อต่างๆของร่างกาย ส่วนกรดไขมัน สามารถแยกได้ออกเป็นกรดไขมันอิ่มตัวคือ กรดปาล์มิติก และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มี 1 พันธะคู่ ได้แก่ ซิส-9-กรดโอเลอิค และโอเมก้า 9 กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีมากกว่า 1 พันธะคู่ ได้แก่ กรดอัลฟาลิโนเลอิก และโอเมก้า 3 ซึ่งพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 40, 40, 30, 30, 30, 35 และ 28 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยรวมกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีปริมาณสูงที่สุด 60 มิลลิกรัม โอเมก้า 3 และกรดอัลฟาลิโนเล

อิก เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่ร่างกายเราไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้จำเป็นต้องได้จากอาหาร มีความสำคัญคือช่วยปรับสภาพการทำงานของหัวใจให้ดีขึ้นโดยไปเพิ่ม เอช ดี แอล คอเลสเตอรอล ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ และความดันโลหิตลดลง ช่วยลดไขมันที่ตับ ลดการอักเสบ ในเด็กโอเมก้า 3 มีผลต่อการพัฒนาของระบบประสาทช่วยด้านความจำ ในผู้ใหญ่ป้องกันความจำเสื่อมทำให้ความจำดีขึ้น (Innis, 2008) และยังลดอาการของโรคหอบหืดได้อีกด้วย สำหรับโอเมก้า 9 และซิส-9-กรดโอเลอิค เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ร่างกายเราสามารถสังเคราะห์ได้มีอยู่ในเซลล์ไขมันทั่วร่างกาย ถ้าร่างกายได้รับปริมาณมากๆมีผลดีทำให้ไตรกลีเซอไรด์และ วี แอล ดี แอล คอเลสเตอรอล ลดลงในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน (Garg, 1998) ช่วยลดการอักเสบ และเซลล์มีการตอบสนองต่อฮอร์โมนอินซูลินดีขึ้น ดังนั้นตามที่กล่าวมาการรับประทานผลเคพกูสเบอร์รี่จึงน่าจะเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผศ. ดร.สุรพงษ์ พินิจกลาง และ ผศ. รัชนี ไสยประจง ที่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ภัชรี สิทธิกิจโยธิน พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ และ วิจิตรา บารุงนอก., 2559, สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำเคพกูสเบอร์รี่, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47(2)(พิเศษ): 533-536.

Garg A., 1998, High-monounsaturated-fat Diets for Patients with Diabetes Mellitus: A Meta-Analysis American Journal of Clinical Nutrition, 67(3 Suppl):577S-582S.

Official Journal of the European Communities, L 257, 1998, p. 0014-0028.

Official Methods of Analysis of AOAC., 20th ed., Gaithersburg: AOAC International, 2016, Method 996.06. Fat (Total, Saturated, and Unsaturated) in Foods.

Innis, SM., 2008, Dietary Omega 3 Fatty Acids and The Developing Brain, Brain Research, 27;1237:35-43.

Vicente, Ariel R., Manganaris, George A., Sozzi, Gabriel O., Crisosto, Carlos H., 2009, Nutritional Quality of Fruits and Vegetables, Postharvest Handling: A Systems Approach, Second Edition, Academic Press, p 58-106.

Table 1 Nutritional values of Cape Gooseberry.

Nutrient /Amino acid	**The research revealed the nutritional values of mg/100 ml**
Alanine	17.21
Arginine	2.92
Aspartic acid	47.79
Cystine	2.90
Glutamic acid	28.38
Glycine	1.40
Histidine	4.14
Isolucine	1.26
Leucine	1.52
Lysine	2.99
Proline	10.62
Serine	11.46
Threonine	4.03
Tryptophan	3.10
Tyrosine	1.37
Valine	3.24

Table 2 Nutritional values of Cape Gooseberry.

Nutrient /Fatty acid	**The research revealed the nutritional values of mg/100 ml**
Palmitic acid	40
Saturated Fat	40
Cis-9-Oleic acid	30
Monounsaturated Fatty acid	30
Alpha-Linolenic acid	30
Polyunsaturated Fatty acid	30
Unsaturated Fatty acid	60
Omega-3	28
Omega-9	35

ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง
Effects of Drying Method on Quality of Dried Turmeric Products

ยาตรา จำปาเฟื่อง[1] เยาวภา ไหวพริบ[2] และ อนันต์ ทองทา[3]
Jampafuang, Y [1], Waiprib, Y.[2] and Tongta, A.[3]

Abstract

The effects of drying method; that is freeze drying, superheated stream drying, hot air drying, solar cabinet drying and open sun drying on quality; that is, color values (L*, a*, and b*), total curcuminoid and volatile oil content of dried turmeric products with the final moisture content of 12 % dry basis were investigated. The result showed significant effects of drying method on color values (L*and b*), total curcuminoid and volatile oil contents of dried turmeric products ($p<0.05$). The freeze dried turmeric product showed the highest L* value (64.28±0.55), and b* value (69.53±4.15) ($p<0.05$), whereas the hot air dried turmeric product showed the highest total curcuminoid content (20.92±0.41%) ($p<0.05$), followed by superheated stream dried turmeric product (19.75±0.41%). Furthermore, the freeze dried turmeric product, hot air dried turmeric product and solar carbinet dried turmeric products demonstrated the the highest total curcuminoid content ($p<0.05$). -

Keywords: drying method, curcuminoids, turmeric, volatile oil

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของวิธีการทำแห้ง ได้แก่การทำแห้งแบบระเหิด การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดด) ต่อคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี (L*, a* และ b*) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด และปริมาณน้ำมันหอมระเหย ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12 % มาตรฐานแห้ง พบว่าวิธีการทำแห้งมีผลต่อสี (L*และ b*) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ และปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งแบบระเหิด ให้ค่า L* (64.28±0.55) และค่า b*(69.53±4.15) สูงสุด ($p<0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งด้วยอากาศร้อนมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์สูงสุด (ร้อยละ 20.92±0.41) ($p<0.05$) รองลงมาคือการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (ร้อยละ 19.75±0.41) นอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งแบบระเหิด ทำแห้งด้วยอากาศร้อน และทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด ($p<0.05$)

คำสำคัญ: วิธีการทำแห้ง เคอร์คูมินอยด์ ขมิ้นชัน น้ำมันหอมระเหย

คำนำ

ขมิ้นชัน (Turmeric) เป็นพืชวงศ์ขิง มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Curcuma longa* L. สารสำคัญที่พบในขมิ้นชันประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยรอยละ 3-4 (w/w) โดยน้ำหนัก มีสีเหลืองอ่อน นอกจากนี้พบสารสำคัญประเภทเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) ซึ่งเป็นสารสีเหลืองประกอบด้วย เคอร์คูมิน (curcumin) เดสเมทอกซีเคอร์คูมิน (desmethoxycurcumin) และบิสเดสเมทอกซีเคอร์คูมิน (Bisdesmethoxy-curcumin) เคอร์คูมินอยด์ละลายได้ในน้ำ มีจุดหลอมเหลวที่ 174 °C มีความคงตัวที่ pH ต่ำ ความไวต่อแสง แต่คงตัวต่อความร้อนสูง (Sogi และคณะ, 2010) สมบัติที่สำคัญ คือ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง และยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Yang และคณะ, 2007) จึงนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านยา อาหาร และเครื่องสำอาง ขมิ้นชันมีความสำคัญและการใช้ประโยชน์มากในอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนใหญ่นิยมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเทศโดยการทำแห้ง วิธีการ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 2013 [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

ทำแห้งขมิ้นชันทำได้หลายวิธีขึ้นกับประเภทของการถ่ายโอนความร้อนตลอดจนการออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือ ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่แตกต่างกัน (Borah และคณะ, 2016; Borah และคณะ, 2015; Chan และคณะ., 2009) มีรายงานการทำแห้งสมุนไพร พบว่า วิธีการทำแห้งมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสมุนไพร (Asekun และคณะ, 2007) งานวิจัยนี้ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งขมิ้นชัน ได้แก่การทำแห้งแบบระเหิด ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อากาศร้อน ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างขมิ้นชัน ล้างเหง้าขมิ้นชัน นำมาปอกเปลือกหั่นตามยาวด้วยใบมีด ให้มีความหนา 0.30 เซนติเมตร ความชื้นเริ่มต้น (Initial moisture content) 83.40 + 2.92 % w.b. ระหว่างรอการทำแห้งวางวัตถุดิบที่หั่นแล้วบนถาดพลาสติก แล้วหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารโพลีไวนิลคลอไรด เก็บที่อุณหภูมิ 10$\pm$2 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนัก 100 g เรียงใส่ถาดเตรียมทำแห้ง โดยวิธีต่างๆ 5 วิธี ดังนี้ (1) การทำแห้งแบบระเหิดโดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Chan และคณะ (2009) ทำโดยแช่แข็งตัวอย่างที่อุณหภูมิ (-18) °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำเข้าเครื่องทำแห้งแบบระเหิดที่อุณหภูมิ (-50) °C ความดัน 0.125 mbar เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (2) การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ใช้เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยกำหนดอุณหภูมิในการทำแห้ง 130 °C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2.01 ms^{-1} เป็นเวลา 50 นาที (3) การทำแห้งด้วยอากาศร้อน (Hot air drying) ทำโดยอบตัวอย่างในเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 2.01 ms^{-1} เป็นเวลา 120 นาที (4) การทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cabinet drying) โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Prasad และ Vijay (2005) ทำโดยเรียงตัวอย่างบนถาด อบในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 3 วัน (5) การทำแห้งโดยตากแดด (Open sun drying) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Prasad และ Vijay (2005) ทำโดยเรียงตัวอย่างบนตาข่ายไนลอน ตากแดดในช่วงกลางวันเวลา 08.00 – 17.00 น. เป็นเวลา 5 วัน

ทำแห้งขมิ้นชัน จนความชื้นสุดท้ายเป็น 12 % d.b. (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) วิเคราะห์ค่าสี (L* a* และ b*) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด และปริมาณน้ำมันหอมระเหย ดังนี้

- วิเคราะห์ค่าสีของขมิ้นชันแห้งโดยเครื่องวัดสีอาหาร (Miniscan XE plus, Hunter Lab, USA) วัด 3 ครั้งต่อหนึ่งการทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย L* แสดงค่าความสว่าง a* แสดงค่าสีแดง และค่า b* แสดงค่าสีเหลือง
- วิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดโดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Subhadhirasakul และคณะ (2007) โดยชั่งตัวอย่าง 300 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยเตตตระไฮโดรฟูราน ผสมให้เข้ากันเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปิเปตส่วนใสของสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร หาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอร์คูมินอยด์
- วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีของ AOAC ข้อ 962.17A และ 962.17B (AOAC, 1990) โดยชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่ลงขวดก้นกลมขนาด 1000 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหย ต้มให้เดือดจนกระทั่งปริมาณน้ำมันหอมระเหยคงที่ บันทึกปริมาตร คำนวณหาร้อยละของปริมาณน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12 % มาตรฐานแห้ง ได้แก่ ค่าสี (L*, a* และ b*) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด และปริมาณน้ำมันหอมระเหย ดังนี้ Figure 1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง พบว่า การทำแห้งแบบระเหิดผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีลักษณะเหมือนขมิ้นชันสด ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีสีเข้มและหดตัวเนื่องจากความร้อนสูง ส่วนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแดดมีสีซีดและหดตัวน้อย Figure 2-3 พบว่าวิธีการทำแห้งมีผลต่อสี ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด และปริมาณน้ำมันหอมระเหยแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งแบบระเหิดสามารถรักษาคุณภาพสีดีที่สุด กล่าวคือ ให้ค่า L* สูงสุด (64.28$\pm$0.55) และ b* (69.53$\pm$4.15) สูงสุด ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งแบบอากาศร้อนให้ค่าปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ทั้งหมดสูงสุด (ร้อยละ 20.92$\pm$0.41) ($p<0.05$) รองลงมา คือการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (ร้อยละ 19.75$\pm$0.41)

วิธีการทำแห้ง มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง พบว่าการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลให้ค่า L* และ b* ต่ำสุด

เนื่องจากการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส มีผลให้ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่อุณหภูมิสูงเป็นการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และคาราเมลไรเซชัน เป็นต้น (Jamradloedluk และคณะ, 2007) ในขณะที่การทำแห้งแบบระเหิดเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ การทำแห้งด้วยอากาศร้อนเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในการทำแห้งจึงต่ำกว่าการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จึงช่วยรักษาสีของขมิ้นชันได้ดีกว่า สำหรับการทำแห้งโดยการตากแดดเป็นการทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิในการทำแห้งประมาณ 37 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในแต่ละวัน สภาพดินฟ้าอากาศ และสถานที่ (Prasad และ Vijay, 2005) แม้ว่าการทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่าอากาศร้อน แต่พบว่า ค่า L* และค่า b* ต่ำ กว่าการทำแห้งด้วยอากาศร้อน อาจเกิดจากการใช้เวลาในการทำแห้งนาน มีผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์ ได้แก่ เอนไซม์ลิพอกซิจิเนส (Lipoxygenase) เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) และเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase) (Schweiggert และคณะ, 2005) ผลต่อปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Subhadhirasakul และคณะ. (2007) โดยเหง้าขมิ้นชันแห้งมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ร้อยละ 22 และมาตรฐานอุตสาหกรรมขมิ้นชันแห้ง กำหนดให้ปริมาณปริมาณเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันแห้งต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2543) งานวิจัยนี้พบว่าการทำแห้งแบบระเหิดส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดต่ำกว่าการทำแห้งด้วยอากาศร้อน และการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ทั้งนี้อาจเกิดจากความร้อนที่ใช้ในระหว่างกระบวนการทำแห้งทำลายเซลล์พาเรงคิมา (Parenchyma) ให้แตกออก (Azian และคณะ, 2004) สารสีเหลืองส้มที่พบภายในเซลล์จึงถูกสกัดออกมาได้มากกว่า ผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย งานวิจัยนี้พบว่า การทำแห้งแบบระเหิดและทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยรักษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ทั้งนี้อาจเกิดจากการทำแห้งแบบระเหิดเป็นการทำแห้งโดยไม่ใช้ความร้อน และทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกาทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำจึงช่วยรักษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งได้ (Chan และคณะ, 2009) การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้สารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่ายสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการทำแห้ง (Prasad และคณะ, 2006; Venskutonis, 1997)

สรุปผล

วิธีการทำแห้งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12 % มาตรฐานแห้ง แตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยการทำแห้งแบบระเหิดช่วยรักษาคุณภาพด้านสี และปริมาณน้ำมันเหยได้ดีที่สุดในขณะที่การทำแห้งด้วยอากาศร้อน-ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์สูงสุด รองลงมาคือการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง และการทำแห้งแบบระเหิด การทำแห้งด้วยอากาศร้อน และการทำแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532, มาตรฐานอุตสาหกรรมขมิ้นชันแห้ง, กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

Asekun, O.T., Grierson, D.S. and Afolayan A.J., 2007, Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp. *Capensis*, 101: 995–998.*

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.

Borah, A., Hazarika, K. and Khayer, S.M., 2015, Drying kinetics of whole and sliced turmeric rhizomes (*Curcuma longa* L.) in a solar conduction dryer, Information Processing in Agriculture, 2: 85-92.

Borah, A., Sethi, L.N., Sarkha, S. and Hazarikar K., 2016, Drying kinetics of sliced turmeric (*Curcuma Longa* L.) in a solar-biomass integrated drying system, Journal of Food Processing and Preservation, 1-7.*

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S., and Yong, M.Y., 2009, Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species, Food Chemistry, 113: 166–172.

Jamradloedluk, J., Nathakaranakule, A., Soponronnarit, S. and Prachayawarakorn, S., 2007, Influences of drying medium and temperature on drying kinetics and quality attributes of durian chip. Journal of Food Engineering, *78,* 198-205.

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, Study on performance evaluation of hybrid drier for turmeric (*Curcuma longa* L.) drying at village scale, Journal of Food Engineering, 75, 497–502.

Schweiggert, U., Schieber, A. and Carle R., 2005, Inactivation of peroxidase, polyphenoloxidase, and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material. Innovative. Food Science and Emerging Technologies, 6 (4): 403-411.

Sogi, D.S., Sharma, S., Oberoi, D.P.S. and Wani, I.A. 2010. Effect of extraction parameters on curcumin yield from turmeric, Journal of Food Science and Technology, 47(3): 300–304.

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, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 29(6), 1527-1536.

Venskutonis, P. R., 1997, Effect of drying on the volatile constituents of thyme *(Thymus vulgaris* L.) and sage *(Salvia officinalis* L.), Food Chemistry, 59(2), 219-227.

Yang, K.Y., Lin, L.C., Tseng, T.Y., Wang, S.C. and Tsai, T.H., 2007, Oral bioavailability of curcumin in rat and the herbal analysis from *Curcuma longa* by LC–MS/MS, Journal of Chromatography B, 853: 183–189.

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

Figure 1 Appearance of dried turmeric products (a) freeze drying (b) superheated steam drying (c) hot air drying (d) solar cabinet drying (e) open sun drying.

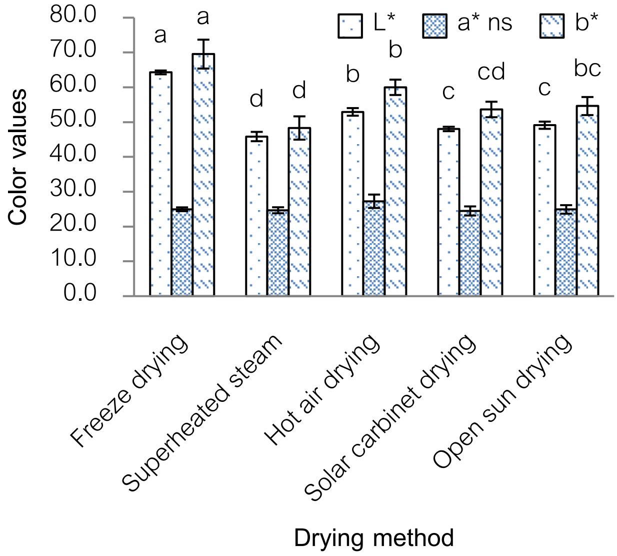


Figure 2 The effects of drying method on color values (L*, a*, and b*) of dried turmeric products.

[a,b,c] Means followed by different letters on top of each bar are significantly different as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$) between bars for each parameter tested.

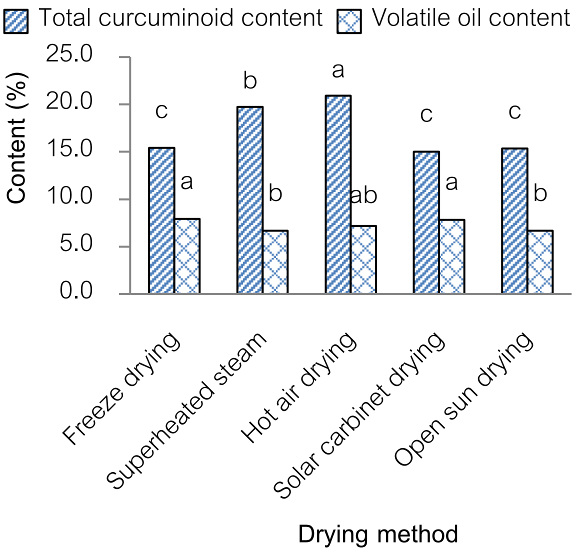


Figure 3 The effects of drying method on total curcuminoid and volatile oil content of dried turmeric products.

[a,b,c] Means followed by different letters on top of each bar are significantly different as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$) between bars for each parameter tested.

ผลของแสง LED สีแดงและสีน้ำเงินต่อคุณภาพโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ของกล้วยไม้สกุลหวาย
Effect of Red and Blue LED Light on Protocorm-Like Bodies Qualities of *Dendrobium* Orchid

สุกัญญา เอี่ยมลออ[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[2,3] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[2,3] และ กัลยา ศรีพงษ์[2]
Aiamla-or, S.[1], Uthairatanakij, A.[2, 3], Jitareerat, P.[2, 3] and Sripong, K.[2]

Abstract

This study was to investigate the effect of light emitting diodes (LEDs) on the increase of *Dendobium* Miss World protocorm like bodies (PLBs). PLBs were cultured in Modified Vacin and Went (1949) liquid medium and incubated in a temperature-controlled room at 25±1°C under the light intensity of 45-50 μmolm^{-2}s^{-1}. The experiment was managed as a CRD, composed of PLBs cultured under white light generated by fluorescence lamps (FL: control), red LEDs (RL: 670 nm), or blue LEDs (BL: 455 nm) for 12 hours a day for 45 days. The hue angle value and chlorophyll content of PLBs under RL were significantly lower than those of PLBs placed under FL and BL, resulting in the pale green of PLBs. Furthermore, RL and BL increased the number of PLBs in sizes ranging from 0.5-1.0 cm and PLB fresh weight. However, LED light tended to increase the propagation of PLBs without significant difference to FL.

Keywords: orchid, LED, PLBs

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ศึกษาผลของแสงแอลอีดีต่อการเพิ่มจำนวนของโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ (PLBs) ของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์มิสเวิรด์ โดยนำก้อน PLBs มาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Modified Vacin and Went (1949) ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มแสง 45-50 μmolm^{-2}s^{-1} วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย PLBs ที่เลี้ยงภายใต้แสงสีขาวที่ได้จากหลอดไฟฟลูออร์เรสเซนต์ (FL: ชุดควบคุม) และแสงสีแดง (RL: 670 nm) หรือแสงสีน้ำเงิน (BL: 455 nm) จากหลอดแอลอีดี 12 ชั่วโมงต่อวัน นาน 45 วัน พบว่าแสง RL ทำให้ PLBs มีค่า hue angle และปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่า PLBs ที่อยู่ภายใต้แสง FL และแสง BL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่งผลให้ PLBs มีสีเขียวซีด นอกจากนี้แสงจากทั้ง RL และ BL กระตุ้นให้ PLBs ที่มีขนาดของก้อนระหว่าง 0.5-1.0 เซนติเมตร มีจำนวนมากกว่าและมีน้ำหนักสดมากกว่า PLBs ที่อยู่ภายใต้แสง FL แต่อย่างไรก็ตามแสงจากหลอดแอลอีดีมีแนวโน้มทำให้การเพิ่มจำนวนของ PLBs มากกว่าแสง FL อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: กล้วยไม้ ไดโอดเปล่งแสง โปรโตคอร์มไลท์บอดี

บทนำ

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีที่มักนำมาช่วยในการเพิ่มจำนวนของต้นอ่อนกล้วยไม้ให้ได้จำนวนมาก และได้ต้นอ่อนกล้วยไม้ที่มีคุณภาพปลอดเชื้อ โดยนำตาข้างมาชักนำให้เกิด PLBs และเพิ่มจำนวน PLBs จากนั้นชักนำให้พัฒนาไปเป็นต้นอ่อน แต่มักพบปัญหาอัตราการเกิดและการเพิ่มจำนวนของ PLBs ค่อนข้างต่ำ แสงเป็นปัจจัยมีผลต่อการการพัฒนาและการเพิ่มจำนวนของเนื้อเยื่อต่างๆ ในพืช โดยปกติระยะเวลาการให้แสงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะเปิดแสง (ฟลูออเรสเซนต์) นาน 12-16 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งเมื่อคิดเป็นต้นทุนการผลิตบริษัทผู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้จึงมีค่าใช้จ่ายสูงสำหรับพลังงานไฟฟ้า ในปัจจุบันเทคโนโลยีของแสง LEDs เข้ามามีบทบาทมากเกี่ยวกับการลดต้นทุนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากขึ้น เพราะ LEDs ไม่ต้องใช้การเผาไหม้ของไส้แสงจึงปลดปล่อยความร้อนออกมาน้อยในระหว่างที่มีการเปิดใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ นอกจากนี้

---

[1] ศูนย์บริการทางการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ราชบุรี) 209 หมู่ 1 ต. รางบัว อ. จอมบึง จ. ราชบุรี 70150
[1] King Mongkut's University of Technology Thonburi Learning Park (Ratchaburi), 209 Moo 1, Rangbua, Chombung, Ratchaburi, 70150, Thailand
[2] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร10150
[2] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), 49 Tientalay25, Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[3] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

พลังงานส่วนใหญ่ยังเปลี่ยนไปเป็นแสงทั้งหมด และยังมีอายุการใช้งานของหลอดนาน เนื่องจาก LEDs สามารถเปล่งแสงในช่วงคลื่นที่แคบได้ และความยาวคลื่นแสงที่จำเพาะนี้สามารถจำแนกผลของช่วงคลื่นแสงที่มีต่อพืชได้ดี (Noda and Fujita, 2009) มีผลการศึกษาของ Mengxi และคณะ (2011) ที่แสดงให้เห็นว่าแสง LEDs มีผลต่อชักนำ PLBs ให้เกิดยอดของ PLBs ของกล้วยไม้ *Oncidium* โดยแสง LED สีน้ำเงิน (460 nm) ทำให้ PLBs มีการพัฒนาไปเป็นยอด 85% ส่วนช่วงแถบแสงสีแดง (660 nm) มีผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรต ทำให้ต้นอ่อนกล้วยไม้เจริญเติบโตได้ดี Tripathy และคณะ (1995) พบว่าการให้แสงสีแดง (ปริมาณ 300-500 μmolm^{-2}s^{-1}) แก่ต้นอ่อนของธัญญพืช ทำให้ต้นอ่อนมีสีเขียวและรากมีความสมบูรณ์ ส่วนคณะผู้วิจัย Jao และคณะ (2003) พบว่าแสง LEDs ทำให้ใบของกล้วยไม้ที่ผลิตในสภาพปลอดเชื้อยาวกว่ากล้วยไม้ที่อยู่ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ แต่น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกล้วยไม้ที่ผลิตในสภาพปลอดเชื้อวางภายใต้แสง LEDs ไม่แตกต่างจากการวางกล้วยไม้ไว้ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ ผลการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการศึกษาผลของแสง LEDs ต่อการเจริญและพัฒนาของต้นอ่อนหรือของ PLBs ไปเป็นยอดหรือราก แต่มีงานวิจัยไม่มากนักที่ศึกษาอิทธิพลของแสง LEDs ต่อการเพิ่มจำนวนของ PLBs กล้วยไม้หวายหลังจากการชักนำจากเนื้อเยื่อเจริญที่ผลิตในสภาพปลอดเชื้อ ดังนั้น การทดลองนี้ศึกษาผลของแสง LEDs ต่อการเพิ่มจำนวน PLBs ของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์มิสเวิรด์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

คัดเลือก PLBs ที่มีลักษณะก้อนกลมสีเขียวที่มีขนาด 0.5 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน ของกล้วยไม้หวายพันธุ์มิสเวิรด์ มาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Modified Vacin and Went (1949) นำไปวางภายใต้แสงระยะห่างจากหลอดไฟ 30 เซนติเมตร ปรับระดับความเข้มแสงให้อยู่ในช่วง 45-50 μmol m^{-2}s^{-1} ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ทำการถ่ายอาหารทุกๆ 15 วัน วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ชุดทดลอง ชุดทดลองละ 4 ซ้ำ ซึ่งประกอบด้วย PLBs ที่เลี้ยงภายใต้แสงสีขาวที่ได้จากหลอดไฟฟลูออร์เรสเซนต์ (FL: ชุดควบคุม) และแสงสีแดง (RL: 670 nm) หรือแสงสีน้ำเงิน (BL: 455 nm) จากหลอดแอลอีดี เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน นาน 45 วัน ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสี โดยเครื่องวัดสี (Color meter) ปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ใช้ column ชนิด C-18 กำหนดให้อัตราการไหลเป็น 1 mL/min อุณหภูมิคลอลัมน์ 25 องศาเซลเซียส มีสารละลาย ethyl acetate (สาร A) และ 80% methanol (สาร B) เป็นสารละลาย gradient (เริ่มต้น 0 นาที: 0% สาร A+100% สาร B, 20 นาที: 50% สาร A+50% และ 40 นาที: 0% สาร A+100% สาร B) การเพิ่มขึ้นของ PLBs ทั้งหมด และการเพิ่มขึ้นของ PLBs ขนาดต่างๆ โดยได้ทำการแบ่งขนาด PLBs 3 ขนาด คือ 1) ชิ้นที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 cm 2) ชิ้นที่มีขนาดระหว่าง 0.5-1 cm และ 3) ชิ้นที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 cm ทุกๆ 2 สัปดาห์

ผลการทดลองและวิจารณ์*

1. การเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณคลอโรฟิลล์

PLBs ที่เลี้ยงในแสง LED มีผลต่อสีเขียวของ PLBs โดยตัวอย่างที่ได้รับแสง LED ชนิดสีน้ำเงินกับแสงฟลูออเรส์เซนต์แสงสีขาว (ชุดควบคุม) มีสีเขียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แสง LED ชนิดสีแดงทำให้ PLBs ของกล้วยไม้มีสีเหลือง-เขียว ซึ่งผลดังกล่าวเห็นชัดเจนในอาทิตย์ที่ 4 และ 6 ตามลำดับ (Figure 1-2) สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle และปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สกัดได้จากชิ้นส่วนของ PLBs ของกล้วยไม้ โดยพบว่า PLBs ที่ได้รับแสง LED ชนิดแสงสีแดงมีค่า Hue angle ต่ำกว่า PLBs ที่ได้รับแสง LED ชนิดสีน้ำเงินและแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรส์เซนต์ นอกจากนี้ทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ บี มีปริมาณต่ำใน PLBs ที่ได้รับแสง LED ชนิดสีแดง ส่วน PLBs ที่ได้รับแสง LED ชนิดสีน้ำเงินและแสงฟลูออเรส์เซนต์มีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกัน (Fig. 2) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าช่วงแสงสีแดงมีผลต่อการสะสมคลอโรฟิลล์รวมถึงการพัฒนาโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืช วันทนา และคณะ (2553) พบเช่นเดียวกันว่าแสงสีแดงจากหลอด LED ส่งผลให้ PLBs ของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนียเอียสกุล มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยและสีเขียวซีดเมื่อเปรียบเทียบกับ PLBs ที่เลี้ยงภายใต้แสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรส์เซนต์

2. ขนาดและการเพิ่มจำนวนของ PLBs

ในสัปดาห์ที่ 4 ของการศึกษา พบว่า PLBs ที่ได้รับแสง LED ชนิดสีน้ำเงินมีจำนวน PLBs ขนาดระหว่าง 0.5-1 ซม. มากที่สุด โดยคิดเป็น 58.33% ของจำนวน PLBs ขนาดต่างๆ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ PLBs ชุดทดลองที่ได้รับแสงฟลูออเรส์เซนต์ (31.85% ของจำนวน PBLs ขนาดต่างๆ) รองลงมา คือ แสง LED ชนิดสีแดงคิดเป็น 56.60% ของจำนวน PBLs ขนาดต่างๆ พบว่า PLBs ได้รับแสงฟลูออเรส์เซนต์มีจำนวน PLBs ที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ซม. มากที่สุดคิดเป็น 40.85% ของจำนวน

PBLs ขนาดต่างๆ รองลงมา PLBs ที่เลี้ยงภายใต้แสง LED ชนิดสีแดงคิดเป็น 27.93% ของจำนวน PBLs ขนาดต่างๆ และชนิดสีน้ำเงิน 12.38% ของจำนวน PBLs ขนาดต่างๆ ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 6 พบว่า PLBs ในทุกชุดทดลองส่วนใหญ่มีขนาดระหว่าง 0.5-1 ซม. (39.32-56.24% ของจำนวน PBLs ขนาดต่างๆ) จากผลการศึกษาจึงเป็นไปได้ว่า แสง LEDs ชนิดสีแดง และสีน้ำเงินซึ่งมีช่วงคลื่นที่มีความจำเพาะกว่าแสงจากหลอดฟลูออเรส์เซนต์ จึงมีผลกระตุ้นกลไกการเพิ่มจำนวนเซลล์ของเนื้อเยื่อจึงทำให้การเพิ่มขึ้นของจำนวน PLBs ขนาดระหว่าง 0.5-1 ซม. ในช่วง 4 สัปดาห์แรกของการวางเลี้ยงซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ PLBs ที่ได้รับแสงฟลูออเรส์เซนต์ โดยมีรายงานการวิจัยที่สนับสนุนและชี้ให้เห็นว่า แสง LEDs ชนิดแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงมีผลส่งเสริมเพิ่มการสะสมปริมาณคาร์โบไฮเดรตในพืชและส่งเสริมอัตราการเจริญเติบโตของพืช เช่น ขนาดใบ ลำต้น และราก (Tripathy และคณะ, 1995; Jao และคณะ, 2005; Mengxi และคณะ, 2011) แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวน PLBs ทั้งหมดโดยไม่จำแนกตามขนาดของ PLBs มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แสง LED ชนิดสีแดงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ PLBs มากกว่าแสง LED ชนิดสีน้ำเงินหรือแสงฟลู-ออเรส์เซนต์ นอกจากนี้แสง LEDs ชนิดสีแดงและสีน้ำเงินยังมีน้ำหนักสดของ PLBs มากกว่า PLBs ที่เลี้ยงภายใต้แสงแสงฟลู-ออเรส์เซนต์ (Table 2)

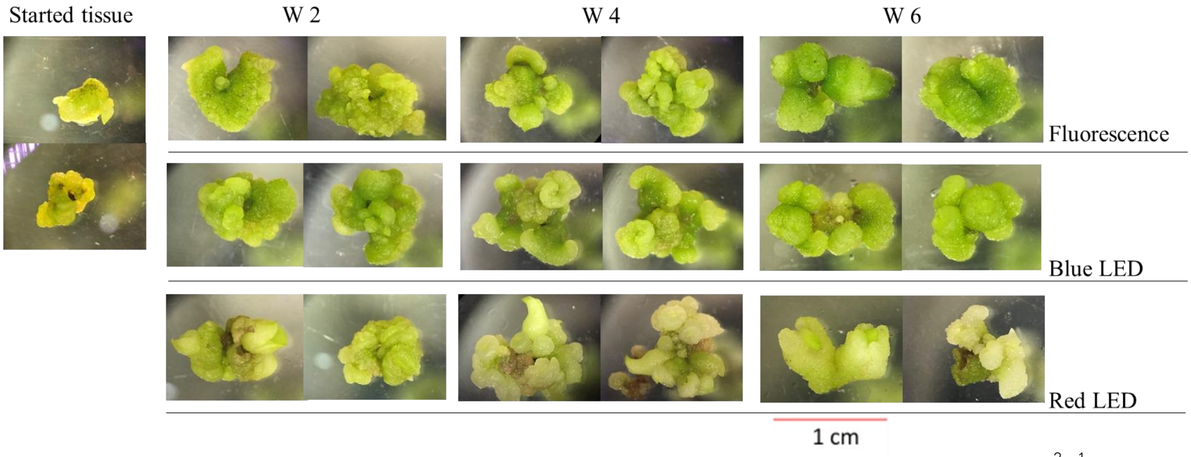


Figure 1 The PLBs of Dendrobium orchid cultured under the light intensity of 45-50 μmolm^{-2}s^{-1} with white light generated by fluorescence lamps (FL: control) or red LEDs (RL: 670 nm), or blue LEDs (BL: 455 nm) for 12 hours a day at 25±1°C.

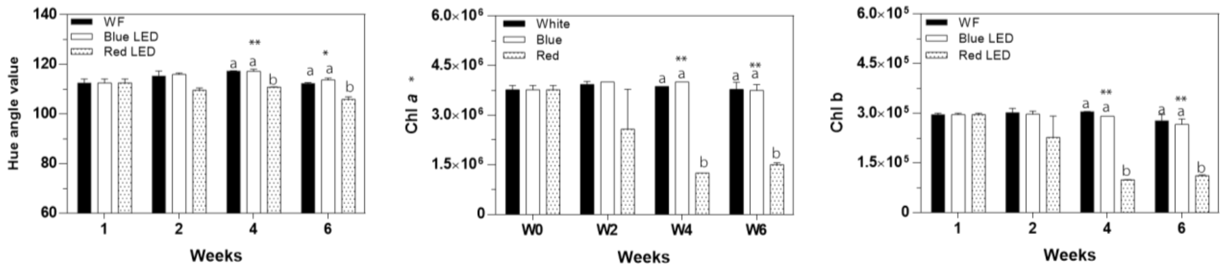


Figure 2 Changes of hue angle value (A) chlorophyll a (B) and b (C) in PLBs of Dendrobium orchid cultured under the light intensity of 45-50 μmolm^{-2}s^{-1} with white light generated by fluorescence lamps (FL: control) or red LEDs (RL: 670 nm), or blue LEDs (BL: 455 nm) for 12 hours a day at 25±1°C.

Table 1 Change in an increase of PLB propagation of *Dendrobium* orchid cultured under the light intensity of 45-50 µmolm^{-2}s^{-1} with white light generated by fluorescence lamps (FL: control) or red LEDs (RL: 670 nm), or blue LEDs (BL: 455 nm) for 12 hours a day at 25±1°C.

Treat.	Weeks															
	0				2				4				6			
	PLB propagation				PLB propagation				PLB propagation				PLB propagation			
	Total	PLB. Size (cm)			Total	PLB. Size (cm)			Total	PLB. Size (cm)			Total	PLB. Size (cm)		
	N (No.)	<0.5 (%)	0.5-1 (%)	>1 (%)	N (No.)	<0.5 (%)	0.5-1 (%)	>1 (%)	N (No.)	<0.5 (%)	0.5-1 (%)	>1 (%)	N (No.)	<0.5 (%)	0.5-1 (%)	>1 (%)
FL	1±0.00	-	100±0.00	-	1.90±1.81	-	100±0.00	-	6.27±2.68	40.8^{a}±4.61	31.8^{b}±5.35	27.3±6.33	17.33±11.26	35.9±8.17	54.4±7.44	9.5±3.01
BL	1±0.00	-	100±0.00	-	2.10±1.21	-	100±0.00	-	6.27±1.09	12.3^{b}±3.41	58.3^{a}±4.02	29.2±6.49	17.75±13.81	25.6±7.35	56.2±9.18	18.1±8.64
RL	1±0.00	-	100±0.00	-	2.45±1.73	-	100±0.00	-	7.80±1.50	27.9^{b}±5.29	56.6^{ab}±5.17	15.4±2.93	20.25±12.67	46.6±6.35	39.3±7.02	14.0±3.45
F-test	-	-	-	-	ns	-	-	-	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns

Remark [1/] Total N: total number of PLBs
[2/] ns: means within the column are non-significant difference at p<0.05.
*/ means within the column are significant difference at p<0.05.

Table 2. Change in fresh weight (Wet.) of PLB propagation of *Dendrobium* orchid cultured under the light intensity of 45-50 µmolm^{-2}s^{-1} with white light generated by fluorescence lamps (FL: control) or red LEDs (RL: 670 nm), or blue LEDs (BL: 455 nm) for 12 hours a day at 25±1°C.

Treat.	Weeks			
	0	2	4	6
FL	80±3.05	288±5.12	500^{b}±2.22	1760^{b}±6.99
BL	81±3.06	300±7.96	670^{a}±3.12	2100^{a}±10.12
RL	81±2.90	310±9.68	780^{a}±5.23	2300^{a}±7.23
F-test	-	Ns	*	*

Remark [1/] FW: fresh weight (mg)
[2/] ns: means within the column are non-significant difference at p<0.05.
*/ means within the column are significant difference at p<0.05.

สรุป

แสง LEDs ชนิดสีแดงมีผลลดการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ในเซลล์ทำให้ PLBs มีสีเขียว-ขาว-เหลือง เมื่อเทียบกับแสงฟลูออเรส์เซนต์ แสง LEDs ชนิดสีน้ำเงินและแดงกระตุ้นให้ PLBs ขนาด 0.5-1.0 ซม. มีจำนวนเพิ่มขึ้นและ PLBs ทั้งหมดมีน้ำหนักมากกว่าแสงฟลูออเรส์เซนต์ แต่แสง LEDs ยังส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวน PLBs ทั้งหมดได้ไม่แตกต่างจากแสงฟลูออเรส์เซนต์

เอกสารอ้างอิง

วันทนา สมบูรณ์ทรัพย์, พัชรียา บุญกอแก้ว, พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และเฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันทร์, 2553, ผลของแสงไดโอดเปล่งแสงต่อการเพิ่มจำนวนโปรโตคอร์มบอดี้ของกล้วยไม้สกุลหวาย โซเนียเอียสกุล, งานประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 53, 3-6 กุมภาพันธ์ 2558, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม.

Jao, R.C., Fang, W. and Tsai, T.L., 2003, Using super-bright red and blue LEDs in production of *Phalanopsis* plantlet *in vitro*, Graduated institute of Bio-industrial machatonics Engineering, National Taiwan University.

Jao, R.C., Lai, C.C., Fang, W. and Chang, S.F., 2005, Effects of red light on the growth of *Zantedeschia* plantlets in *vitro* and tuber formation using light-emitting diodes, HortScience, 40; 436–438.

Mengxi L., Zhigang, X., Yang, Y. and Yijie, F., 2011, Effects of different spectral light on Ocidium PLBs induction, proliferation and plant regeneration, Plant Cell Tissue Organ Culture, 106: 1-10.

Noda, S. and Fujita, M., 2009, Light-emitting diodes: Photonic crystal efficiency boost, Nature Photonics 3, 129-130.

Tripathy, B.C. and Brown, C.S., 1995, Root-shoot interaction in greening of wheat seedling grown under red light, Plant Physiology, 107: 407-511.

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 153-156 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 153-156 (2561)

ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกากถั่วเหลือง
Antimicrobial activity of soybean residue extract

นิรมล ปัญญ์บุศยกุล [1] กนกอร บันเทิงสุข[1] และ สถาพร พัดทอง[1]
Punbusayakul, N.[1], Banterngsook, K.[1] and Padthong, S.[1]

Abstract

This work aimed to investigate the antimicrobial activity of soybean residue (SR) extract (SRE). The SR was dried at the temperature of 80°C by tray drier and macerated in distilled water (DW) at the SR-to-DW ratio of 1:10 on a shaker for 4 hrs. Subsequently, it was filtered and evaporated under reduced pressure to get a crude SRE. The antimicrobial activity of the SRE was performed against four potent food pathogens (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli*) by disc diffusion and broth dilution assays. It was found that the SRE could inhibit all tested bacteria. Both assays revealed that gram negative bacteria were more sensitive to the SRE than the gram positive ones. *S. typhimurium* exhibited the most sensitive strain with MIC of 0.0137 g/mL. *S. aureus* was the most resistant strain and the SRE was not able to kill *S. aureus* at all concentrations.
Keywords: Gram positive bacteria, Gram negative bacteria, soybean residue powder

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกากถั่วเหลือง โดยอบแห้งกากถั่วเหลือง ที่ 80 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด และสกัดโดยด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 และเขย่าบนเครื่องเขย่า 4 ชั่วโมง กรองและระเหยสารละลายภายใต้สภาวะลดความดันได้สารสกัดหยาบ (SRE) เพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรค 4 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus* *Bacillus cereus* *Salmonella typhimurium* และ *Escherichia coli* ด้วยวิธี disc diffusion และ broth dilution พบว่า SRE สามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้งหมดที่ทดสอบ ทั้งสองวิธีทดสอบ พบว่าแบคทีเรีย แกรมลบไวต่อ SRE มากกว่าแกรมบวก โดย *S. typhimurium* ไวต่อ SRE มากที่สุด ที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งแบคทีเรีย 0.0137 กรัมต่อมิลลิลิตร และ *S. aureus* ทน SRE มากที่สุด โดย SRE ทุกความเข้มข้นไม่สามารถฆ่า *S. aureus* ได้
คำสำคัญ: แบคทีเรียนแกรมลบ, แบคทีเรียแกรมบวก, ผงกากถั่วเหลือง

คำนำ*

น้ำนมถั่วเหลืองเป็นเครื่องดื่มประเภทบำรุงสุขภาพที่นิยมบริโภคกันทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้บริโภควัยทอง กลุ่มรักสุขภาพ และกลุ่มผู้บริโภคที่หลีกเลี่ยงการบริโภคเนื้อสัตว์ที่ปัจจุบันมีจำนวนมากขึ้น ทำให้ปริมาณกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองมีมากขึ้นตามไปด้วย ถึงแม้ว่ากากถั่วเหลืองจะเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น อาหารเลี้ยงสัตว์ เนื้อสัตว์เทียม และอื่น ๆ แต่การใช้ประโยชน์ดังกล่าวยังอยู่ในวงจำกัด และเนื่องจากกากถั่วเหลืองที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำเต้าหู้มีความชื้นสูงถึง 70-80 % ทำให้เสื่อมเสียได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายในการจัดการขนส่งสูง (Li และคณะ, 2013) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าในกากถั่วเหลืองยังคงมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น พอลิฟีนอล วิตามินอี และสเตอรอล เป็นต้น ซึ่งเป็นสารที่สามารถยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Esekhiagbe และคณะ, 2009; Sengul และคณะ, 2009) อย่างไรก็ตามชนิดและปริมาณของสารสำคัญในสารสกัดจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ วิธีที่ใช้ในการสกัด ระยะเวลา อุณหภูมิ ชนิดของตัวทำละลาย และอัตราส่วนของตัวทำละลาย เป็นต้น (Delfanian และคณะ, 2015; Dhanani และคณะ, 2013)

ในปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกากถั่วเหลืองค่อนข้างจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากถั่วเหลือง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น สำหรับใช้ประโยชน์ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ต่อไป

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างกากถั่วเหลือง ได้รับความอนุเคราะห์จากร้านน้ำเต้าหู้ในเขตตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี เตรียมโดยหาความชื้นเบื้องต้นของกากถั่วเหลือง จึงนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray drier) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีความชื้น $\leq$13 % จากนั้นจึงบดด้วยเครื่องบดละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมซ จึงเก็บตัวอย่างผงกากถั่วเหลืองที่ได้ไว้ในถุงซิป ที่อุณหภูมิตู้เย็น เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

เตรียมสารสกัดจากผงกากถั่วเหลือง โดยวิธีของ (Dilokkunanant และคณะ 2000) แช่ผงกากถั่วเหลืองที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 1 ส่วน กับ น้ำกลั่น 10 ส่วน บนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จึงกรองส่วนผสมด้วยกระดาษกรองวัทแมน (Whatman) เบอร์ 1 และระเหยสารสกัดที่ได้กรองได้ด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน แบบลดความดัน เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบของกากถั่วเหลือง (Soybean residue extract, SRE) และเก็บสารสกัดหยาบในขวดแก้วขนาดเล็กที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้ว ปิดด้วยพาราฟิล์มเจาะรู นำไปใส่ในโถดูดความชื้นจนตัวอย่างแห้งจึงนำมาชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปคำนวณหาร้อยละของสารสกัด (% yield) จึงปิดฝาให้สนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การเตรียมจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ก่อโรคสายพันธุ์ที่ทดสอบ ได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก (*Staphylococcus aureus* ATCC25923 และ *Bacillus cereus* ATCC6633) และแบคทีเรียแกรมลบ (*Escherichia coli* ATCC25922 และ *Salmonella typhimurium* ATCC13311) ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เตรียมเชื้อแบคทีเรียโดยถ่ายเชื้อแบคทีเรียลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton broth (MHB) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จึงนำไปวัดความขุ่นให้เท่ากับสารละลายมาตรฐาน 0.5 McFarland ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณเชื้อ 1×10^8 CFU/มิลลิลิตร เพื่อใช้สำหรับทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ต่อไป

การทดสอบฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์โดยวิธี Agar disc diffusion ตามวิธีของ Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2006) โดยใช้ cotton swab จุ่มแบคทีเรียที่เตรียมไว้ (1×10^8 CFU/มิลลิลิตร) นำมาป้ายให้ทั่วบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton agar (MHB) จากนั้นปิเปตสารสกัดตัวอย่างหรือสารควบคุม 20 ไมโครลิตร ลงบนแผ่นดิสก์ปลอดเชื้อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ปล่อยให้แห้งก่อนวางลงบนอาหารที่มีเชื้อจุลินทรีย์อยู่ โดยมีชุดควบคุมบวกเป็นสารต้านจุลินทรีย์มาตรฐานสำหรับเชื้อที่ทดสอบแต่ละชนิด และชุดควบคุมลบเป็นน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (CLSI, 2006) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง อ่านผลโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ในการยับยั้ง (inhibition zone) ที่เกิดขึ้นในหน่วยมิลลิเมตร

การประเมินฤทธิ์สารต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกากถั่วเหลือง โดยการวัดค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งจุลินทรีย์ (minimum inhibitory concentration, MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าจุลินทรีย์ (minimum bactericidal concentration, MBC) โดยวิธี broth dilution CLSI, 2006) ทำได้โดยเตรียมหลอดทดลอง 10 หลอด และปิเปต MHB ใส่ในหลอดที่ 1-10 หลอดละ 1 มิลลิลิตร จึงปิเปต SRE ความเข้มข้น 0.8795 กรัมต่อมิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่ 2 จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทำการปิเปตสารผสมจากหลอดที่ 2 ไปใส่ในหลอดที่ 3 จำนวน 1 มิลลิลิตร และปิเปตต่อไปเป็นลำดับ จนถึงหลอดที่ 9 จึงปิเปตสารผสมจากหลอดที่ 9 ทิ้งไป 1 มิลลิลิตร โดยให้หลอดที่ 1 เป็นชุดควบคุมปลอดเชื้อ (sterile control) มีเพียงอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นเติมสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ใส่ในหลอดทดลองที่ 2-10 จำนวน 1 มิลลิลิตร โดยให้หลอดที่ 10 ชุดควบคุมการเจริญ (growth control) ที่ไม่มี SRE นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จึงอ่านค่า MIC และ MBC และบันทึกเป็นหน่วยกรัมต่อมิลลิเมตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกากถั่วเหลือง (SRE) โดยวิธี disc diffusion พบว่า SRE ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์มีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น (Table 1) นอกจากนี้ยังพบว่า *B. cereus* เป็นแบคทีเรียที่มีความไวต่อสารสกัดมากที่สุด โดยพบพื้นที่ในการยับยั้ง (inhibition zone) ได้แม้ว่าจะใช้ SRE ที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 0.0667 กรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ที่ SRE ความเข้มข้นดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้ความเข้มข้นของ SRE สูงขึ้น กับเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ พบว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมลบมีความไวต่อสารสกัดมากกว่าแบคทีเรียแกรมบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งจะเห็นได้จาก ถ้าไม่พิจารณากรณี *B. cereus* พบพื้นที่ในการยับยั้งบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีจุลินทรีย์แกรมลบอยู่เมื่อใช้ SRE ที่ความเข้มข้น 0.1334 กรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ไม่พบพื้นที่ในการยับยั้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีจุลินทรีย์แกรมบวกอยู่เมื่อใช้ SRE ที่ความเข้มข้นเดียวกัน

จากการศึกษาความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารสกัดจากกากถั่วเหลืองที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทดสอบ (Minimum inhibition concentration, MIC) โดยแปรความเข้มข้นของสารสกัดตั้งแต่ 0.8795 – 0.0069 กรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า SRE สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. typhimurium* ได้ดีที่สุด (MIC, 0.0137 กรัมต่อมิลลิลิตร) รองลงมาคือ *E. coli* (MIC, 0.0275 กรัมต่อมิลลิลิตร) *S. aureus* (MIC, 0.0550 กรัมต่อมิลลิลิตร) และ *B. cereus* (MIC, 0.1099 กรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ นอกจากนี้ จากผลการศึกษาค่า MBC พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดจากกากถั่วเหลืองที่สามารถฆ่า *E. coli* และ *S. typhimurium* ได้ คือ 0.1099 กรัมต่อมิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยพบว่าสารสกัด SRE ทุกความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบไม่สามารถฆ่า *S. aureus* ได้ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมลบมีความไวต่อสารสกัด SRE มากกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบโดยวิธี disc diffusion ที่กล่าวมาข้างต้น

อย่างไรก็ตามผลการทดลอบฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์โดยวิธีนี้แตกต่างจากผลการทดสอบฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์โดยวิธี disc diffusion method ในกรณีของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ซึ่งพบกว่าเชื้อ *B. cereus* มีความไวต่อสารสกัดได้มากกว่าเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากธรรมชาติของวิธีทดสอบแบบ disc diffusion method ต่างจากวิธีทดสอบแบบ broth dilution method และธรรมชาติของ *S. aureus* ที่มีความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเชื้อจุลินทรียืชนิดอื่น (Lowy, 2003).

ทั้งนี้สารต้านจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้โดยการทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้ผนังเซลล์ไม่สามารถควบคุมการไหลเข้าออกขอบของเหลวภายในเซลล์ได้ โดยพบว่าถึงแม้ว่าผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมบวกลบมีชั้นของเปปติโดไกลแคน (peptidoglycan) บางกว่าชั้นเปปติโดไกลแคนที่พบแบคทีเรียแกรมบวก แต่แบคทีเรียแกรมบวกไม่มีผนังเซลล์ชั้นนอกที่มีองค์ประกอบที่เป็นลิโปพอลิแซกคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) ส่งผลให้สารต้านจุลินทรีย์สามารถในการเข้าทำลายชั้นของเปปติโดไกลแคนแบคทีเรียแกรมบวกและเข้าทำลายส่วนของผนังเซลล์อื่น ๆ เป็นลำดับจนถึงองค์ประกอบภายในเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผลการทดลองครั้งนี้จะแตกต่างจากผลการทดลองของสารต้านจุลินทรีย์โดยทั่วไป แต่ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยหลายงานวิจัยเช่นกัน ที่รายงานว่าสารสกัดจากหลายชนิดสามารถยับยั้งจุลินทรีย์แกรมลบได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก หรือไม่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์แกรมบวกได้เลย (Chakrapani และคณะ, 2013; จันทนา, 2555) ทั้งนี้อาจเนื่องจากในสารสกัดบางชนิดมีองค์ประกอบบางองค์ประกอบที่สามารถทำลายชั้น LPS ที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบ และเข้าทำลายชั้นของเปปติโดไกลแคน และส่วนอื่น ๆ ภายในเซลล์เป็นลำดับ และส่งผลต่อการมีชีวิตรอดของแบคทีเรียแกรมลบได้ (Parekh และ Chanda, 2007)

สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกากถั่วเหลืองสามารถสรุปได้ว่า แบคทีเรียแกรมลบมีความไวต่อสารสกัดจากกากถั่วเหลืองมากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก โดย *S. typhimurium* เป็นแบคทีเรียที่ไวต่อสารสกัดจากกากถั่วเหลืองมากที่สุด โดยความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดจากกากถั่วเหลืองที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียดังกล่าวได้ คือ 0.0137 กรัมต่อมิลลิลิตร และ *S. aureus* ทนสารสกัดมากที่สุด โดยสารสกัดทุกความเข้มข้นไม่สามารถฆ่า *S. aureus* ได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จันทนา เวสพันธ์, 2555, ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากดอกลำพู. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Chakrapani, P., Venkatesh, K., Singh, B., Jyothi, B., Kumar, P., Amareshwari, P. and Roja, A., 2013, Phytochemical, pharmacological importance of patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth) an Aromatic medicinal plant, International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 21(2): 7-15.

Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), 2006, Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standard (Wayne P. Ed. 9 ed.).

Delfanian, M., Esmaeilzadeh Kenari, R. and Sahari, M. A., 2015, Influence of extraction techniques on antioxidant properties and bioactive compounds of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.) skin and pulp extracts. Food Science and Nutrition, 3(3): 179-187.

Dhanani, T., Shah, S., Gajbhiye, N. and Kumar, S., 2013, Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withania somnifera*, Arabian Journal of Chemistry, 10(S1): S1193-S1199.

Dilokkunanant U., Kongkathip, N., Suk-atta, U., Buabarn, S., Narkkong, N. and Kladpan, S., 2000, Inhibition effects of betel extracts on growth of some fungi, Proceedings of the 38th Kasetsart University Annual Conference, 1-4 February 2000, Bangkok.

Esekhiagbe, M., Agatemor, M.-M. U. and Agatemor, C., 2009, Phenolic content and antimicrobial potentials of *Xylopia aethiopica* and *Myristica argentea*, Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 28(2): 159-162.

Li, S., Zhu, D., Li, K., Yang, Y., Lei, Z. and Zhang, Z., 2013, Soybean curd residue: Composition, utilization, and related limiting factors. ISRN Industrial Engineering, 2013, 8 pages, doi:10.1155/2013/423590

Lowy, F.D., 2003, Antimicrobial resistance: The example of *Staphylococcus aureus*, Journal of Clinical Investigation, 111(9): 1265-1273.

Parekh, J. and Chanda, S., 2007, *In vitro* antibacterial activity of the crude methanol extract of *Woodfordia fruticosa* Kurz. flower (*Lythraceae*), Brazilian Journal of Microbiology, 38(2): 204-207.

Sengul, M., Yildiz, H., Gungor, N., Cetin, B., Eser, Z. and Ercisli, S., 2009, Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of some medicinal plants, Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 22(1): 102-106.

Table 1 Antimicrobial activity of soybean residue extracts against some potent food pathogens.

Concentration (g/mL)	Inhibition zone (mm.)			
	Gram positive bacteria		Gram negative bacteria	
	Staphylococcus aureus ATCC 25923	*Bacillus cereus* ATCC 6633	*Escherichia coli* ATCC 25922	*Salmonella typhimurium* ATCC 13311
0.0667	ND	7.17 ± 0.23^{C}	ND	ND
0.1334	ND	$7.17 \pm 0.23^{C,a}$	$7.17 \pm 0.23^{C,a}$	$6.67 \pm 0.47^{B,a}$
0.2668	$6.84 \pm 0.23^{B,b}$	$9.50 \pm 0.24^{B,a}$	$7.34 \pm 0.47^{C,b}$	$6.83 \pm 0.71^{B,b}$
0.5337	$6.84 \pm 0.23^{B,c}$	$11.84 \pm 0.23^{A,a}$	$8.33 \pm 0.00^{B,b}$	$6.83 \pm 0.70^{B,c}$
1.0673	$8.67 \pm 0.00^{A,d}$	$12.50 \pm 0.24^{A,a}$	$10.84 \pm 0.23^{A,c}$	$11.50 \pm 0.24^{A,b}$

Note: Means with the same letter, lowercase (a, b, c, d) in row and uppercase (A, B, C, D) in column block letter indicate no significant difference ($p > 0.05$), ND: not detected

Table 2 Minimum inhibitory concentration (MIC, g/mL) and Minimum bactericidal concentration (MBC, g/mL) of soybean residue extracts against some potent food pathogens.

Bacteria	MIC (g/mL)	MBC (g/mL)
Gram positive bacteria		
Staphylococcus aureus ATCC 25923	0.0550	ND*
Bacillus cereus ATCC 6633	0.1099	0.1099
Gram nagative bacteria		
Escherichia coli ATCC 25922	0.0275	01099
Salmonella typhimurium ATCC 13311	0.0137	0.1099

Note: ND: not detected

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 157-160 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 157-160 (2561)

การเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกากถั่วเหลือง โดยกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียที่คัดแยกจากถั่วหมักพื้นบ้านของไทย

Improving the Antioxidant Capacity of Soybean Meal via Fermentation using Isolated Bacteria from Thai Traditional Fermented Soybean

สุพิชญา เหล่าทอง[1] วงศธร งามเผือก[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] ภัทรา ผาสอน[2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] กนก รัตนะกนกชัย[1]และรัตติยา แวววนุกูล[2]

Laothong, S.[1], Ngampuak, V.[1], Tachaapaikoon, C.[2], Pason, P.[2], Laohakunjit, N.[1], Ratanakhanokchai, K.[1] and Waeonukul, R.[2]

Abstract

The objective of this research is to improve antioxidant capacity of soybean meal (SBM) through fermentation using effective isolated bacteria from Thai fermented soybean such as LY4/9, LY4/11, LY9/5, LY7/6 and PB5/6. The results showed that the fermentation of SBM by each isolated bacteria can improve total protein, phenolic and flavonoids content. The highest content of these compounds were found in the fermented SBM by isolated PB5/6. Moreover, it represented highest antioxidant activity at 3.08 and 5.14 mg GAE/g fermented SBM in DPPH and ABTS$\cdot^{+}$ assay, respectively. The antioxidant activity of fermented SBM by isolated PB5/6 was 2 to 6 folds higher than that of non-fermented SBM. The isolated PB5/6 which was identified as *Paenibacillus* sp. is non-pathogenic bacteria and safe. Therefore, the fermentation of SBM using the isolated PB5/6 may have the potential to produce antioxidant agents that are useful for many types of cosmeceutical, food, pharmaceutical industries.

Keywords: Antioxidant, Bacteria, Fermentation, Soybean meal

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกากถั่วเหลือง โดยวิธีการหมักด้วยแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากถั่วหมักพื้นบ้าน 5 สายพันธุ์ คือ LY4/9 LY4/11 LY7/6 LY9/5 และ PB5/6 ผลการทดลองพบว่าการหมักกากถั่วเหลืองด้วยแบคทีเรียที่คัดแยกได้ สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีน สารประกอบฟีนอลิก และสารประกอบฟลาโวนอยด์ โดยกากถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักด้วยสายพันธุ์ PB5/6 มีปริมาณโปรตีน สารประกอบฟีนอลิก และสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงที่สุด รวมทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งเทียบเท่ากรดแกลลิค 3.08 และ 5.14 มิลลิกรัมต่อกรัมกากถั่วเหลืองหมัก เมื่อทดสอบด้วยวิธีดีพีพีเอชและวิธีเอบีทีเอส ตามลำดับ โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก 2 ถึง 6 เท่า และเมื่อตรวจสอบสายพันธุ์ PB5/6 พบว่าเป็นแบคทีเรียกลุ่ม *Paenibacillus* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียไม่ก่อโรคและมีความปลอดภัย ดังนั้นการหมักกากถั่วเหลืองด้วยแบคทีเรียสายพันธุ์ PB5/6 มีแนวโน้มเป็นวิธีที่มีศักยภาพในการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ทั้งในอุตสาหกรรมเวชสำอาง อาหาร และยา

คำสำคัญ: กากถั่วเหลือง กระบวนการหมัก แบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น เนื่องจากทุกวันนี้มนุษย์ได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม อาหาร และวิถีชีวิต ที่ส่งผลเสียต่อร่างกาย เป็นสาเหตุให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกายส่งผลทำลายเซลล์โครงสร้างก่อให้เกิดความผิดปกติขึ้น ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายมีกระบวนการทางชีวภาพที่ช่วยลดผลกระทบนี้แต่อย่างไรก็ตามก็ไม่สามารถสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระได้ทัน ดังนั้นควรมีการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอก เช่น การใช้หรือบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารต้านอนุมูลอิสระ ส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระมีความนิยมเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ แต่

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2]Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, Bangkuntien-Chaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

สารจากธรรมชาติมีข้อจำกัดทั้งปริมาณและราคาของพืชที่นำมาใช้ในการผลิต (Xiao และคณะ, 2015) ดังนั้นการนำวัตถุดิบเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมมาใช้เป็นทางออกหนึ่ง ซึ่งกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งจากโรงงานกลั่นน้ำมันถั่วเหลืองโดยปกติแล้วนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ทำให้มีราคาถูก กากถั่วเหลืองมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารจำพวกไอโซฟลาโวน (Isoflavones) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ป้องกันโรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคกระดูกพรุน (Balisteiro และคณะ, 2013) อย่างไรก็ตามการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากกากถั่วเหลืองโดยตรงนั้นได้สารต้านอนุมูลอิสระไม่มากนักเนื่องจากสารเหล่านี้ถูกห่อหุ้มโดยผนังเซลล์ของพืชและโปรตีน กระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้ได้ และยังเป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำและมีความปลอดภัย (Sanjukta และ Rai, 2016) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกากถั่วเหลืองโดยกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากถั่วหมักพื้นบ้านไทย และมีความสามารถสูงในการผลิตเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยผนังเซลล์พืช เช่น เซลลูเลส ไซลาเนส และแมนนาเนส และเอนไซม์โปรติเอส เพื่อย่อยผนังเซลล์พืชและโปรตีนขนาดใหญ่ ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างไอโซฟลาโวนให้เป็นอิสระ และมีปริมาณสูงขึ้น เหมาะแก่การนำไปเป็นแนวทางในการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเวชสำอาง อาหาร และยา โดยใช้วัตถุดิบเหลือทิ้งจากการแปรรูปอาหาร เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มมูลราคาเพิ่มให้แก่กากถั่วเหลือง

อุปกรณ์และวิธีการ

แบคทีเรียที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้มาจากห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเอนไซม์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่คัดแยกจากถั่วหมักพื้นบ้านไทย และมีความสามารถสูงในการผลิตเอนไซม์โปรติเอส และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยผนังเซลล์พืช ทั้งหมด 5 สายพันธุ์ ได้แก่ LY4/9, LY4/11, LY7/6, LY9/5 และ PB5/6 (Oulay, 2016) โดยทำการพิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้วิธี 16S rRNA

ทำการหมักกากถั่วเหลืองโดยใช้แบคทีเรียที่ถูกคัดเลือก 5 สายพันธุ์ โดยเตรียมกากถั่วเหลือง 20 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และทำการฆ่าเชื้อ หลังจากนั้นทำการเติมหัวเชื้อแบคทีเรีย ปริมาณ 10^7 CFU ต่อกรัมกากถั่วเหลือง บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เมื่อครบเวลาทำการเก็บกากถั่วเหลืองหมักทั้งหมดนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส แล้วทำให้แห้งโดยวิธี freeze dry และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยนำกากถั่วเหลืองหมักแห้งมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ โดยสกัดโปรตีนในกากถั่วเหลืองหมักแห้ง 0.1 กรัม ต่อน้ำปราศจากไอออน 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 x g เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนใสไปวิเคราะโดยวิธี Lowry's method, (1951)

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในกากกากถั่วเหลืองหมักแห้ง โดยสกัดกากถั่วเหลืองหมักแห้ง 0.1 กรัม ต่อ เอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 x g เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟินอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยวิธี Folin–Ciocalteu method และ Aluminum chloride method ตามลำดับ (Chai และคณะ, 2012)

ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยสกัดกากถั่วเหลืองหมักแห้ง 0.1 กรัม ต่อ เอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 x g เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนใสไปวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธีดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging activity) (Sanjukta และคณะ, 2015) และวิธีเอบีทีเอส ($ABTS\cdot^{+}$ radical cation decolorization assay) (Shin และคณะ, 2014)

ผลการทดลอง

จากการพิสูจน์เอกลักษณ์แบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ (LY4/9, LY4/11, LY7/6, LY9/5 และ PB5/6) ที่คัดแยกได้จากถั่วเน่า และมีความสามารถสูงในการผลิตเอนไซม์โปรติเอสและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยผนังเซลล์พืช เช่น เซลลูเลส ไซลาเลส และแมนนาเนส พบว่าสายพันธุ์ LY4/9, LY4/11 และ LY9/5 มีความคล้ายคลึงสูงสุดกับ *Bacillus subtilis* และสายพันธุ์ LY7/6 และ PB5/6 มีความคล้ายคลึงสูงสุดกับ *Bacillus licheniformis* และ *Paenibacillus* sp. ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 5 สายพันธุ์เป็นแบคทีเรียไม่ก่อโรคและมีความปลอดภัย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยและอุตสาหกรรมได้

หลังการหมักกากถั่วเหลืองด้วยแบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ สารประกอบฟินอลิก และสารประกอบฟลาโวนอยด์ ในกากถั่วเหลืองหมัก มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก โดยกากถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักด้วยสายพันธุ์ *Paenibacillus* sp. PB5/6 มีการปลดปล่อยโปรตีน สารประกอบฟินอลิก และสารประกอบ

ฟลาโวนอยด์ ได้สูงที่สุด (ตารางที่ 1) โดยมีปริมาณโปรตีน 261.28±0.05 มิลลิกรัมต่อกรัมกากถั่วเหลืองหมัก สารประกอบฟินอลิกเทียบเท่ากรดแกลลิค 14.21±0.18 มิลลิกรัมต่อกรัมกากถั่วเหลืองหมัก และสารประกอบฟลาโวนอยด์เทียบเท่าเควอซิทิน 2.76±0.07 มิลลิกรัมต่อกรัมกากถั่วเหลืองหมัก

เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกากถั่วเหลือง พบว่ากากถั่วเหลืองมีผ่านการหมักด้วยเชื้อทั้ง 5 สายพันธุ์ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก เมื่อทดสอบด้วยวิธีดีพีพีเอชและวิธีเอบีทีเอส โดยกากถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักด้วยสายพันธุ์ *Paenibacillus* sp. PB5/6 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (รูปที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปรตีน สารประกอบฟินอลิก และฟลาโวนอยด์ ที่มีการปลดปล่อยออกมาได้มากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากรดแกลลิค 3.07±0.01 (ทดสอบด้วยวิธีดีพีพีเอช) และ 5.30±0.06 มิลลิกรัมต่อกรัมกากถั่วเหลืองหมัก (วิธีเอบีทีเอส) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นถึง 5.81 และ 1.77 เท่า เมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

กากถั่วเหลืองอุดมไปด้วยสารประกอบฟินอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ แต่อย่างไรก็ตามสารเหล่านี้ถูกห่อหุ้มด้วยผนังเซลล์พืชและโปรตีน (Sanjukta และ Rai, 2016) จากงานวิจัยนี้พบว่าการใช้แบคทีเรีย *Paenibacillus* sp. สายพันธุ์PB5/6 ที่คัดแยกได้จากถั่วหมักพื้นบ้านไทยและสามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอสและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยผนังเซลล์พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพในการหมักกากถั่วเหลือง สามารถช่วยปลดปล่อยสารประกอบฟินอลิกและฟลาโวนอยด์ให้เป็นอิสระ ซึ่งสารประกอบฟินอลิกที่พบในถั่วเหลืองส่วนใหญ่คือไอโซฟลาโวนที่อยู่ในรูป glucoside คือ daidzin genistin และ glycitin ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพต่ำเนื่องจากจับกับน้ำตาลกลูโคส แต่หลังจากทำการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูเลส และย่อยไอโซฟลาโวนที่อยู่ในรูป glucoside ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปอิสระ aglycones คือ daidzein genistein และ glycitein ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ารูป glucoside (Ma และ Huang, 2014; Xiao และคณะ, 2015) ส่งผลให้กากถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นกว่ากากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก ดังนั้นกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารจึงสามารถนำมาเพิ่มคุณค่าโดยการนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระโดยการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพอย่าง *Paenibacillus* sp. สายพันธุ์ PB5/6 เพื่อช่วยในการย่อยผนังเซลล์พืชทำให้ได้สารออกฤทธิ์ที่มีฤทธิ์ต้านอนูมูลอิสระในปริมาณที่สูง ทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระและยังเป็นวิธีการธรรมชาติที่ปลอดภัยไม่มีการใช้สารเคมีที่มีพิษในการผลิต (Sanjukta และคณะ, 2015) งานวิจัยนี้จึงถือเป็นแนวทางในการลดต้นทุนและการประยุกต์ใช้กระบวนการหมักเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระให้กับภาคอุตสาหกรรมที่ผลิตผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีงบประมาณ 2560-2562

เอกสารอ้างอิง

Balisteiro, D. M., Rombaldi, C. V. and Genovese, M. I., 2013, Protein, isoflavones, trypsin inhibitory and in vitro antioxidant capacities: Comparison among conventionally and organically grown soybeans. Food research international, 51(1): 8-14.

Chai, C., Ju, H. K., Kim, S. C., Park, J. H., Lim, J., Kwon, S. W. and Lee, J., 2012, Determination of bioactive compounds in fermented soybean products using GC/MS and further investigation of correlation of their bioactivities, Journal of Chromatography B, 880: 42-49.

Ma, Y. and Huang, H., 2014, Characterisation and comparison of phenols, flavonoids and isoflavones of soymilk and their correlations with antioxidant activity, International Journal of Food Science and Technology, 49(10): 2290-2298.

Phoupasong, O., 2016, Improving the nutritive value of soybean meal via fermentation using effective isolated bacteria for animal feed application, Master’s Thesis, Department of Biochemical Teachnology, School of Bioresources and technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Sanjukta, S. and Rai, A. K., 2016, Production of bioactive peptides during soybean fermentation and their potential health benefits, Trends in Food Science and Technology, 50: 1-10.

Sanjukta, S., Rai, A. K., Muhammed, A., Jeyaram, K. and Talukdar, N. C., 2015, Enhancement of antioxidant properties of two soybean varieties of Sikkim Himalayan region by proteolytic *Bacillus subtilis* fermentation, Journal of Functional Foods, 14: 650-658.

Shin, E.-C., Lee, J. H., Hwang, C. E., Lee, B. W., Kim, H. T., Ko, J. M., Baek, I.-Y., Shin, J. H., Nam, S. H. and Seo, W. T., 2014, Enhancement of total phenolic and isoflavone-aglycone contents and antioxidant activities during Cheonggukjang fermentation of brown soybeans by the potential probiotic Bacillus subtilis CSY191, Food Science and Biotechnology, 23(2): 531-538.

Xiao, Y., Wang, L., Rui, X., Li, W., Chen, X., Jiang, M. and Dong, M., 2015, Enhancement of the antioxidant capacity of soy whey by fermentation with *Lactobacillus plantarum* B1–6, Journal of Functional Foods, 12: 33-44.

Table 1 Total protein, total phenolic and total flavonoids content of non-fermented and fermented soybean meal by isolated bacteria

Isolated bacteria	Total protein (mg/g)[a]	Total phenolic content (GAE mg/g)[b]	Total flavonoids content (QE mg/g)[c]
Non-fermented SBM	41.28±0.07	3.49±0.19	0.77±0.09
Bacillus subtilis strain LY4/9	218.68±0.09	12.15±0.11	2.65±0.06
Bacillus subtilis strain LY4/11	154.08±0.06	8.66±0.05	1.92±0.05
Bacillus licheniformis strain LY7/6	134.88±0.11	6.67±0.02	1.38±0.04
Bacillus subtilis strain LY9/5	194.88±0.04	9.09±0.21	1.80±0.08
Paenibacillus sp. strain PB5/6	261.28±0.05	14.21±0.18	2.76±0.07

(a) Albumin from bovine serum equivalent mg per gram dried fermented soybean meal.
(b) Gallic acid equivalent mg per gram dried fermented soybean meal.
(c) Quercetin equivalent mg per gram dried fermented soybean meal.

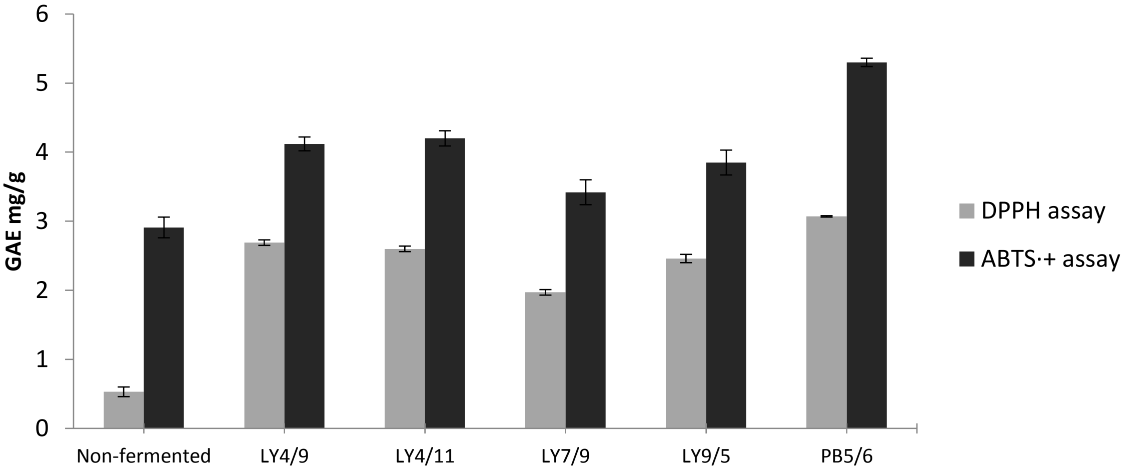


Figure 1 Antioxidant capacity of non-fermented and fermented soybean meal by isolated bacteria

การคัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถผลิตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากอาหารหมักของไทย
Selection of Oligosaccharides Producing Bacteria from Thai Fermented Foods

สไลเนียง นิม[2] สุพิชญา เหล่าทอง[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] ภัทรา ผาสอน[2] กนก รัตนะกนกชัย[1] และรัตติยา แววนุกูล[2]
Nhim. S.[2], Laothong, S.[1], Tachaapaikoon, C[2],. Pason, P.[2], Ratanakhanokchai, K.[1] and Waeonukul, R.[2]

Abstract

The aim of this study is to screen, isolate and identify a new bacterium producing oligosaccharides when grown on a medium containing maltose as the sole carbon source. More than 200 colonies isolated from various Thai fermented foods, only 7 isolated strains (AP1, AP10, AP41, AP49, AP76, AP95 and AP146) produced oligosaccharides in the medium after 3 days of cultivation when analyzing by thin layer chromatography. Among of 7 isolated strains, only isolated AP1 can convert maltose into a large amount of oligosaccharides with a size range of DP 2 to 6. The results indicated that oligosaccharides produced by isolated AP1 should be isomaltooligosaccharides (IMOs) containing α-1,6-glycosidic linkages. Additionally, 16S rRNA gene sequence analysis revealed that the isolated AP1 was closely related to *Bacillus subtilis*. Therefore, the isolated AP1 is safe for producing IMOs that are useful for many applications in food and nutraceutical industries.

Keywords: Bacteria, Oligosaccharides, Thai fermented foods

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ คัดเลือกและค้นหาแบคทีเรียชนิดใหม่ที่สามารถผลิตโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีน้ำตาลมอลโตสเป็นแหล่งคาร์บอน โดยแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากอาหารหมักของไทยมีมากกว่า 200 สายพันธุ์ เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 วัน และตรวจสอบด้วยโครมาโตกราฟีแบบผิวบาง พบว่ามี 7 สายพันธุ์ (AP1, AP10, AP41, AP49, AP76, AP95 และ AP146) ที่สามารถผลิตโอลิโกแซ็กคาไรด์ขนาดตั้งแต่ 2 ถึง 6 โมเลกุลได้ แต่มีเพียงสายพันธุ์ AP1 ที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลมอลโตสไปเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่คาดว่าเป็นไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,6-ไกลโคซิดิกได้ในปริมาณสูง และเมื่อวิเคราะห์ลำดับยีน16S rRNA ของสายพันธุ์ AP1 พบว่ามีความคล้ายคลึงกับ *Bacillus subtilis* ดังนั้นสายพันธุ์ AP1 จึงมีความปลอดภัยและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์เพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและโภชนเภสัช

คำสำคัญ: แบคทีเรีย อาหารหมักของไทย โอลิโกแซ็กคาไรด์

Introduction

Oligosaccharides are carbohydrates that have sugars linked together with different degree of polymerization. In recent years, non-digestible oligosaccharides have found application in various fields, notably because of their specific prebiotic activities (Swennen, Courtin, & Delcour, 2006). It has been reported that prebiotic oligosaccharides benefit the host by selectively stimulating the growth and/or activity of one or a limited number of bacteria in the colon (*Bifidobacteria* and *Lactobacilli*), suppressing the activity of pathogenic organisms (Garthoff et al., 2010). To date, only a few types of oligosaccharides, like galactooligosaccharide (GOS) fructooligosaccharide (FOS), and isomaltooligosaccharide (IMO) are commercially available, but there is an increasing interest in lower cost prebiotic production.

---

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 TienThale 25 Rd., Bangkuntien, Bangkok 10150
[2]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[2]Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 TienThale 25 Rd., Bangkuntien, Bangkok 10150

Among oligosaccharide categories, isomaltooligosaccharide (IMO), which is promoted as a prebiotic dietary fiber with a light sweetness are used as alternative low-calorie sweeteners in food products. The caloric content of a commercial IMO preparation was about 75% when compared with maltose (Kohmoto et al., 1992). IMO is a general term for oligosaccharide such as isomaltose, isomaltotriose, isomaltotetraose, and panose, all of which contain the 1,6-glycosidic linkage (Kaneko et al., 1994). IMOs are produced using starch as the raw material, but they require a combination of several enzymes in a two-stage reactor. In the first stage, starch is liquefied using α-amylase. The second-stage involves reactions catalyzed by both β-amylase, which hydrolyses the liquefied starch to maltose, and α-glucosidase, which possesses transglucosidase activity. The two stages combined convert maltose into IMO (Kaneko et al., 1994). However, in this process still provided the drawback such as separation of optimal condition of individual enzyme, end product inhibitions, and high cost of enzymes (Basu et al., 2015). In the present study, we screened and isolated bacteria from various Thai fermented to produce IMO directly from maltose containing medium. This research will lead to the simple and cost-effective method for producing oligosaccharides without applying any enzymes.

Material and Methods

To isolate bacteria that produce oligosaccharides, samples from various Thai fermented foods were collected. The food samples were serially diluted with 0.85% (w/v) NaCl and plated on nutrient agar. Single colonies were transferred on fresh nutrient agar, and cultured at 37°C for 24 h. All bacterial strains were individually cultured in nutrient broth medium containing 2% (w/v) maltose for 3 days. The production of oligosaccharides in their culture supernatant was analyzed by thin layer chromatographic (TLC) analysis as described by Ratanakhanokchai et al., (1999). Isolated bacteria that can produce a large amount of oligosaccharides from maltose were selected for further studies.

To monitor the time course of oligosaccharides production from maltose as the sole source of carbon, the selected bacteria were cultured in the same medium containing 2% (w/v) maltose for 6 days. Thereafter, the sample in each day was monitored by TLC.

To investigate the enzymatic digestion pattern of the oligosaccharides produced by isolated bacteria, the culture supernatant was further incubated for 24 h with each of the following enzymes: α-amylase, β-amylase, and amyloglucosidase. The enzymatic reactions were carried out according to the manufacturer's recommendation, and the resulting enzyme digests were analyzed by TLC.

To identify isolated bacteria that can produce oligosaccharides from maltose, 16s rRNA gene of isolated bacteria were amplified using specific primers. The amplified products of 16S rRNA were sequenced and compared using the BLAST program on National Center for Biotechnology Information (NCBI).

Results and discussion

More than 200 colonies were isolated from various Thai fermented foods and individually cultured in nutrient broth medium containing 2% (w/v) maltose for 3 days, and the production of oligosaccharides in their culture supernatant was analyzed by TLC. Among these, only 7 isolated strains (AP1, AP10, AP41, AP49, AP76, AP95 and AP146) can produce new spots on TLC expecting oligosaccharides after 3 days of cultivation as shown in Fig. 1. Especially, the culture supernatant of isolated AP1 showed high amount and long chain of oligosaccharides with DP up to 6 (Figure 1, lane 2). Therefore, the isolated AP1 is promising candidate for producing oligosaccharides in maltose-containing medium and was selected for further study.

To monitor the time course of oligosaccharides production by the isolated AP1, the isolated AP1 was cultured in the medium containing 2% (w/v) maltose and incubated for 6 days. The culture supernatant in

each day was monitored by TLC. The results showed that after 1 day of culturing, the isolated AP1 could degrade maltose to produce glucose and oligosaccharides with DP 3-6 (Figure 2 lane 3). After 4 days of culturing, most of glucose had disappeared from medium while the length of oligosaccharides increased up to DP 8 as shown in Figure 2 lane 5-7. This phenomenon would be advantaged for oligosaccharide production because of high purity oligosaccharides without glucose contamination.

To confirm the linkage oligosaccharides obtained from the isolated AP1 which contain α-1,6 glucosidic linkage, β-amylase, α-amylase, and amyloglucosidase were applied to digest these oligosaccharides. β-amylase can break down α-1,4 glycosidic linkage bond to release maltose from the end of chain. α-amylase randomly hydrolyze α-1,4-D-glucosidic linkages in starch while amyloglucosidase catalyze the hydrolysis of α-1,4- and α-1,6-glycosidic linkages (Englyst and Cummings, 1985) . The results showed that β-amylase and α-amylase could not digest the oligosaccharides from the isolated AP1 (Figure 3 lane 2 and 3) but amyloglucosidase could hydrolyze these oligosaccharides to release glucose (Figure 3 lane 4). Therefore, the oligosaccharides from isolated AP1 should be isomaltooligosaccharides (IMOs) containing α-1,6-glycosidic linkages. IMOs are commonly produced using starch, but they require a combination of several enzymes, such as α- and β-amylase as well as α-glucosidase (Kaneko et al., 1994). In particular, it is well known that the transglucosidase activity of α-glucosidase plays an important role in the production of IMOs. Therefore, these results could be explained that the isolated AP1 can produce the enzyme α-glucosidase exhibiting transglucosidase activity to produce IMOs. Similarly, Shin (2016) reported the production of the isomaltooligosaccharide, panose by *B. subtilis* SS-76 using maltose as the sole source of carbon. Furthermore, 16S rRNA gene sequence analysis revealed that the isolated AP1 was closely related to *Bacillus subtilis* with 99% identification that is safe and useful for many applications in food and nutraceutical industries.

Conclusion

More than 200 colonies isolated from various Thai fermented foods, only isolated AP1 can convert maltose into oligosaccharides with DP up to 8 after 4 days of culturing. The results indicated that oligosaccharides produced by isolated AP1 should be isomaltooligosaccharides (IMOs) containing α-1,6-glycosidic linkages. Additionally, the isolated AP1 was closely related to *Bacillus subtilis* when analyzing by 16s rRNA sequencing.

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the financial support by Research Budget from King Mongkut's University of Technology Thonburi.

References

Basu, S., Mutturi, S.G., Prapulla, 2015, Modeling of enzymatic production of isomaltooligosaccharides: a mechanistic approach, Catalyst Science and Technology, 5:2945–2958.

Englyst, H. N., Cummings, J. H. 1985, Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in the 432 human small intestine, The American Journal of Clinical Nutrition, 42(5), 778-787.

Garthoff, J.A., Heemskerk, S., Hempenius, R. A., Lina, B. A. R., Krul, C. A. M., Koeman, J. H., 2010, Satety evaluation of pectin-derived acidic oligosaccharides (pAOS): genotoxicity and sub-chronic studies, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 57:31-42.

Kaneko, T., Kohmoto, T., Kikuchi, H., Shiota, M., Iino, H., Mitsuoka, T., 1994, Effects of isomaltooligosaccharides with different degrees of polymerization on human fecal *Bifidobacteria*, Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 58:2288–2290.

Kohmoto, T., Tsuji, K., Kaneko, T., Shiota, M., Fukui, F., Takaku, H., Nakagawa, Y., Ichikawa, T., 1992, Metabolism of 13C-isomaltooligosaccharides in healthy men, Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 56:937–940.

Ratanakhanokchai, K., Waeonukul, R., Sakka, K., Kosugi, A., and Mori, Y., 2013, Biomass Now-Cultivation and Ustilization: Chapter16: *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 Multienzyme Complex**,** A Novel System for Biomass Utilization, 369-394.

Shin, K. S., 2016, Isolation and strucural characterization of an oligosaccharide produced by *Bacillus subtilis* in a Maltose-containing medium, Preview of Nutrition and Food Seciene, 2:124-131.

Swennen, K., Courtin, C. M., and Delcour, J. A., 2006, Non-digestible oligosaccharides with prebiotic properties, Critical Review in Food Science and Nutrition, 46:459-471.

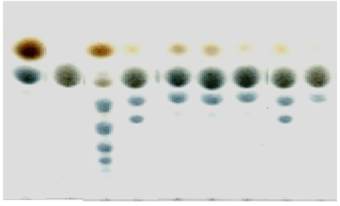


Figure 1 Oligosaccharides in culture supernatant of isolated bacteria when culturing in maltose-containing medium. Std: standard of Glucose and Maltose, lane1: maltose-medium without inoculum. lane2-8: culture supernatant of AP1**,** AP10, AP41, AP49, AP76, AP95, and AP146, respectively.

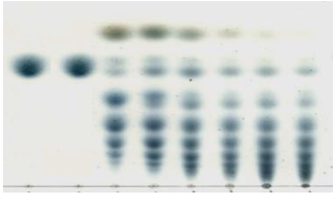


Figure 2 The time course of oligosaccharides production by the isolated AP1 when culturing in maltose-containing medium for 6 days. M: Maltose standard, lane 0d-6d: culture supernatant of the isolated AP1 between 0-6 days of culturing.

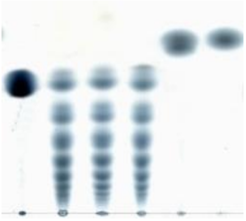


Figure 3 Enzymatic digestion patterns of oligosaccharides from the isolated AP1. M: Maltose, G: Glucose, lane1**:** Oligosaccharides without enzymatic digestion, lane2: products from β-amylase digestion, lane3: products from **α**-amylase digestion, lane4: products from amyloglucosidase digestion.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักผงปรุงรสโรยข้าว (ฟุริคาเคะ) เพื่อสุขภาพรสต้มยำ
Development of Healthy Tom Yum Flavored Rice Seasoning (Furikake) from Vegetable Powder

ประภาสิริ แก้วศรีโท[1] ณัฐิรา อ่อนน้อม[1] อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1] ธัญญ์นลิน วิญญูประสิทธิ์[1] รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์[1] นฤมล ศรีเด่น[1] อมรรัตน์ เอื้อสลุง[1] และ ยุราพร สหัสกุล[1*]
Kaewsritho, P.[1], On-Nom, N.[1], Suttisansanee, U. [1], Winuprasith, T.[1], Chamchan, R.[1], Sriden, N.[1], Aursalung, A.[1] and Sahasakul, Y.[1*]

Abstract

The objective of this study was to develop the healthy Tom Yum flavored rice seasoning from vegetable powder with consumer acceptability. Vegetable powder was used including tomato, broccoli, carrot, and oyster mushroom. The amount of vegetable powder was varied to 3 levels (16, 18 and 20% (w/w)). The sensory evaluation by 9-point hedonic scale and just-about-right with 30 untrained panelists showed that rice seasoning with 20% vegetable powder contained appropriate amount of vegetable powder and the overall liking scores of products were not significantly different (p=0.35) which were "like moderately" (7). According to physical and chemical analysis of developed product compared with control product, the values of L*, a*, b* were slightly increased. The amount of dietary fiber and antioxidant activity of product with vegetable powder were significantly higher (p<0.05) than the control. In addition, moisture content and water activity (a_W) of product were in the safe for consumption criteria.

Keywords: Rice seasoning, Vegetable powder, Tom Yum flavored, Healthy

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักผงปรุงรสโรยข้าวเพื่อสุขภาพรสต้มยำให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผักผงที่ใช้ประกอบด้วยมะเขือเทศ บร็อคโคลี แครอท และเห็ดนางฟ้า โดยแปรปริมาณผักผง 3 ระดับ (ร้อยละ 16, 18 และ 20 ของน้ำหนัก) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale และ just-about-right โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์ผักผงปรุงรสโรยข้าวที่มีปริมาณผักผงร้อยละ 20 มีปริมาณผักผงอยู่ในเกณฑ์กำลังพอดี และคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.35) โดยมีค่าคะแนนความชอบรวมอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง (7) จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์สูตรที่พัฒนาได้เทียบกับสูตรควบคุม พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณใยอาหารและการต้านอนุมูลอิสระมีค่ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) นอกจากนี้ ค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับบริโภค

คำสำคัญ: ผงโรยข้าว ผักผง รสต้มยำ เพื่อสุขภาพ

Introduction

Vegetables are important components of a healthy diet, and their sufficient daily consumption can reduce risks and help prevent the non-communicable diseases (NCDs) (WHO, 2003). Recent finding showed that vegetable consumption of Thai population has been inadequate (Aekplakorn, 2014). To increase vegetable consumption, vegetable powder has been utilized in food products in forms of pellets, capsules, and added as natural colorants or dietary fiber fortifiers. In this research, we proposed to add vegetable powder into rice seasoning to enhance its value. Rice seasoning or "Furikake" in Japanese is a traditional product originated in Japan, which is presently popular worldwide. It is used as a sprinkle or topping over warm rice, soup and other dishes. It usually consists of dried seaweed, roasted sesame seeds, dried fish, salt, monosodium glutamate (MSG) and sugar (Mouritsen, 2009). In Thailand, research on rice seasoning from

---

[1]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถ.พุทธมณฑล สาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170
[1]Institute of Nutrition, Mahidol University 999 [1]Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand
[*]Corresponding author (yuraporn.sah@mahidol.ac.th)

vegetables with proper nutritional values is limited. Therefore, this study aimed to develop a new rice seasoning product as a healthy food option using various vegetable powder as the main ingredient. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) contains a variety of phytochemicals, including lycopene (Tonucci et al, 1995), which may reduce the risk of prostate cancer and other chronic diseases (Miller et al, 2002). Broccoli (*Brassica oleracea*) is a healthy produce due to its significant content of carotenoid, dietary fiber, niacin, vitamins, antioxidants and anti-carcinogenic compounds (Yanan and Wenxiang, 2017). Carrot (*Daucus carota*) is rich in carotenes, including α-, β-carotene (Niizu and Rodriguez, 2005). Oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer) contains good quality protein, vitamin B1, B2, C, and antioxidant activity (Wasser, 2011). The benefit of adding these vegetable powders is to increase the amount of dietary fiber and antioxidant activity in the product. Moreover, Tom Yum, Thai most famous dish, flavor was added to increase palatability of finished product.

Materials and Methods

The control formula of Tom Yum flavored rice seasoning were composed of water, seasoning including Tom Yum seasoning (J.D. Food Products Co., Ltd.), sugar (Dynasty Pacific Co., Ltd.), salt (Thai Refined Salt Co., Ltd.), chilli (Artchit International Pepper and Spice Co., Ltd.), and MSG (Ajinomoto Co., (Thailand) Ltd.), rice flour (Bangkok Inter Food Co., Ltd.), egg white powder (Thai Food and Chemical Co., Ltd.), dried fish, Tom Yum herbs and sesame seed (Central Food Retail Co., Ltd.). The vegetable added formulas were developed by varied 3 levels of vegetable powder (Chiangmai Bioveggie Co., Ltd.) at 16, 18 and 20% (w/w) without MSG. Vegetable powder was used including tomato, broccoli, carrot, and oyster mushroom. All ingredients were mixed and cooked. Then chopped into small pieces, dried and kept in laminate foil bag until further analysis.

The accepted Tom Yum flavored rice seasoning formula was selected by 30 untrained panelists using 9-point-hedonic scale and just-about-right (JAR). The physical and chemical properties including color, water activity (a_w), nutritive values and antioxidant activities were determined. The color values (L*, a*, b*) of sample were determined by Hunter Lab Digital Colorimeter (COLORFLEX 4510 model). Water activity was measured by a water activity meter under room temperature ($25 \pm 1^{\circ}C$). Nutritive values including carbohydrate, protein, fat, dietary fiber, ash and moisture were analyzed according to AOAC (2016). Antioxidant activities were analyzed using 2,2-diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging (Fukumoto and Mazza, 2000), ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay (Benzie and Strain, 1996), and oxygen radical antioxidant capacity (ORAC) assays (Ou et al, 2001). The results were expressed as mean ± standard deviation (SD). Data were analyzed using SPSS software (SPSS Inc., USA). The significance of difference was defined at $p<0.05$.

Results and Discussion

The sensory evaluation demonstrated that there was no significant difference in overall liking score of rice seasoning with 16, 18 and 20% vegetable powder (p=0.35). Moreover, JAR score showed that 20% vegetable powder is at just about right (Table 1). Therefore, rice seasoning with 20% vegetable powder was selected due to the highest amount of vegetable powder. The color values of selected product showed that the lightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*) increased slightly when compared with control product (Table 2). The moisture content and a_w of the product were in the safe for consumption criteria (Table 2) as according to the guideline for quality control in Thai regulations which reported that moisture content and a_w should be below 13% and 0.65, respectively (TCPS, 2004). Nutritive values of products were shown in Table 2, the amount of dietary fiber of rice seasoning with 20% vegetable powder was significantly higher ($p<0.05$) than that of control. Moreover, in 1 serving (15 g) of this product contains approx. 12% of Thai RDI for dietary fiber intake per day (Thai RDI,1998). This was due to the addition of vegetable powder especially oyster mushroom and carrot. Ranogajec et al. (2010) reported that oyster mushroom has high fiber contents, free amino acids

and 5'-monophosphate nucleotides, which are responsible for the umami taste. Therefore, mushroom could help to enhance the flavor in food product without MSG. In addition, carrot is also a good source of dietary fiber and antioxidant including carotenoid, vitamin C, E, polyphenols (Pihlanto, 2011). The antioxidant activities of product with 20% vegetable powder were significantly higher ($p<0.05$) than those of control formula (Table 2). This could be mainly due to the presence of broccoli, tomato, oyster mushroom and carrot, respectively, which are rich sources of essential micronutrients and phytochemicals. The results were agreed by Thanhachartyothin et al. (2014) who studied on antioxidant activity of rice seasoning from different variety of vegetables including spinach, broccoli, onion, carrot and pumpkin and found that the formula with high broccoli content resulted in the highest antioxidant activity. Moreover, lycopene bioavailability in processed tomato products is 20 times higher than that of fresh one (per 100 gram) (Sermsuptawee, 2005)), such finding indicates the benefit of tomato powder use in food product.

Summary

This study demonstrated that vegetable powder including tomato, broccoli, carrot, and oyster mushroom significantly enhances dietary fiber content and antioxidant activity in supplemented product. Tom Yum flavored rice seasoning with 20% vegetable powder contained appropriate amount of vegetable powder with consumer acceptability, and one serving is considered as good source of dietary fiber. This research could be useful for potential health promotion by increasing consumption of vegetables in Thailand and elsewhere.

Acknowledgement

Financial support for this research has been provided by Thailand research fund (TRF) and Mahidol University. Tom Yum seasoning was kindly supplied by J.D. Food Products Co., Ltd.

References

Aekplakorn, W. (editor), 2014, Report on the 5th National Health Examination Survey as in 2014, by physical check-up of Thai people throughout Thailand, Health Information System Development Office.

AOAC, 2016, Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 20th ed. Gaithersburg, MD, USA.

Benzie, I.F. and Strain, J.J., 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay, Analytical Biochemistry, 236(1): 70-6.

Fukumoto, L. and Mazza, G., 2000, Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(8):3597-3604.

Miller, E.C., Giovannucci, E., Erdman, J.W., Bahnson, R., Schwartz, S.J. and Clinton, S.K., 2002, Tomato products, lycopene, and prostate cancer risk, Urologic Clinics of North America, 29: 83-93.

Mouritsen, O.G., 2009. Sushi food for the eye, the body and the soul (2nd ed.). New York: Springer, 113 p.

Niizu, P.Y., Rodriguez, D.B., 2005, New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. Journal of Food Composition and Analysis, 18: 739-749.

Ou, B., Hampsch, W. M. and Prior, R.L., 2001, Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe, Journal Agricultural and Food Chemistry; 49(10): 4619-4626.

Pihlanto, A., 2011, Health-promoting Properties of Fruit and Vegetables, CPI Group (UK) Ltd, Croydon, 236 p.

Ranogajec, A., Beluhan, S., Smit, Z., 2010, Analysis of nucleosides and monophosphate nucleotides from mushrooms with reversed phase HPLC, Journal Separation Science, 33(8); 1024-1033.

Sermsuptawee, C. 2005, Loss of lycopene contents during processing of canned tomato juice and tomato paste. M.Sc. Thesis in Food Science. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

TCPS (Thai Community Product Standards), 2004, No.494/2547: Seasoning powder. Thai Industrial Standards Institute.

Thai RDI (Thai recommended daily intakes), 1998, Appendix No.3: Notification of the Ministry of Public Health (No.182) B.E. 2541 (1998) Re: Nutrition Labelling.

Thanhachartyothin, A., Chaikitwisuttikul, P., Theerapornkittikul, T. and Thumthanaruk, B., 2014, Study on Antioxidant activity of rice-seasoning from five vegetables, Agricultural Science Journal, 45(2): 253-256.

Tonucci, L.H., Holden, J. M., Beecher, G.R., Khachik, F., Davis, C.S. and Mulokozi, G., 1995, Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products, Journal Agricultural and Food Chemistry, 43: 579–586.

Wasser, S.P., 2011, Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms, Applied Microbiology and Biotechnology, 89: 1323–1332.

World Health Organization, 2003, WHO fruit and vegetable promotion initiative-report of the meeting, Geneva, 25-27 August 2003.

Yanan, S., Wenxiang, L., 2017, Effects the mechanism of micro-vacuum storage on broccoli chlorophyll degradation and builds prediction model of chlorophyll content based on the color parameter changes, Scientia Horticulturae, 224: 206-214.

Table 1 Sensory evaluation of the formula with the amount of vegetable powder 16, 18 and 20% (w/w)[1]

Vegetable powder (% w/w)	Test score					
	Appearance[2,3]	Color[2,3]	Odor[2,3]	Taste[2,3]	Overall acceptance[2,3]	Amount of Vegetable[4,5]
16%	7.00 ± 1.02[a]	7.27 ± 0.94[a]	7.87 ± 0.86[b]	7.17 ± 1.12[a]	7.43 ± 0.73[a]	2.67 ± 0.80*
18%	7.00 ± 1.37[a]	7.10 ± 0.92[a]	7.10 ± 1.86[a]	7.00 ± 0.83[a]	7.13 ± 0.73[a]	2.77 ± 0.68
20%	7.07 ± 0.94[a]	7.23 ± 0.94[a]	7.07 ± 1.48[a]	7.27 ± 1.02[a]	7.27 ± 0.91[a]	2.83 ± 0.60

[1]All data were represented as mean ± SD. [2]Different letters in same column indicate significant difference at p <0.05 using one way ANOVA followed by Duncan multiple range test. [3]9-point hedonic scale (1=dislike extremely, 9=like extremely) [4]Just-about-right (1=too low, 3=just about right, 5=too high). [5]asterisk (*) indicates significant difference at p <0.05 using T-test.

Table 2 Physicochemical properties of the developed product compared with the control product[1,2]

Properties		Control	Vegetable (20%)
Color	(L*)	47.75 ± 1.06	50.68 ± 0.94*
	(a*)	12.58 ± 0.30	13.67 ± 0.03*
	(b*)	34.78 ± 0.54	35.19 ± 0.34
Moisture content (%)		4.60 ± 0.97	5.72 ± 1.41
a_w		0.26 ± 0.21	0.24 ± 0.00
Protein (g)		33.13 ± 0.22	32.13 ± 1.87
Fat (g)		5.58 ± 0.47	4.11 ± 0.22*
Ash (g)		15.43 ± 2.02	15.02 ± 1.57
Dietary fiber (g)		8.63 ± 0.07	19.75 ± 0.16*
Carbohydrate (g)		41.26 ± 1.67	43.03 ± 2.99
Energy (kcal)		348 ± 2	338 ± 7
Antioxidant activity (µmol TE/g DW)	DPPH	4.08 ± 0.18	6.06 ± 0.10*
	FRAP	6.00 ± 0.35	9.80 ± 0.60*
	ORAC	74.20 ± 4.17	112.00 ± 3.01*

[1]All data were represented as mean ± SD. [2]asterisk (*) indicates significant difference at p<0.05 using T-test.

การใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตพาสต้าข้าวเจ้าเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปจากทุเรียน

Utilization of By-product from Rice Pasta Industry as an Ingredient for Production of Fabricated Durian Chips

อารีรัตน์ ทองสุทธิ[1] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]
Tongsutti, A.[1], Yuenyongputtakal, W.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

Abstract

By-product from rice pasta industry has some properties similar to pregelatinized rice flour and could be used as an ingredient for production of fabricated snack chips. The aim of this research was to develop snack chip formulation from durian and rice pasta by-product. A three-factor mixture design was applied to develop snack chip formulation from rice pasta by-product (RPB), unripe durian flour (DF) and ripe durian powder (DP) in the range of 40-55, 40-55 and 5-20 % (flour basis), respectively. Results showed that fracturability of durian chips significantly increased ($p \leq 0.05$) as the amount of RPB increased. Color values (a* and b*) of durian chips significantly increased as DP levels increased, whereas lightness (L*) significantly decreased ($p \leq 0.05$). The snack chips prepared from 40% RPB, 40% DF and 20% DP had the lowest fracturability and received the highest overall acceptance score ($p \leq 0.05$).

Keywords: fabricated snack chips, durian, rice pasta by-product

บทคัดย่อ

ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้ามีคุณสมบัติบางประการคล้ายกับแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์และสามารถนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปจากทุเรียนและผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้า โดยใช้แผนการทดลองแบบผสม 3 ปัจจัย แปรปริมาณผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้า แป้งทุเรียนจากทุเรียนดิบ และทุเรียนผงจากทุเรียนสุกในช่วงร้อยละ 40-55, 40-55 และ 5-20 (โดยน้ำหนักแป้ง) ตามลำดับ พบว่า เมื่อปริมาณผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้าเพิ่มขึ้น ความแตกเปราะของทุเรียนแผ่นกรอบมีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ค่าสี (a* และ b*) ของทุเรียนแผ่นกรอบมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ($p<0.05$) เมื่อปริมาณทุเรียนผงเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้าร้อยละ 40 แป้งทุเรียนร้อยละ 40 และทุเรียนผงร้อยละ 20 มีค่าความแตกเปราะต่ำสุด และได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบ ทุเรียน ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้า

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (snack foods) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากบริโภคง่ายและสะดวก สำหรับตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปี พ.ศ. 2557-2560 มีมูลค่าสูงถึง 29,000-42,576 ล้านบาท และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยประมาณร้อยละ 9.5 ต่อปี (ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2560) โดยผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบ (snack chips) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมากจากผู้บริโภคโดยเฉพาะมันฝรั่งแผ่นกรอบ โดยปกติในกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปมักมีการใช้แป้งดัดแปร (modified starch) เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เช่น แป้งพรีเจลาติไนซ์ โดยแป้งพรีเจลาติไนซ์ที่ผลิตในทางการค้าสามารถเตรียมได้หลายวิธี เช่น ใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ เป็นต้น จากอุตสาหกรรมการผลิตพาสต้าข้าวเจ้าด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นพบว่ามีส่วนของโดและผลิตภัณฑ์พาสต้าที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอที่เป็นผลพลอยได้ซึ่งมีสมบัติบางประการคล้ายแป้งพรีเจลาติไนซ์ และมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูป ประเทศไทยมีวัตถุดิบทางการเกษตรที่น่าสนใจในการนำมาผลิตขนมขบเคี้ยวแบบ

[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 Seansuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

แผ่นกรอบขึ้นรูปหลายชนิด ทุเรียนเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจชนิดหนึ่งโดยเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และแร่ธาตุต่างๆ นอกจากนี้ยังมีสารสำคัญในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และพอลิฟีนอล (กฤติยา, 2557) งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปจากทุเรียนโดยนำผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้ามาเป็นส่วนผสมในสูตรผลิตภัณฑ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปจากทุเรียนและผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้า

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบและการวิเคราะห์

เตรียมแป้งทุเรียนจากทุเรียนดิบ ทุเรียนผงจากทุเรียนสุก โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก พรภัทรา และคณะ (2549) และ Bai-Ngew และคณะ (2013) นำแป้งทุเรียน ทุเรียนผง และผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้ามาวัดค่าสี (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, MiniscanXE Plus, USA) และวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (water absorption index, WAI) และดัชนีการละลายน้ำ (water solubility index, WSI) ดัดแปลงวิธีการจาก Sue Shan และคณะ (2015)

ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูป

ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูป โดยใช้แผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ดัดแปลงวิธีการเตรียมจาก Narklaor และคณะ (2015) แปรส่วนผสมหลัก 3 ชนิด ได้แก่ ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้าร้อยละ 40-55 แป้งทุเรียนร้อยละ 40-55 และทุเรียนผงร้อยละ 5-20 ออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้สูตรต้นแบบทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ 55RPB : 40DF : 5DP (1), 40RPB : 55DF : 5DP (2), 40RPB : 40DF : 20DP (3) และ 43.75RPB : 43.73DF : 12.5DP (4) (ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี (L*, a*, b*) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT2, UK) ใช้หัววัดทรงกลม (Ball Probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว (P/0.25S) กดตรงกลางชิ้นของผลิตภัณฑ์ที่วางบนฐานรองชนิด HDP/ 90 รายงานผลเป็นค่าความแตกเปราะ (Fracturability) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยประเมินความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวัดค่าสี (L*, a*, b*) ของวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปที่ทำจากทุเรียน พบว่า DP มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำสุด (76.13) แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) (4.25) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงสุด (27.46) (Table 1) อาจเนื่องจาก DP เตรียมจากทุเรียนสุกซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซิ่งกับกรดอะมิโนอิสระที่เป็นองค์ประกอบในวัตถุดิบในระหว่างการทำแห้ง (Bai-Ngew และคณะ, 2013) อีกทั้งทุเรียนในระยะสุกงอมยังเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ที่เป็นรงควัตถุสีเหลือง (Wisutiamonkul และคณะ, 2015) ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ของวัตถุดิบ พบว่า ค่า WAI ของ RPB มีค่าสูงสุด (5.17) (Table 1) เนื่องจาก RPB เป็นผลพลอยได้ที่ได้จากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นในการผลิตพาสต้าข้าวเจ้า แป้งบางส่วนจึงเกิดการเจลาติไนเซชั่นในระหว่างการให้ความร้อนทำให้พันธะไฮโดรเจนของสตาร์ชคลายตัวลงและจับกันอย่างหลวมๆ RPB จึงสามารถดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้างได้เมื่อนำไปละลายในน้ำเย็น (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546) ซึ่งค่า WAI ที่เหมาะสมในการเตรียมโดของขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปมีค่าอยู่ในช่วง 0.40-8.00 g/g (Gisaw และคณะ, 2003) สำหรับค่า WSI พบว่า DP มีค่า WSI สูงสุด (48.29) อาจเป็นผลมาจาก DP มีปริมาณสตาร์ชน้อย เนื่องจากสตาร์ชถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลในระหว่างกระบวนการสุก โดย Bai-ngew และคณะ (2013) รายงานว่าทุเรียนผงที่เตรียมจากทุเรียนสุกในกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนมีปริมาณสตาร์ชเพียงร้อยละ 9.44

ผลการวัดค่าสี (L*, a*, b*) ของขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูปจากทุเรียนทั้ง 4 สูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรมีค่าสี (L*, a*, b*) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) โดยการใช้ DP ในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น เนื่องจาก DP มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งสูงจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ดังนั้น สูตรที่ใช้ DP ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นค่า L* จึงมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a* และ b* มีแนวโน้มที่สูงขึ้น ผลการวัดลักษณะเนื้อ

สัมผัส พบว่า การเติม RPB ในปริมาณที่มากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ค่าความแตกเปราะ (Fracturability) เพิ่มขึ้น โดยสูตรที่ 1 (55RPB : 40DF : 5DP) มีค่าความแตกเปราะสูงสุด ในขณะที่สูตรที่ 3 (40RPB : 40DF : 20DP) มีค่าความแตกเปราะต่ำสุด (Table 2) ทั้งนี้การใช้ RPB ในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างที่แข็งแรง เนื่องจาก RPB มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) สูง เมื่อเติมในปริมาณที่มากขึ้นก้อนโดจะมีความหนืดและมีความแข็งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ยึดเกาะกันแน่น (Gisaw และคณะ, 2003) นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณของสตาร์ชที่มีในแต่ละสูตร โดยสูตรที่มีปริมาณสตาร์ชมากอาจทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากสตาร์ชเป็นส่วนผสมที่ทำให้เกิดโครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ (Villagran และคณะ, 2004) ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่า การเติม DP ในปริมาณที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส และรสชาติเพิ่มขึ้น โดยสูตรที่ 3 (40RPB : 40DF : 20DP) ซึ่งใช้ DP ในปริมาณร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด (Table 3)

สรุปผล

ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบขึ้นรูป คือ การใช้ RPB ร้อยละ 40 DF ร้อยละ 40 และ DP ร้อยละ 20 (โดยน้ำหนักแป้ง) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความแตกเปราะ (fracturability) ต่ำสุด และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด โดยสูตรที่เหมาะสมจะนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบจากทุเรียนต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) สังกัดสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็น.วาย.ทุเรียนสแน็ค ที่สนับสนุนทุเรียนสดเป็นวัตถุดิบในการทำวิจัย และบริษัท แฟมิลี่ ทรี ฟู้ดส์ จำกัด ที่สนับสนุนผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพาสต้าข้าวเจ้า

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กฤติยา ไชยนอก, 2557, ทุเรียน ราชาแห่งผลไม้ [สืบค้น], http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/208/ทุเรียน-ประโยชน์-สรรพคุณ [30/June/17]

พรภัทรา ศรีนรคุตร, ปุณณภา บุญบะภักดิ์, อินทราวุธ ฉัตรเกษ และ สุวรรณา ศรีสวัสดิ์, 2549, การเพิ่มกลิ่นทุเรียนในทุเรียนดิบบดแห้งหรือทุเรียนผง, อนุสิทธิบัตรการประดิษฐ์ เลขที่ 107.

ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2559, ส่วนแบ่งตลาดขนมขบเคี้ยว [สืบค้น], http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=138 [27/ June /17].

Gisaw, Y., Asquith, T. N., Lai, O. S., Villagran, M. D. and Cole, B. R., 2003, Potato-based fabricated snacks made from continuously sheeted doughts and methods for controlling the texture and organoleptical properties thereof, United States Patent No. 6558730.

Ngew, S., B., Therdthai, N., Dhamvithee, P. and Zhou, W., 2013, A study of the effect of the drying process on the composition and physicochemical properties of flours obtained from durian fruits of two ripening stages, Food Science & Technology, 49(1):230-237.

Narklaor, D., Sangnark, A., and Limroongreungrat, K., 2015, Formulation of jackfruit seed flour based snack chips using mixture design, RMUIT Journal Special issue, p. 204-208.

Sue shan, L., Sulaiman, R., Sanny, M. and Nur Hanani, H. M., 2015, Effect of extrusion temperature on residence time and physical properties of various flour extrudates, International Food Research Journal, 22(3): 965-972.

Villagran, M.D.M., Li, J., Yang, D.K., Chang, D.S. and Evans, J.F, 2004, Fabricated potato chips, United States Patent No. 6703065.

Wisutiamonkul, A., Promdang, S., Ketsa, S. and Doorn, W. G. V., 2015, Carotenoids in durian fruit pulp during growth and postharvest ripening, Food Chemistry, 180:301-305.

Table 1 Color values (L*, a*, b*), water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) of raw materials of rice pasta by-product (RPB), unripe durian flour (DF) and ripe durian powder (DP).

Raw materials	Color			WAI (g/g)	WSI (%)
	L*	a*	b*		
RPB	$88.46^{a} \pm 0.13$	$-0.35^{b} \pm 0.04$	$9.80^{c} \pm 0.14$	$5.17^{a} \pm 0.04$	$2.66^{c} \pm 0.06$
DF	$87.49^{b} \pm 0.04$	$-0.69^{c} \pm 0.03$	$18.42^{b} \pm 0.06$	$2.45^{b} \pm 0.02$	$44.80^{b} \pm 0.61$
DP	$76.13^{c} \pm 0.07$	$4.25^{a} \pm 0.03$	$27.46^{a} \pm 0.08$	$2.06^{c} \pm 0.02$	$48.29^{a} \pm 1.02$

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

Table 2 Physical attributes of fabricated snack chips as affected by different formulations from rice pasta by-product (RPB), unripe durian flour (DF) and ripe durian powder (DP).

Formulation (RPB:DF:DP)	Color			Fracturability (N)
	L*	a*	b*	
1 (55:40:5)	$63.26^{a} \pm 0.93$	$3.83^{c} \pm 0.41$	$29.59^{c} \pm 0.94$	$4.47^{a} \pm 0.12$
2(40:55:5)	$63.17^{a} \pm 0.97$	$4.79^{c} \pm 1.32$	$32.45^{b} \pm 1.11$	$4.40^{ab} \pm 0.12$
3 (40:40:20)	$58.50^{c} \pm 0.90$	$9.18^{a} \pm 0.91$	$34.07^{a} \pm 0.25$	$4.34^{b} \pm 0.13$
4 (43.75:43.75:12.5)	$60.28^{b} \pm 0.15$	$7.05^{b} \pm 0.28$	$33.17^{ab} \pm 0.07$	$4.40^{ab} \pm 0.07$

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

Table 3 Sensory scores of fabricated snack chips as affected by different formulations from rice pasta by-product (RPB), unripe durian flour (DF) and ripe durian powder (DP).

Formulation (RPB:DF:DP)	Color	Odor	Flavor	Taste	Texture^{ns}	Overall acceptability
1 (55:40:5)	$7.40^{a} \pm 0.93$	$6.53^{c} \pm 0.97$	$6.23^{c} \pm 0.82$	$6.03^{c} \pm 0.89$	7.10 ± 0.55	$6.40^{c} \pm 0.67$
2(40:55:5)	$7.37^{a} \pm 0.67$	$6.80^{bc} \pm 0.81$	$6.47^{c} \pm 0.97$	$6.20^{c} \pm 0.71$	7.20 ± 0.48	$6.63^{c} \pm 0.76$
3 (40:40:20)	$6.83^{b} \pm 0.70$	$7.60^{a} \pm 0.67$	$7.87^{a} \pm 0.82$	$7.67^{a} \pm 0.80$	7.37 ± 0.49	$7.60^{a} \pm 0.62$
4 (43.75:43.75:12.5)	$7.03^{ab} \pm 0.49$	$7.20^{ab} \pm 0.81$	$7.30^{b} \pm 0.84$	$7.13^{b} \pm 0.97$	7.23 ± 0.43	$7.13^{b} \pm 0.57$

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

ns = not significantly differences ($p \geq 0.05$)

สมบัติทางชีวภาพของเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวและการนำไปใช้ในซอร์เบทโปรไบโอติก**
Biological Properties of Okra Pectin and Its Application in Probiotic Sorbet

สุภณิดา พัฒธร[1] และ นงลักษณ์ ศิริรึก[1]
Pattorn, S.[1] and Siriruek, N.[1]

Abstract

This study investigated the biological properties of okra pectin, antioxidant and prebiotic properties. The results showed that a pectin solution (7.5 mg/ml) scavenged 27.39 % $ABTS^{•+}$ radical, but did not have prebiotic property. The okra pectin did not resist digestion with alpha amylase and pepsin. Also found to be ineffective in promoting the growth of lactic bacteria. (*Lactobacillus casei* TISTR 1463). The application of pectin in probiotic sorbet showed that the increase in pectin had an effect on the overrun increase, and the decrease in the meltdown ($p \leq 0.05$). Probiotic sorbet with 0.3% pectin added to show the highest lactic acid survival rate after whipping process ($p \leq 0.05$) and lactic acid bacteria count at 1.16×10^6 CFU / g. Sensory acceptability test score of yellow color, flavor, sweetness, sourness, smoothness, mouthfeel and overall liking (9-Point Hedonic Scale) were 7.53, 7.83, 6.80, 6.80, 7.58, 7.78, respectively.

Keywords: pectin, okra, prebiotic, sorbet

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติทางชีวภาพของเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียว ได้แก่ สมบัติต้านอนุมูลอิสระและพรีไบโอติก ผลการศึกษาพบว่าสารละลายเพกติน (7.5 mg/ml) ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{•+}$ ร้อยละ 27.39 แต่ไม่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก เนื่องด้วยเพกตินไม่ต้านทานการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเปปซิน อีกทั้งพบว่าไม่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติก (*Lactobacillus casei* TISTR 1463) การใช้เพกตินในซอร์เบทโปรไบโอติกพบว่า การเพิ่มขึ้นของเพกตินมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการขึ้นฟูและการลดลงของการละลาย ($p \leq 0.05$) แต่การเติมเพกตินร้อยละ 0.3 (ของซอร์เบทมิกซ์) ส่งผลให้ร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกภายหลังกระบวนการปั่นซอร์เบทสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) และทำให้ซอร์เบทโปรไบโอติกมีปริมาณแบคทีเรียแลคติก 1.16×10^6 CFU/g ซอร์เบทโปรไบโอติกที่ผลิตได้มีผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสคะแนนความชอบ (9-Point Hedonic Scale) ด้านสีเหลือง กลิ่น รสหวาน ความเรียบเนียน การละลายในปาก และความชอบรวม เท่ากับ 7.53, 7.83, 6.80, 6.80, 7.58, 7.78 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เพกติน กระเจี๊ยบเขียว พรีไบโอติก ซอร์เบท

คำนำ

เพกตินเป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดกาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic Acid) หรือ α-D-galacturonic Acid ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง β-(1$\rightarrow$ 4) โดยหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ในโมเลกุลของกรดกาแล็กทูโรนิกบางส่วนถูกเอสเทอริไฟด์ด้วยหมู่เมทิล เพกตินเป็นสารที่มีสมบัติทางชีวภาพได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเซลล์มะเร็งในลำไส้ใหญ่ (Wang และคณะ, 2014) และมีบทบาทการเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) (Hutkins และคณะ, 2016) กระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชที่มีสารเมือกหรือสารโพลีแซ็กคาร์ไรด์หลายชนิดรวมถึงเพกติน (ญาธิปกร, 2556) สารเมือกดังกล่าวถูกใช้เป็นสารก่อให้เกิดเจล สารให้ความข้นหนืด สารให้ลักษณะเนื้อสัมผัส (องอาจ, 2553) และใช้เป็นสารให้ความคงตัวในอาหารรวมถึงใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (Yuennan และคณะ, 2014) แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลการศึกษาถึงสมบัติทางชีวภาพของเพกตินที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบเขียวยังไม่มีการกล่าวถึง อีกทั้งด้วยสมบัติการเป็นสารให้ความคงตัวในอาหารของเพกตินน่าจะมีบทบาทในการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและมีบทบาทต่อการรอดชีวิตของโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ซอร์เบทโปรไบโอติก ซอร์เบทเป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่มีข้อกำหนดปริมาณไขมันนม ซึ่งแตกต่างจากเชอร์เบทที่กำหนดให้มีไขมันนมร้อยละ 1-2 (Goff และ Hartel, 2013) จึงกล่าวได้ว่าซอร์เบทเป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่เหมาะกับผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมปริมาณไขมันในอาหาร และเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์ซอร์เบทโปรไบโอติกก็ยังได้รับประโยชน์จากโปร

[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ.ปทุมธานี 13180
[1]Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat under the Royal Patronage, Phathum Thani 13180

ไบโอติกอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาสมบัติทางชีวภาพของเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวได้แก่ สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติการเป็นพรีไบโอติก อีกทั้งศึกษาแนวทางการนำ เพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวไปใช้ในซอร์เบทโปรไบโอติก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียว

เตรียมกระเจี๊ยบผงโดยนำเฉพาะส่วนเนื้ออบแห้งที่อุณหภมิ 60°C จากนั้นบดและร่อนผ่านตะแกรง แล้วนำผงกระเจี๊ยบเขียวมาสกัด Alcohol-Insoluble Solid (AIS) ด้วยเอทานอลร้อยละ 75 (1:20 w/v) กรองแยกกากและนำกากที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C (9 ชั่วโมง) หลังจากนั้นบดและร่อนผ่านตะแกรง นำผง AISที่ได้มาละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับ pH 3.9 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (0.05M) กวนผสมที่ 60°C นาน 64 นาที แล้วจึงนำไปหมุนเหวี่ยง (9,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที) เพื่อแยกส่วนใส แล้วนำส่วนใสไปทำแห้งแบบระเหิด จากนั้นบดและร่อนจนได้เพกตินผง นำเพกตินท่วิเคราะห์ปริมาณกรดกาแล็กทูโรนิก (Rungana, 1977) เทียบกับกราฟมาตรฐานกรดกาแล็กทูโรนิก และ วัดค่าสี L* a* b* (Color Reader CR-10, Minolta) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $ABTS^{•+}$ (Re และคณะ, 1999) โดยเตรียมสารละลายเพกตินในน้ำร้อยละ 0.75 (w/v) ติดตามค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายอนุมูลอิสระ $ABTS^{•+}$

การทดสอบต้านทานการย่อยด้วยเอนไซม์และการส่งเสริมการเจริญเติบโตของโปรไบโอติก

สร้างสภาวะจำลองการย่อยภายนอกกายด้วยเอนไซม์อะไมเลส (From Human Saliva, Sigma-Aldrich) และ เอนไซม์เปปซิน (From Porcine Gastric Mucosa, Sigma-Aldrich) โดยดัดแปลงวิธีการจาก เอกภพ (2555) ทำการย่อยที่อุณหภูมิ 37°C และแปรระยะเวลาการย่อยเป็น 4 ระดับ คือ 0, 5, 30, และ 60 นาที หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ในน้ำเดือด 5 นาที ติดตามการย่อยด้วยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Dinitrosalicylic Acid (DNS) (Gusakov และคณะ, 2011) เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดกาแล็กทูโรนิก ทดสอบการส่งเสริมการเจริญเติบโตของโปรไบโอติกโดยการเลี้ยงเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ในอาหาร MRS Broth ที่แปรปริมาณเพกตินเป็น 7 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 3 บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ร้อยละการสนับสนุนการเจริญเติบโต (Phothichitto และคณะ, 2006)

การหาปริมาณเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวในซอร์เบทโปรไบโอติกที่เหมาะสม

เตรียมซอร์เบทโปรไบโอติกมิกซ์ โดยมีส่วนผสมดังนี้ น้ำเวย์พาสเจอร์ไรซ์ร้อยละ 41.8 น้ำตาล ร้อยละ 8.25 ผงกลูโคส ร้อยละ 2.20 โยเกิร์ต 2.75 และปรับสัดส่วนให้ครบร้อยด้วยเนื้อเสาวรสแช่แข็งแยกเมล็ดบางส่วน แปรปริมาณเพกตินเป็น 4 ระดับ คือร้อยละ 0, 0.3, 0.6 และ 0.9 ของส่วนผสมในไอศกรีมมิกซ์ ทำการผลิตซอร์เบทโปรไบโอติก (สุภณิดา และ พิมพรรณ, 2559) และติดตามคุณภาพด้านอัตราการละลาย ร้อยละการขึ้นฟู และร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก (AOAC, 2000) เพื่อหาร้อยละของเพกตินที่เหมาะสมและนำสูตรที่คัดเลือกมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยคะแนนความชอบแบบ 9 Points Hedonic Scale ด้านสีเหลือง, กลิ่น, รสหวาน, ความเรียบเนียน, การละลายในปาก และความชอบโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

ลักษณะทางกายภาพและเคมีของเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียว

เพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวที่ผลิตได้มีลักษณะผงสีขาวเหลือง (L*71.97±0.32,a* 4.63±0.55 และb*23.83±0.55) และมีปริมาณกรดกาแล็กทูโรนิกร้อยละ 81.23±9.85 ซึ่งใกล้เคียงกับเพกตินที่สกัดจากเปลือกตาลดิบ (ร้อยละ 83.36±0.44) แต่มีความบริสุทธิ์ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเพกตินทางการค้าซึ่งมีร้อยละ 96.87 (สุนันท์, 2557)

สมบัติทางชีวภาพของเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียว

เพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวมีค่าร้อยละการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{•+}$ เท่ากับ 27.39 ที่ความเข้มข้นสารละลาย 7.5 mg/ml ซึ่งค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเพกติน (ความเข้มข้น 3.5 mg/ml) ที่สกัดจากแอปเปิ้ลและเปลือกส้มด้วยวิธีที่แตกต่างกันมีร้อยละการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{•+}$ ประมาณร้อยละ 84–98 (Wang et al., 2014) ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไม่เพียงขึ้นกับแหล่งของเพกตินแต่ยังรวมถึงวิธีการสกัดด้วย ดังนั้นหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวควรต้องศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสมต่อไป

การทดสอบสมบัติการเป็นพรีไบโอติกพิจารณาจากสมบัติต้านการย่อยเอนไซม์ที่จำลองสภาวะภายนอกกายแสดงผลดัง Table 1 ชี้ให้เห็นว่าเพกตินไม่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเปปซิน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการย่อยเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายเพกตินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดลองและที่มี

การหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ ณ อุณหภูมิ 100°C ภายใต้สภาวะที่สารละลายเพกตินมี pH 7 และ pH 2 (สารละลายย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์เปปซินตามลำดับ) อาจส่งผลให้เกิดการย่อยเพกติน (Garna และคณะ, 2006)

Table 1 Reducing sugar content of okra pectin after digestion with enzyme alpha-amylase and pepsin[a].

Digested enzyme	Reducing sugar content (g/g) at various digestion time (min)			
	0	5	30	60
alpha-Amylase	0.20^{b}± 0.02	0.33^{ab}± 0.06	0.25^{b}± 0.06	0.53^{a}± 0.20
Pepsin	5.10^{d}± 0.17	27.63^{c}± 2.52	33.72^{b}± 1.65	44.18^{a}± 0.78

[a] Data are expressed as means ± standard deviation (n = 3); mean values within rows with different superscript letters are significantly different (p≤0.05).

เมื่อพิจารณาสมบัติการส่งเสริมเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก (*Lactobacillus casei* TIRTR 1463, Table 2) พบว่าร้อยละของเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวในอาหาร MRS Broth ไม่มีผลต่อร้อยละการส่งเสริมเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังนั้นจากการทดสอบทั้งสมบัติการต้านการย่อยและการส่งเสริมเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกจึงกล่าวได้ว่าเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวไม่มีสมบัติการเป็นสารพรีไบโอติก

Table 2 Effect of pectin on promotion of *Lactobacillus casei* TISTR 1463.

	Pectin (%)							
	0.0	0.1	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
Promotion (%)[ns]	0.00	-6.97	-19.13	8.10	-6.33	-5.17	23.57	5.83
	±0.00	±14.04	±5.86	±21.55	±14.88	±13.11	±63.67	±67.13

[ns] Data are expressed as means ± standard deviation (n = 3); mean values within row with different superscript letters are significantly different(p≤0.05).

การหาปริมาณเพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวในซอร์เบทโปรไบโอติกที่เหมาะสม

ผลของแปรปริมาณเพกตินในซอร์เบทมิกซ์พบว่าเพกตินมีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกภายหลังการปั่นซอร์เบท (Table 3) โดยการเติมเพกตินร้อยละ 0.3 และ 0.6 มีร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกมากกว่าสูตรควบคุม ทั้งนี้เป็นเพราะเพกตินซึ่งเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์สามารถไปห่อหุ้มเซลล์และปกป้องเซลล์ในสภาวะแช่แข็งไอศกรีมได้ (ฮาเสี๊ยะ, 2556) แต่ในซอร์เบทที่มีการเติมเพกตินร้อยละ 0.9 ร้อยละการรอดชีวิตไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอาจเนื่องมาจากการเติมเพกตินในปริมาณที่สูงทำให้น้ำอิสระ (Free Water) ลดลงเนื่องมาจากเปลี่ยนไปเป็นน้ำเกาะติด (Bound Water) ที่จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้ได้ จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ลดลง

Table 3 Effect of Pectin on lactic acid survival rate (%) meltdown rate (g/min) and overrun (%) of probiotic sorbet[a].

Pectin (%)	Lactic acid survival rate (%)	Meltdown rate (g/min)	Overrun (%)
0.0	13.44^{b} ± 2.52	0.26^{a} ± 0.02	19.87^{d} ± 0.95
0.3	22.95^{a} ± 2.29	0.21^{a} ± 0.02	36.23^{c} ± 3.15
0.6	18.27^{a} ± 3.32	0.16^{b} ± 0.00	43.85^{b} ± 0.58
0.9	10.78^{b} ± 1.75	0.05^{c} ± 0.01	54.47^{a} ± 0.72

[a] Data are expressed as means ± standard deviation (n = 3); mean values within columns with different superscript letters are significantly different (p≤0.05).

การใช้เพกตินร้อยละ 0.6 และ 0.9 ในซอร์เบทโปรไบโอติก มีผลให้อัตราการละลายน้อยกว่าสูตรควบคุม (p≤0.05) ทั้งนี้เนื่องจากเพกตินซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ที่มีโครงสร้างเป็นตาข่ายสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำในสภาพที่แน่นหนากว่าเกิดเป็นน้ำเกาะติดซึ่งเป็นน้ำชนิดที่ละลายได้ช้ากว่าน้ำอิสระ (ปิยนุชย์ และพัชรี, 2554) และเมื่อพิจารณาผลของเพกตินต่อการขึ้นฟูของซอร์เบทโปรไบโอติกพบว่าการเพิ่มเพกตินทำให้ร้อยละการขึ้นฟูเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) ดังนั้นร้อยละการใช้เพกตินในซอร์เบทโปรไบโอติกที่เหมาะสมคือร้อยละ 0.3 เนื่องด้วยสามารถเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกและอัตราการขึ้นฟูแต่มีอัตราการหลอมซึ่งไม่ต่างจากสูตรควบคุมและผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนน

ความชอบรวมซอร์เบทโปรไบโอติกในระดับ 7.78±1.07 (ชอบปานกลาง-ชอบมาก) ให้คะแนนความชอบด้านสีเหลืองในระดับ 7.53±1.04 (ชอบปานกลาง-ชอบมาก) ให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นในระดับ 7.83±0.68 (ชอบปานกลาง-ชอบมากที่สุด) ให้คะแนนความชอบด้านรสหวานในระดับ6.80±1.14(ชอบเล็กน้อย-ชอบมาก) ความเรียบเนียน6.80±1.29(ชอบเล็กน้อย-ชอบมาก) และคะแนนความชอบด้านการละลายในปากในระดับ7.58±1.22(ชอบปานกลาง-ชอบมาก)ซอร์เบทโปรไบโอติกที่ผลิตได้นั้นมีปริมาณแบคทีเรียแลคติก $1.16\times10^{6}\pm0.57\times10^{6}$ CFU/g ซึ่งสามารถกล่าวอ้างได้ว่าเป็นอาหารที่เป็นแหล่งของโปรไบโอติ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2554) แต่ทั้งนี้ยังคงต้องทดสอบการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป อีกทั้งคุณลักษณะซอร์เบทโปรไบโอติกที่ควรจะปรับปรุงต่อไปคือคุณลักษณะด้านรสหวานและด้านความเรียบเนียนซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนความชอบน้อยที่สุด

สรุปผล

เพกตินจากกระเจี๊ยบเขียวมีสมบัติออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet+}$ ร้อยละ 27.39 (สารละลายเพกติน 7.5 mg/ml) แต่ไม่มีสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก การนำเพกตินนี้ไปใช้ในซอร์เบทโปรไบโอติกในระดับร้อยละ 0.3 (ของซอร์เบทมิกซ์) ช่วยเพิ่มร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกภายหลังกระบวนการปั่นและเพิ่มร้อยละการขึ้นฟูของซอร์เบทโปรไบโอติก อีกทั้งซอร์เบทโปรไบโอติกนี้สามารถกล่าวอ้างได้ว่าเป็นอาหารที่เป็นแหล่งของโปรไบโอติกเนื่องด้วยมีปริมาณแบคทีเรียแลคติก 1.16×10^{6} CFU/g และมีผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสคะแนนความชอบ (9-Point Hedonic Scale) ด้านสีเหลือง กลิ่น รสหวาน ความเรียบเนียน การละลายในปาก และความชอบรวม เท่ากับ 7.53, 7.83, 6.80, 6.80, 7.58, 7.78 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ญาธิปกร ธีระภัทรพลชัย, 2556, ผลของค่าการเป็นกรด-ด่าง และการเก็บรักษาในซองแผ่นอลูเนียมต่อคุณสมบัติของเมือกกระเจี๊ยบเขียว, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี.

ปิยะนุชร์ น้อยด้วง และ พัชรี โพธิ์ชัย, 2554, การใช้ผงเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมใบย่านาง. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร 6 (1): 35-43.

สุนันท์ วิทิตสิริ, 2557, การเปรียบเทียบปริมาณเพกทินจากซังขนุนหนังจาปากรอบโดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง, วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 9 (2): 95-112.

สุภณิดา พัฒธร และ พิมพรรณ เทียนพูล, 2559, ผลของแก่นตะวันต่อแบคทีเรียแลคติกในซอร์เบทโปรไบโอติก, วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 11 (2): 59-71.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2555, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกในอาหารและประกาศกระทรวงสาธารณสุข.

องอาจ เด็ดดวง, 2553, การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน, สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เอกภพ สินงาม, 2555, การศึกษาคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากแก่นตะวัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ฮาเสี๊ยะ อะยามา, 2557, ศึกษาการคัดเลือกและการห่อหุ้มแบคทีเรียโปรไบโอติกเพื่อใช้ในการผลิตไอศกรีมเสริมโปรไบโอติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

A.O.A.C., 2000, International Official Methods of Analysis, The association of analytical chemists, Inc. USA.

Grana, H., N. Mabon, K. Nott, B. Wathelet and M. Paquot, 2006, Kinetic of the hydrolysis of pectin galacturonic acid chains and quantification by ionic chromatography, Food Chemistry, 96: 477–484.

Goff D. H., R.W. Hartel. (2013). Ice cream (7th ed.). New York: Springer US

Gusakov, V. A., E. G. Kondratyeva and A. P. Sinitsyn, 2011, Comparison of two methods for assaying reducing sugars in the determination of carbohydrase activities, International Journal of Analytical Chemistry, 2011: 1-4.

Hutkins, R. W., J. A. Krumbeck, L. B. Bindels, P. D. Cani, G. F. Jr, Y. J. Goh, B. Hamaker, E. C. Martens, D. A. Mills, R. A. Rastal, E. Vaughan and M. E. Sanders, 2016, Prebiotics: Why definitions matter, Current Opinion in Biotechnology, 37: 1–7.

Phothichitto, K., S Nitisinprasert and S. Keawsompong, 2006, Isolation, screening and identification of mannanase producing microorganisms, Kasetsart Journal, 40: 26- 38.

Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans, 1999, Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, Free Radical Biology and Medicine, 26(9-10): 1231-1237.

Rungana, S., 1977, Analysis of Fruit and Vegetable Products, Tata Mc.Graw-Hill Pulblishing Company Limited, New Delhi.

Wang, X., Q. Chen and X. L. Lü, 2014, Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water, Food Hydrocolloid, 38: 29-137.

Yuennan, P., T. Sajjaanantakul and H. D. Goff, 2014, Effect of okra cell wall and polysaccharide on physical properties and stability of ice cream, Journal Food Science, 79: 8.

การทดสอบผลผลิตมันสำปะหลัง พันธุ์เคยู-สกลนคร ในสภาพพื้นที่แปลงเกษตรกร
Testing Cassava Yield 'KU-SAKONNAKHON' in the Condition of the Farmers Area

สกล ฉายศรี[1] ชัยรัตน์ คำหา[2] ทัศนีย์ จันภูถิ่น[2] รัชชานนท์ ผงทอง[2] ทัศนีย์ ไตรยนาม[2] อำพล เหล่ามาลา[3]
วีระพงษ์ เหล่าลาภะ[3] พชรดา ฉายศรี[1] โอภาษ บุญเส็ง[4] และ เอ็จ สโรบล[5]
Chaisri, S.[1], Kamha, C.[2], Chanphuthin, T.[2], Pongtong, R.[2], Traiyanam, T.[2] Laomala, U.[3], Laolapha, W.[3],
Chaisri, P.[1], Boonseng, O.[4] and Sarobol, A.[5]

Abstract*

The objective of this experiment was to investigate and testing yield of hybrid cassava "KU-SAKONNAKON" tested and selected from the Cassava research and development based on farmer environment. The yield was compared with the 3 recommended varieties by Kasetsart University; namely 'Kasetsart 50', 'Huay Bong 60', and 'Huay Bong 80'. The 23 experiments of experiment designed as Randomized Complete Block (RCB) design with 3 replications located at the famers' fields of Nakhon-Ratchasima, Buri-Ram, Udon-Thani, Kala Sin, Khon-Kaen, Sakon-Nakhon, Lop-Buri, Phetchabun and Nakhon-Sawan province, from 2012 to 2017. Results showed that 'KU-SAKONNKON' produced an average fresh root yield and starch yield which is the highest as compared to the three varieties tested. For the starch content in fresh root, plant height, number of root per plant and harvest index, no difference, were observed.

Keywords: Cassava Varieties KU-SAKONNAKON, breeding, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษา และทดสอบผลผลิตมันสำปะหลังลูกผสม "พันธุ์เคยู-สกลนคร" ที่ผ่านการทดสอบและคัดเลือก จากโครงการวิจัย และพัฒนามันสำปะหลังเฉพาะเขตสภาพแวดล้อม เปรียบเทียบกับพันธุ์แนะนำของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ห้วยบง 80 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Designs (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 23 การทดลอง ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ อุดรธานี กาฬสิน ขอนแก่น สกลนคร ลพบุรี เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ระหว่างปี 2555-2560 ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลัง พันธุ์เคยู-สกลนคร ให้ผลผลิตหัวสด และ ผลผลิตแป้งสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ร่วมทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ สำหรับปริมาณแป้งในหัวสด, ความสูงต้น, จำนวนหัวต่อต้น และดัชนีการเก็บเกี่ยว พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ: มันสำปะหลังพันธุ์เคยู–สกลนคร ปรับปรุงพันธุ์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร

คำนำ

ปัจจุบันมันสำปะหลังที่ใช้ภายในประเทศมีปริมาณความต้องการมาก และมีแนวโน้มจะสูงขึ้น สังเกตได้จากในแต่ละปีจะมีการนำเข้าหัวมันสำปะหลัง และมันเส้น จากประเทศเพื่อนบ้านเข้ามาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมันสำปะหลังนอกจากจะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ แปรรูปเป็นแป้งเพื่อบริโภค และอุตสาหกรรมแล้ว ยังใช้ในอุตสาหกรรมพลังงาน เพื่อแปรรูปเป็นเอทานอลอีกด้วย

[1] สถานีวิจัยลพบุรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพ ฯ 10900
[1] Lop-Buri Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900,Thailand
[2] กองบริหารการวิจัย และบริการวิชาการ สำนักงานวิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
[2] Division of Research Administration and Academic Service office of Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus
[3] เกษตรกร
[3] Cassava Famer
[4] ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์
[4] Rayong Field Crops Research Center Department of Agriculture
[5] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
[5] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bang khen

ในฤดูกาลผลิตปี 2559/2560 ประเทศไทยใช้พื้นที่ผลิตมันสำปะหลัง 9.06 ล้านไร่ สามารถผลิตได้ 31.16 ล้านตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 3.44 ตันต่อไร่ (http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=23597&filename=news)

การปลูก และผลิตมันสำปะหลังเริ่มประสบปัญหาเพิ่มขึ้น เห็นได้จากพบการระบาดของแมลงศัตรูพืช เพลี้ยแป้ง เพลี้ยไฟ ไรแดง และไส้เดือนฝอย รวมทั้งปัญหาหัวเน่าของมันสำปะหลัง และเริ่มมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นกว่าอดีตที่ผ่านมา ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นจากสภาวะภูมิอากาศของโลกที่เปลี่ยนแปลง และฝนที่ตกได้ทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานาน ประกอบกับเกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติ (สกล และคณะ 2558 และ ชัยรัตน์ และคณะ 2558 และ 2559)

การผลิตมันสำปะหลัง จะได้ผลผลิตสูงหรือต่ำ คุณภาพของผลผลิตดีหรือไม่อย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสภาพแวดล้อมที่ปลูก รวมทั้งการปฏิบัติดูแลรักษาระหว่างปลูก การใช้พันธุ์ดีถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย และสะดวกที่สุดสำหรับเกษตรกร ในการเพิ่มผลผลิต หรือปรับปรุงคุณภาพของมันสำปะหลัง ซึ่งสะดวกกว่าการเปลี่ยนวิธีการเขตกรรมหรือวิธีการปฏิบัติต่อมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตาม หากมีการใช้พันธุ์ดีร่วมกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผลผลิตที่ได้ก็จะสูงขึ้น (สกล และคณะ 2558 และ 2559)

สำหรับพันธุ์จะประเมินลักษณะการแสดงออกของสายพันธุ์ที่ดีเด่น เพื่อดูปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์แตกต่างกันไป (สกล และคณะ 2551, 2558 และ 2559) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษา และทดสอบผลผลิตมันสำปะหลังลูกผสม "พันธุ์เคยู-สกลนคร"ที่ปลูกในสภาพพื้นที่แปลงเกษตรกร

อุปกรณ์ และวิธีการ

ปลูกมันสำปะหลัง พันธุ์เคยู–สกลนคร จากโครงการวิจัย และพัฒนามันสำปะหลังเฉพาะเขตสภาพแวดล้อม ร่วมกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 ในต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวผลผลิต เดือนเมษายน ของทุกปีระหว่าง ปี 2555-2560 ประกอบด้วย 23 การทดลอง ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ อุดรธานี กาฬสินธุ์ ขอนแก่น สกลนคร ลพบุรี เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Designs (RCBD) มีวิธีการปฏิบัติดังนี้ เตรียมพื้นที่ปลูกโดยไถผาล 3 แล้วตากดินไว้ประมาณ 10-15 วัน หว่านปุ๋ยมูลไก่แกลบ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ไถผาล 7 เพื่อกลบปุ๋ย และเตรียมดินให้ละเอียดยกร่องสำหรับปลูกมันสำปะหลัง โดยยกร่องห่างกัน 1.2 เมตร ตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ทั้ง 4 พันธุ์ ยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร ปลูกโดยวิธีปักตรงบนสันร่อง ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น และระหว่างแถว 0.9 x 1.2 เมตร ฉีดสารเคมีควบคุมวัช และกำจัดพืชหลังปลูก เมื่ออายุ 45วัน ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-7-18 อัตรา 25 กิโลกรัม ต่อไร่ โดยวิธีฝังกลบ กำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม และเก็บข้อมูล ดังต่อไปนี้ ลักษณะทางเกษตรได้แก่ ผลผลิตหัวมันสด (กิโลกรัมต่อไร่), ผลผลิตแป้ง (กิโลกรัมต่อไร่), เปอร์เซ็นต์แป้ง (วัดโดยใช้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง แบบ Raiman Scale), ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร), จำนวนหัวต่อต้น, ดัชนีการเก็บเกี่ยว และข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ที่อายุเก็บเกี่ยว (ประมาณ 12 เดือน)

ผลการทดลอง

ผลผลิตหัวสด

มันสำปะหลัง พันธุ์เคยู–สกลนคร ให้น้ำหนักผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 6.5 ตันต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ร่วมทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง 60, เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 80 (5.6, 5.6 และ 5.4 ตันต่อไร่) ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

ผลผลิตแป้ง

มันสำปะหลัง พันธุ์เคยู–สกลนคร ให้น้ำหนักผลผลิตแป้งเฉลี่ย 1.8 ตันต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ร่วมทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง 60, เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 80 (1.6, 1.6 และ 1.5 ตันต่อไร่) ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

ปริมาณแป้งในหัวสด

ปริมาณแป้งในหัวสดของมันสำปะหลัง ทั้ง 4 พันธุ์ ที่นำมาปลูกทดสอบให้ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยสูงสุด 28.6 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์ห้วยบง 60, พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์เคยู–สกลนคร (28.2, 28.0 และ 28.0 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (Table 1)

ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยว

ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง ทั้ง 4 พันธุ์ ที่นำมาปลูกทดสอบให้ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยวเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยวเฉลี่สูงสุด 240.2 เซนติเมตร สูงกว่าพันธุ์ เคยู–สกลนคร, พันธุ์ ห้วยบง 80 และพันธุ์ ห้วยบง 60 (236.5, 234.4 และ 232.0 เซนติเมตร) ตามลำดับ (Table 1)

จำนวนหัวต่อต้น

จำนวนหัวต่อต้นของมันสำปะหลัง ทั้ง 4 พันธุ์ ที่นำมาปลูกทดสอบให้จำนวนหัวต่อต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน มันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 80 ให้จำนวนหัวต่อต้นเฉลี่ยสูงสุด 10.8 หัว สูงกว่า พันธุ์เคยู–สกลนคร, พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 ทางสถิติ (10.4, 10.4 และ 10.2 หัว) ตามลำดับ (Table 1)

ดัชนีการเก็บเกี่ยว

ดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง ทั้ง 4 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 60 ให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยสูงสุด 0.56 สูงกว่า พันธุ์เคยู–สกลนคร, พันธุ์ห้วยบง 80 และเกษตรศาสตร์ 50 (0.54, 0.54 และ0.52) ตามลำดับ (Table 1)

วิจารณ์ผล *

มันสำปะหลัง พันธุ์เคยู-สกลนคร สามารถปลูก และปรับตัวได้ดีในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 9 จังหวัดซึ่งเป็นตัวแทนโดยพื้นที่เพาะปลูกในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ อุดรธานี กาฬสิน ขอนแก่น และสกลนคร ที่เป็นดินขาดความอุดมสมบูรณ์ หรือมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินร่วนปนทราย ดินทราย และดินร่วนปนลูกรัง มันสำปะหลัง พันธุ์เคยู–สกลนคร สามารถให้ผลผลิตหัวสด และมีปริมาณแป้งในหัวมันสดสูง ทำให้เป็นที่ต้องการของโรงแป้ง และลานมันสำปะหลัง อีกทั้งเป็นพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว สามารถคลุมวัชพืช และรักษาความชื้นในดินได้ดี ช่วยลดต้นทุนการผลิตประหยัดค่าใช้จ่าย และแรงงานโดยเฉพาะเรื่องการควบคุมกำจัดวัชพืช จึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ดังนั้น การพิจารณา และคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับปลูก ควรต้องพิจารณาถึงผลผลิตหัวมันสด ปริมาณแป้งในหัวมันสด และความเหมาะสมของพันธุ์ที่จะปลูกในแต่ละสภาพพื้นที่ มาประกอบเพื่อพิจารณาก่อนตัดสินใจที่จะเลือกพันธุ์มันสำปะหลังมาปลูก

สรุปผล

มันสำปะหลัง พันธุ์เคยู-สกลนคร เป็นมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ ที่ให้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยสูง สามารถปลูก และปรับตัวได้ดีในทุกสภาพพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง โดยเฉพาะพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ หรือมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินร่วนทราย ดินออกทราย และดินร่วนปนลูกรัง เป็นที่ต้องการของเกษตรกร / กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งธุรกิจ และอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. โอภาษ บุญเส็ง ผู้เชี่ยวชาญ ด้านมันสำปะหลัง ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง

เอกสารอ้างอิง

ชัยรัตน์ คำหา, ทัศนีย์ จันภูถิ่น, รัชชานนท์ ผงทอง, ทัศนีย์ ไตรยนาม, กิ่งกานท์ พานิชนอกและ สกล ฉายศรี. 2558, การทดสอบผลผลิต และคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าในพื้นที่จังหวัดสกลนคร *ใน* เรื่องเต็ม การประชุมวิชาการเกษตรแฟร์นนทรีอีสาน ครั้งที่ 3 วันที่ 9-12 ธันวาคม 2558. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

ชัยรัตน์ คำหา, ทัศนีย์ จันภูถิ่น, รัชชานนท์ ผงทอง, ทัศนีย์ ไตรยนาม, อำพล เหล่ามาลา, วีระพงษ์ เหล่าลาภะ และสกล ฉายศรี. 2559, มันสำปะหลัง "พันธุ์เคยู – สกลนคร" *ใน* เรื่องเต็ม การประชุมวิชาการเกษตรแฟร์นนทรีอีสาน ครั้งที่ 4 วันที่ 27 พฤศจิกายน 2559. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

สกล ฉายศรี, โอภาษ บุญเส็ง, พชรดา ฉายศรี, ประภาส ช่างเหล็ก, กิ่งกานท์ พานิชนอก, สุปราณี งามประสิทธิ์, นิตยา ดนตรี และ นิกร ตูมสันเทียะ, 2551, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังสำหรับจัดทำฐานข้อมูลด้านการปรับปรุงพันธุ์ โครงการวิจัยสถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2550–2551, กรุงเทพฯ 96 หน้า

สกล ฉายศรี, พชรดา ฉายศรี, ประภาส ช่างเหล็ก, กิ่งกานท์ พานิชนอก, สุปราณี งามประสิทธิ์, โอภาษ บุญเส็ง และเอ็จ สโรบล. 2558, มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ "เกษตรศาสตร์ 75"***ใน*** การประชุมวิชาการวิชาการ และเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพ ฯ

สกล ฉายศรี, พชรดา ฉายศรี, กิ่งกานท์ พานิชนอก, ประภาส ช่างเหล็ก, สรกฤช เฟื่องศรี สาคร เพ่งเล็งดี, โอภาษ บุญเส็ง และ เอ็จ สโรบล. 2559, มันสำปะหลัง "พันธุ์เคยู – โคราช" แป้งสูง ผลผลิตดี ทนต่อสภาวะหัวเน่า ***ใน*** การประชุมวิชาการวิชาการ และเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อน และกึ่งร้อน ครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพ ฯ

http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=23597&filename=news [2/August /2560]

Table 1 Mean yield and some agronomic characters of 4 cassava varieties form 23 experiments, tested at farmer field during years, 2012 - 17.

Varieties	Fresh root yield (ton/rai)	Rel. to Mean[1/]	Starch yield (ton/rai)	Rel. to Mean	Root starch content (%)	Plant height (cm.)	Root per plant (no.)	Harvest index
KU – SAKOLNAKHON	**6.5**[a]	**112**	**1.8**[a]	**112**	**28.0**	**236.5**	**10.4**	**0.52**
Huay-Bong 80	5.4[b]	93	1.5[b]	94	28.6	232.4	10.8	0.54
Huay-Bong 60	5.6[ab]	97	1.6[b]	94	28.2	232.2	10.2	0.56
Kasetsart 50	5.6[ab]	97	1.6[b]	94	28.0	240.4	10.4	0.52
Mean[1/]	5.8	100	1.7	100	28.2	235.4	10.4	0.53
F-test	**		**		ns	ns	ns	ns
CV %	12.8		8.4		9.8	12.8	16.2	14.8
LSD 0.05	0.9		0.2		0.6	10.2	0.6	0.04

Note:
[1/] Average of experiments
** = significant at 1% level, * = significant at 5% level and ns = not significant
In a column, mean followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลอินทรีย์
Influence of Bio Fertilizer on Yield of 'Hom Nil' Black Jasmine Organic Rice

ชินกฤต สุวรรณคีรี[1] สมภพ บุญทิม[2] ทัพไท หน่อสุวรรณ[1] ฐากูร ปัญญาใส[1] สมศักดิ์ จีรัตน์[1] ชินวร พิริยพงศ์พิทักษ์[1] ถิรสิน ใจปะ[3] และนิตยา บุญทิม[4]

Suwanakeree, C. [1], Boontim, S. [2], Norsuwan, T. [1], Punyasai, T.[1], Jeerat, S. [1], Piriyapongpitak, C. [1], Jaipa, T. [3], and Boontim, N. [4]

Abstract *

The objective of this research was to study effect of bio fertilizer on yield of 'Hom Nil' black jasmine organic rice. Randomized complete block design was employed with 3 replications and 4 treatments (Tr). In Tr1 and Tr2, the rice was applied with bio fertilizer from a group of farmer and Green Net Cooperative as per a farmer's suggestion. The rice in Tr3 and Tr4 had bio fertilizer named 'Sang Tat' at 225 and 450kg/rai, respectively and that were applied at the same growth stage (15 days after planting and booting stage). The samples were harvested in 1 m^2 in each replication, with 3 replications per treatment. The analysis included plant fresh weight, plant height, spike number/clump, mix seed weight and filled seed weight. The results were showed not significant difference (P≥0.05) among treatments.

Keywords: bio fertilizer, Hom Nil; black jasmine organic rice, yield

บทคัดย่อ**

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวพันธุ์หอมนิลอินทรีย์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวน 4 ตำรับการทดลองคือ ตำรับที่ 1 หว่านปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร ตำรับที่ 2 หว่านปุ๋ยอินทรีย์ของสหกรณ์กรีนเนท โดยระยะการให้ปุ๋ยทั้ง 2 ตำรับใช้วิธีการของเกษตรกร ตำรับที่ 3 หลังปลูก 15 วัน หว่านปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (สั่งตัด) 225 กก/ไร่ และช่วงข้าวตั้งท้อง 225 กก/ไร่ ตำรับที่ 4 หลังปลูก 15 วัน หว่านปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (สั่งตัด) 450 กก/ไร่ และช่วงข้าวตั้งท้อง 450 กก/ไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตโดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์ น้ำหนักสดรวม ความสูง จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี ซึ่งพบว่าทุกตำรับการทดลองไม่มีผลต่อลักษณะที่ทดสอบทั้งหมด (P≥0.05)

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ข้าวหอมนิลอินทรีย์ ผลผลิต

คำนำ***

ปัจจุบันจะเห็นได้ว่ากลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตและกลุ่มผู้บริโภครวมถึงกลุ่มผู้ประกอบการร้านค้าส่วนใหญ่ได้ให้ความสำคัญในกระบวนการผลิตและการแปรรูปสินค้าเกษตรแบบ "เกษตรอินทรีย์" กันมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการมีส่วนร่วมของชุมชนกับภาครัฐและเอกชน เริ่มจากชุมชนพื้นฐานคือ การมีส่วนร่วมระหว่างวัด โรงเรียน และบ้าน เช่น ชุมชนเกษตรกรผู้ผลิต ชุมชนคนในเมือง ซึ่งได้มีส่วนร่วมกันมากยิ่งขึ้นในการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเลิกใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตทางการเกษตร โดยได้ตระหนักถึงความห่วงใยเรื่องสุขภาพอนามัยทั้งของเกษตรกรผู้ผลิตและผู้บริโภค ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกษตรกรนำมาใช้ในการทดแทนปุ๋ยเคมี ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ มีรากศัพท์มาจากปุ๋ยอินทรีย์ + ชีวภาพ หมายถึง สารธรรมชาติที่ได้จากกระบวนการหมักบ่มวัตถุดิบจากธรรมชาติต่างๆ ทั้งพืชและสัตว์จนสลายตัวสมบูรณ์เป็นฮิวมัส เป็นวิตามิน ฮอร์โมน และสารธรรมชาติต่างๆ ซึ่งเป็นทั้งอาหารของสิ่งมีชีวิตในดิน เป็นตัวเร่งการทำงานของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กๆ ที่อาศัยอยู่ในดินและปลายรากของพืชที่สามารถสร้างธาตุอาหารได้มากกว่า 93 ชนิดให้แก่พืช สำหรับข้าว (*Oryza sativa*) เป็นพืชจำพวกธัญพืชที่สามารถกินเมล็ดได้ ถือเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า

[1] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200 [1] Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200
[2] คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200 [2] Faculty of Medicine, Chiang Mai University 50200
[3] กลุ่มผู้ผลิตพืชเศรษฐกิจอินทรีย์ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ 50190 [3] Phrao District Economic Organic Crop Producer Group, Chiang Mai Province 50190
[4] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200 [4] Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University 50200

ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพวก *Indica* แบ่งออกเป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ในปี 2556 ชินกฤต และคณะ ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้ปุ๋ยสั่งตัดต่อการเจริญเติบโตของข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์ เพื่อพัฒนาเป็นแปลงต้นแบบเกษตรอินทรีย์ในชุมชนเกษตรกรรม โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ หลังปลูกข้าว 15 วันและช่วงระยะข้าวตั้งท้องทำการหว่านปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด ดังนี้คือ ตำรับที่ 1, 2, 3 และ 4 หว่านปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด อัตรา 300, 400, 500 และ 600 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวในเนื้อที่ 1 ตารางเมตร ต่อ 1 ซ้ำ 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับการทดลอง นำมาวิเคราะห์หาค่าความสูง จำนวนหน่อ จำนวนเมล็ดต่อรวง ความยาวรวง น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี ผลการวิจัยพบว่า ค่าความสูง จำนวนหน่อ จำนวนเมล็ดต่อรวง ความยาวรวง น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดรวมและน้ำหนักเมล็ดดีทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) คือ ตำรังที่ 2 ให้ความสูง 115 ซม. รองลงมาคือ ตำรับที่ 1, 4 และ 3 เท่ากับ 113, 104 และ 102 ซม.ตามลำดับ จำนวนหน่อตำรับที่ 4 เท่ากับ 226 หน่อ รองลงมาคือตำรับที่ 2, 3 และตำรับที่ 1 เท่ากับ 225, 218 และ 207 หน่อ ตามลำดับ จำนวนเมล็ดต่อรวงตำรับที่ 1 เท่ากับ 150 เมล็ด รองลงมาคือ ตำรับที่ 2, 3 และ 4 เท่ากับ 140, 132และ 128 เมล็ด ตามลำดับ น้ำหนักฟางตำรับที่ 4 เท่ากับ 1,125 กรัม รองลงมาคือ ตำรับที่ 3, 1 และ 2 เท่ากับ 992, 915 และ 879 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักเมล็ดดีของข้าวตำรับที่ 2 เท่ากับ 648 กรัม รองลงมาคือ ตำรับที่ 1, 3 และ 4 เท่ากับ 584, 566 และ 559 กรัม ตามลำดับ สำหรับความยาวรวงและน้ำหนักเมล็ดรวมตำรับที่ 2 รองลงมาคือ ตำรับที่ 3, 1 และ 4 โดยความยาวรวงของข้าว เท่ากับ 24.75, 24.67, 24.52 และ 24.37 ซม. ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักเมล็ดรวมของข้าว เท่ากับ 680, 623, 619 และ 615 กรัม ตามลำดับ ปุ๋ยสั่งตัดคืออะไร ปุ๋ยเคมีสั่งตัดคือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินหรือกลุ่มชุดดิน โดย ศ.ดร.ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับกรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้นำข้อมูลดิน พืช ปุ๋ย มาเชื่อมโยงกับค่าวิเคราะห์ดินเพื่อใช้ในการให้คำแนะนำการจัดการดิน การใช้ปุ๋ย รวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มาคำนวณในคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมจำลองการปลูกพืชที่สลับซับซ้อน สรุปคือ คำแนะนำปุ๋ยแบบ "สั่งตัด" จะแตกต่างกันในดินแต่ละชนิด เช่นคำแนะนำปุ๋ยข้าวในชุดดินอยุธยาและชุดดินมโนรมย์ไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุโปแตสเซียมที่วิเคราะห์ได้ในดินเท่ากัน อีกกรณีหนึ่งคือ แม้เป็นดินชุดเดียวกัน แต่หากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชได้ไม่เท่ากันการใช้ปุ๋ยก็จะแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ว่ามีความแตกต่างจากแนวคิดเรื่องปุ๋ยสั่งตัดคือ คำแนะนำดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินแต่ละชนิด นอกจากจะพูดถึงเรื่องของการใช้ปุ๋ยเคมีแล้ว สิ่งหนึ่งที่ต้องไม่ลืมก็คือ เรื่องของการใช้อินทรียวัตถุช่วยในการปรับปรุงดิน เกษตรกรควรปรับปรุงดินโดยใช้อินทรียวัตถุต่างๆ เท่าที่หาได้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทางแรกที่ทำได้เลยโดยไม่ต้องซื้อหาคือ การไม่เผาฟาง ซึ่งเป็นทางหนึ่งในการเพิ่มอินทรียวัตถุที่ดีมาก (ที่มา:http://r01.ldd.go.th/aya /ayawb/view.asp? ID=382) และในช่วงเวลาที่ผ่านมาได้มีการใช้ปุ๋ยเคมีสั่งตัดกับการเพิ่มผลผลิตของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ แต่ก็ไม่แพร่หลายมากนัก แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตข้าวอินทรีย์ในชุมชนมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปัจจัยการผลิต และเกษตรกรมักมีปัญหาเกี่ยวกับอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในไร่นาของตนเอง จึงเป็นที่มาของคำว่า “ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด” โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเรื่องนี้เป็นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดในกระบวนการผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลอินทรีย์อย่างมีส่วนร่วมของกลุ่มผู้ผลิตพืชเศรษฐกิจอินทรีย์ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมนิลอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตพืชเศรษฐกิจอินทรีย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

1. ประชุมกลุ่มนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นักวิจัยชุมชน กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตพืชเศรษฐกิจอินทรีย์ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ ทำการคัดเลือกพื้นที่ และคัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการฯ

2. เตรียมแปลงทดลอง ณ พื้นที่ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ สุ่มเก็บตัวอย่างดินในปริมาณ 1 กก. โดยน้ำหนักต่อ 1 ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับตับรับการทดลองที่ 3 และ 4 นำมาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัสและปริมาณธาตุโพแทสเซียม ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยเพื่อนวัตกรรมเครื่องมือวิเคราะห์และไฟฟ้าเคมี ภาควิชาเคมีและศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3. ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพตามผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากข้อที่ 2 (เรียกว่า ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด) ณ หน่วยนวัตกรรมปัจจัยการผลิตพืช ศูนย์วิจัย สาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

4. ปลูกข้าวสายพันธุ์หอมนิลบนแปลงทดลอง ณ พื้นที่เกษตรกรรมของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ
โดยทำการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) มี 4 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเกษตรกรตามวิธีการของเกษตรกร

ตำรับการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของสหกรณ์กรีนเนทตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่สหกรณ์

ตำรับการทดลองที่ 3 หลังปลูกข้าว 15 วัน หรือในช่วงระยะข้าวแตกกอใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (อัตราแนะนำจากผลการวิเคราะห์ดิน) อัตรา 225 กก.ต่อไร่ และในช่วงระยะข้าวตั้งท้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ก๊าซชีวภาพ อัตรา 225 กก.ต่อไร่

ตำรับการทดลองที่ 4 หลังปลูกข้าว 15 วัน หรือในช่วงระยะข้าวแตกกอใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ อัตรา 450 กก.ต่อไร่ และในช่วงระยะข้าวตั้งท้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ อัตรา 450 กก.ต่อไร่

5. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร จำนวน 16 กอต่อ 1 ซ้ำ 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับการทดลอง จดบันทึกข้อมูลน้ำหนักสดรวม ความสูง จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี

6. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และระยะเวลาทำการวิจัย

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Version 8 (Analytical Software, Inc.) ทำการวิจัยวันที่ 1 เดือนตุลาคม 2558 ถึงวันที่ 30 เดือนกันยายน 2559

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย***

ผลการวิจัยพบว่า น้ำหนักสดรวม ค่าความสูง จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดีทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แสดงดังตาราง

Table The effect was different treatments on yield and yield components of ‘Hom Nil’ Black Jasmine Organic Rice

Description	Yield and yield components				
	MFW (gm)	H (cm)	SN/Clump	MSW (gm)	FSW (gm)
T1	1,082.3ab	69.083	16.020	240ab	223.33ab
T2	991.7b	66.213	15.393	200b	190b
T3	1,290.7ab	68.017	16.587	260ab	241.67ab
T4	1,556a	70.373	18.197	343.33a	316.67a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
$LSD_{0.05}$	500.64	4.2398	2.8216	105.84	96.450
C.V.(%)	20.37	3.10	8.53	20.31	19.87

Means in the same column followed by the same letter are not significant difference (*P≥0.05*) by DMRT (Duncan’s New Multiple Range Test), ns = not significantly different, * = significantly different, T = Treatment, MFW = Mix Fresh weight, H = height, SN/Clump = spike number/clump, MSW = mix seed weight, FSW = filled seed weight

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในตำรับการทดลองที่ 4 ให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักเมล็ดดีมากที่สุด 316.67 กรัม (เท่ากับ 506.67 กก.ต่อไร่) แต่ไม่แตกต่างจากตำรับการทดลองที่ 3 ซึ่งใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด อัตราแนะนำ) ให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักเมล็ดดีรองลงมา 241.67 กรัม (เท่ากับ 386.67 กก.ต่อไร่) ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 ให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักเมล็ดดี 223.33 กรัม (เท่ากับ 357.33 กก.ต่อไร่) และ 190 กรัม (เท่ากับ 305.6 กก.ต่อไร่) ตามลำดับ ส่วนตำรับการทดลองที่ 4 ซึ่งใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด เพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าจากอัตราแนะนำ) ได้ผลผลิตเป็นน้ำหนักเมล็ดดีโดยไม่มีแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ 3 แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรสามารถผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลอินทรีย์ได้โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดตามคำแนะคำ แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบจากปัจจัยภายนอกในช่วงทำการทดลองครั้งนี้คือ เรื่อง เกิดปัญหาภัยแล้งขาดแคลนน้ำอย่างหนัก ถึงแม้เกษตรกรจะใช้วิธีการสูบน้ำจากบาดาลก็ตามยังไม่เพียงพอ จึงมีผลต่อผลผลิตของข้าวสายพันธุ์หอมนิลอินทรีย์ที่นำมาทำการศึกษาทดลอง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลทั่วไป

สรุปผลการวิจัย

ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด) ของหน่วยนวัตกรรมปัจจัยการผลิตพืช ศูนย์วิจัย สาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของข้าวสายพันธุ์หอมนิลอินทรีย์ทั้งน้ำหนักสด ความสูง จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดรวมและน้ำหนักเมล็ดดี ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มเกษตรกรและสหกรณ์กรีนเนทให้ผลการตอบสนองรองลงมา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2559 ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

คุณประโยชน์ของข้าวหอมนิล สืบค้นข้อมูลได้จาก http://www.greenshopcafe.com July 29, 2017

ชินกฤต สุวรรณคีรี และคณะ. 2556. ผลของการใช้ปุ๋ยสั่งตัดต่อการเจริญเติบโตของข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์ เพื่อพัฒนาเป็นแปลงต้นแบบเกษตรอินทรีย์ในชุมชนเกษตรกรรม ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปุ๋ยสั่งตัดคืออะไร ปุ๋ยเคมีสั่งตัด การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินหรือกลุ่มชุดดิน โดย ศ.ดร.ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับกรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สืบค้นข้อมูลได้จาก : http://r01.ldd.go.th/aya /ayawb/view.asp? ID=382 July, 29 2017

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ

ลักษณะพิเศษของข้าวเจ้าหอมนิล สืบค้นข้อมูลได้จาก http://www.sininrice.com/insightsub1.html July 29, 2017

ผลของ γ-Polyglutamic Acid ต่อการเจริญและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่
Effect of γ-Polyglutamic Acid on Riceberry Rice Growth and Productivity

กฤตชญา อิสกุล[1] วรณัน คำโสกเชือก[2] นุชนภา โคตะบิน[3] และ อรวรรณ ชุณหชาติ[2,3]
Issakul, K.[1], Kamsokcerk, W.[2], Kotabin, N.[3] and Chunhachart, O.[2,3]

Abstract *

The effect of γ-polyglutamic acid (PGA) produced by *Bacillus subtilis* NT147 on growth, development and productivity of riceberry rice was investigated in laboratory and greenhouse experiments. The results displayed that the addition of PGA tended to increase growth and vigor index of rice seedling. In addition, the application of PGA also tended to enhance total chlorophyll and anthocyanin contents. The results in greenhouse revealed that the addition of PGA at 1,000 mg/kg tended to stimulate rice growth by increasing shoot length, fresh and dry weights, number of panicle, panicle fresh and dry weights and number of seed at 120 days cultivation. For root length and number of tillers, the highest root length and number of tillers were found in the treatment of commercial hormone®, followed by PGA at 1,000 mg/kg.

Keywords: riceberry, γ-polyglutamic acid, rice productivity

บทคัดย่อ *

ผลของ γ-polyglutamic acid (PGA) ที่ผลิตจากเชื้อ *Bacillus subtilis* NT147 ต่อการเจริญเติบโต พัฒนาการและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ตรวจสอบโดยการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ และโรงเรือน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติม PGA มีแนวโน้มเพิ่มการเจริญเติบโต และดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าว นอกจากนี้การเติม PGA ยังมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ และแอนโทไซยานินด้วย ผลการทดลองในโรงเรือนแสดงให้เห็นว่า การเติม PGA 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีแนวโน้มกระตุ้นการเจริญของข้าว โดยเพิ่มความยาวต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้น จำนวนรวงข้าว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรวงข้าว และจำนวนเมล็ดที่ระยะเวลาการปลูก 120 วัน สำหรับความยาวราก และจำนวนการแตกกอ พบสูงสุดในชุดการทดลองที่พ่นฮอร์โมนทางการค้า® ตามด้วยชุดที่เติม PGA 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: ไรซ์เบอร์รี่ แกมม่าพอลิกลูตามิกแอซิด ผลผลิตข้าว

คำนำ

การทำการเกษตรในปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีเพื่อเร่งการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตของพืชเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีในการเกษตรต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ หรือสารเคมีตกค้างในดิน พืช และสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร และประชาชนที่บริโภคพืชผัก ดังนั้นการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยชีวภาพ สารชีวภาพ จุลินทรีย์ที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช หรือพอลิเมอร์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นในการปลูกพืชเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค γ-polyglutamic acid (PGA) เป็นสารพอลิเมอร์ชีวภาพ ผลิตจากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ประกอบด้วย D- และ L-glutamic acid เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ amide มีคุณสมบัติประจุเป็นลบ สามารถดูดจับไอออนที่มีประจุบวก ละลายน้ำได้ สามารถดูดซับน้ำไว้ได้ดี รับประทานได้ และย่อยสลายได้ในธรรมชาติ (Shih และ Van, 2001) PGA ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน มีรายงานว่าการเติม PGA ช่วยเพิ่ม

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000
[1] Department of Environmental Science, School of Energy and Environment, University of Payao, Payao, 56000
[2] โครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา สายวิชาวิทยาศาสตร์ 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
[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวผลิตภัณฑ์ สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[3] Bioproducts Science Program, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

การเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช (Wang และคณะ, 2008; Xu และคณะ, 2013; Kotabin และคณะ, 2017) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของ γ-polyglutamic acid ต่อการเจริญ และผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ และระดับโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ *

ผลิต PGA โดยเลี้ยงเชื้อ *B. subtilis* NT147 ในอาหาร SY medium และนำ PGA มาทำให้แห้งด้วยเครื่อง freeze dryer แล้วเก็บใน desiccator เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป การศึกษาผลของ PGA ต่อการเจริญเติบโตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ในห้องปฏิบัติการ โดยการนำเมล็ดข้าวมาเพาะเลี้ยงในจานเพาะเชื้อที่มีกระดาษเพาะเมล็ดที่เติม PGA ที่ความเข้มข้น 10, 100, 500, 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่เติม L-glutamic acid ที่ความเข้มข้น 10, 100, 500, 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้น้ำเป็นชุดควบคุม นำข้าวไปเพาะเลี้ยงใน growth chamber เป็นเวลา 7 วัน บันทึกผลร้อยละการงอกและการเจริญเติบโตของข้าว คำนวณดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าว ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแอนโทไซยานินในต้นกล้าข้าว สำหรับการศึกษาผลของ PGA ต่อการเจริญเติบโตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ในโรงเรือน ทำโดยนำหน้าดินนามาบรรจุลงในกระถางพลาสติก กระถางละ 5 กิโลกรัม เติมสารละลาย PGA ลงในดินให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน นำเมล็ดข้าวมาเพาะเลี้ยงในกระถางดังกล่าว ใช้น้ำประปาและชุดการทดลองที่ฉีดพ่น hormone ทางการค้า® เป็นชุดควบคุม ในระหว่างที่ปลูกข้าว ทำการเก็บผลการเจริญเติบโตของข้าวทุกๆ 30 วัน สำหรับการเก็บผลครั้งสุดท้าย เก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยเก็บผลจำนวนรวง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรวง และจำนวนเมล็ด

ผลการทดลอง

จากการผลการทดลองใน Table 1 พบว่า PGA ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว แต่ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวที่คำนวณจากน้ำหนักแห้งในชุดการทดลองที่เติม PGA 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มมากกว่าชุดควบคุม สำหรับชุดการทดลองที่เติม L-glutamate พบว่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวลดลง ส่วนผลของ PGA ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพบว่าการเติม PGA ที่ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มเพิ่ม ความยาวต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวในขณะที่ชุดการทดลองที่มีการเติมสารละลาย L-glutamate ส่งผลให้ความยาวรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และ L-glutamate ที่ระดับความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังส่งผลให้น้ำหนักสดของต้นกล้าข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน เมื่อพิจารณาผลของ PGA ต่อปริมาณของคลอโรฟิลล์ในต้นกล้าข้าว พบว่าชุดทดลองที่มีการเติม PGA และ L-glutamate มีแนวโน้มว่าปริมาณของคลอโรฟิลล์สูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การเติม PGA ยังมีแนวโน้มว่าเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินในต้นกล้าข้าว ขณะที่การเติม L-glutamate ที่ความเข้มข้น 500-1,500 มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มว่าลดปริมาณแอนโทไซยานินในต้นกล้าข้าว เมื่อพิจารณาผลการทดลองในโรงเรือน (Figure 1, Table 2) พบว่าที่ระยะการเพาะปลูก 120 วัน ชุดการทดลองที่เติม PGA 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน มีแนวโน้มว่ามีความยาวต้นสูงกว่าชุดการทดลองอื่น เมื่อพิจารณาความยาวราก พบว่าความยาวรากเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ PGA ที่เติมลงไป ส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากและลำต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยชุดการทดลองที่เติม PGA ที่ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน มีแนวโน้มว่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงที่สุด เมื่อพิจารณาการแตกกอ พบว่าชุดการทดลองที่พ่นฮอร์โมนพืชมีแนวโน้มว่ามีการแตกกอสูงกว่าชุดการทดลองอื่น รองลงมาคือชุดการทดลองที่เติม PGA 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน และเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าการเติม PGA มีแนวโน้มว่าจำนวนรวงข้าวต่อต้นสูงกว่าชุดควบคุม สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรวง รวมถึงจำนวนเมล็ดต่อรวง พบว่าชุดการทดลองที่เติม PGA ที่ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน มีแนวโน้มว่ามีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าการเติม PGA มีแนวโน้มว่าเพิ่มดัชนีความแข็งแรง ความยาวลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวไรซ์เบอร์รี่ เป็นที่ทราบกันดีว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช จากโครงสร้างของ PGA พบว่าประกอบด้วย D- และ L-glutamic acid ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นหนึ่งในองค์ประกอบ ดังนั้นการเติม PGA ลงไปในสารละลายที่เพาะเลี้ยงต้นกล้าข้าว จึงเป็นการเติมไนโตรเจนซึ่งพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Kotabin และคณะ (2017) ที่พบว่าเมื่อนำดินหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร พบว่าการเติม PGA ลงไปในดิน ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างรงควัตถุในพืช เช่น คลอโรฟิลล์และแอนโทไซยานิน สอดคล้องกับผลการทดลองของ ธยานี และคณะ (2560) ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ของหญ้ากินนีมอมบาซาเพิ่มขึ้น สำหรับผลการทดลองในโรงเรือน การเติม PGA ที่ระดับความเข้มข้นสูง (1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน)

มีแนวโน้มกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตข้าว สอดคล้องกับผลการทดลองของ Wang และคณะ (2008) ที่รายงานว่าการเติม PGA ที่ผลิตจากเชื้อ *B. subtilis* สายพันธุ์ B6-1 ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของราก และลำต้นของแตงกวาอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Xu และคณะ (2013) ยังรายงานว่า การเติม PGA ลงไปในดินช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวสาลีอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์และขนาดของมวลชีวภาพในดิน และการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ Xu และคณะ (2014) ยังรายงานเพิ่มเติมว่าการเติม PGA ทำให้กิจกรรมเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการเมทาบอลิซึมของไนโตรเจน และการใช้ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

สรุปผลการทดลอง

การเติม PGA มีแนวโน้มเพิ่มดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวไรซ์เบอร์รี่ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ และแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย และการเติม PGA ที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ยังมีแนวโน้มในการช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวในระดับโรงเรือน ดังนั้น PGA จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของปุ๋ยไนโตรเจนชีวภาพสำหรับพืช

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2559

เอกสารอ้างอิง

ธยานี แน่นอน, ฐิติรัตน์ เพ็งสม และนิตยา ผกามาศ, 2560, อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์และผลผลิตของหญ้ากินนีมอมบาซา, แก่นเกษตร, 45 ฉบับพิเศษ 1:1009-1015.

Kotabin, N., Issakul, K., Pawelzik, E., Tahara, Y. and Chunhachart, O., 2017, Alleviation of cadmium toxicity in rice by γ-polyglutamic acid produced by *Bacillus subtilis*, EnvironmentAsia, 10(1):63-72.

Shih, I.L. and Van, Y.T., 2001, The production of poly- (γ-glutamic acid) from microorganisms and its various applications, Bioresour. Technol., 79(3):207-225.

Wang, Q., Chen, S., Zhang, J., Sun, M., Liu, Z. and Yu, Z., 2008, Co-producing lipopeptides and poly-γ-glutamic acid by solid-state fermentation of *Bacillus subtilis* using soybean and sweet potato residues and its biocontrol and fertilizer synergistic effects, Bioresour. Technol., 99(8):3318-3323.

Xu, Z., Wan, C., Xu, X., Feng, X. and Xu, H., 2013, Effect of poly (γ-glutamic acid) on wheat productivity nitrogen use efficiency and soil microbes, J. Soil Sci. Plant Nutr., 13(3):744-755.

Xu, Z., Lei, P., Feng, X., Xu, X., Liang, J., Chi, B. and Xu, H., 2014, Calcium involved in the poly (γ-glutamic acid)-mediated promotion of Chinese cabbage nitrogen metabolism, Plant Physiol. Biochem., 80:144-152.

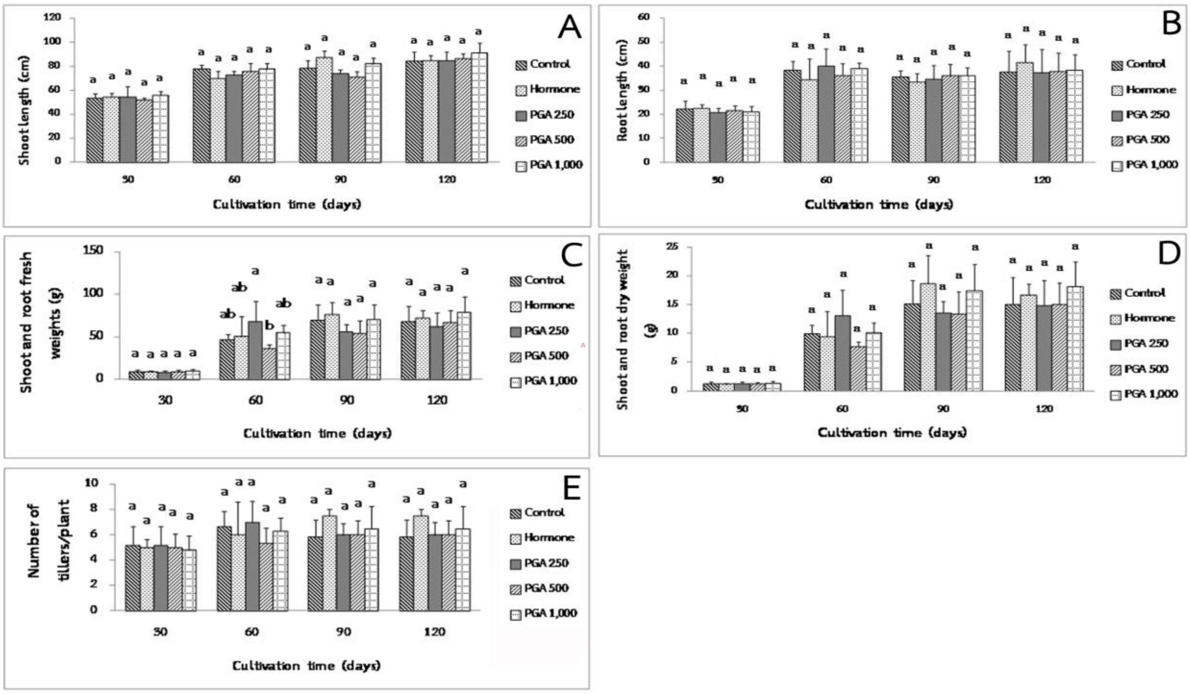


Figure 1 Effect of PGA on growth of riceberry rice in greenhouse

Table 1 Effect of PGA and L-glutamate on germination, vigor index, growth and pigment of riceberry rice seedling

Treatment	Mean ± SD								
	% Germination	Vigor index (length basis)	Vigor index (dry weight basis)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Fresh weigh (g)	Dry weigh (g)	Total chlophyll (µg/g FW)	Anthocyanin (µg/g FW)
Control	96 ± 3 a	614.65 ± 54.03 b	0.36 ± 0.01 a	3.60 ± 0.26 c	2.83 ± 0.29 a	0.0258 ± 0.0011 bc	0.0038 ± 0.0002 a	112.02 ± 14.75 a	19.62 ± 2.55 abc
L-glu 10	96 ± 3 a	613.08 ± 72.44 b	0.37 ± 0.03 a	3.50 ± 0.33 c	2.89 ± 0.27 a	0.0262 ± 0.0009 bc	0.0039 ± 0.0003 a	116.23 ± 21.57 a	22.93 ± 2.01 bc
L-glu 100	97 ± 2 a	597.25 ± 61.12 b	0.39 ± 0.02 a	3.18 ± 0.29 bc	3.00 ± 0.34 a	0.0271 ± 0.0016 c	0.0040 ± 0.0002 a	137.86 ± 24.64 a	20.37 ± 1.10 abc
L-glu 500	99 ± 1 a	546.66 ± 79.44 b	0.41 ± 0.01 a	2.45 ± 0.40 b	3.06 ± 0.41 a	0.0278 ± 0.0009 c	0.0041 ± 0.0001 a	127.50 ± 6.24 a	15.64 ± 1.97 abc
L-glu 1,000	93 ± 4 a	343.84 ±11.53 a	0.33 ± 0.01 a	1.05 ± 0.23 a	2.65 ± 0.20 a	0.0226 ± 0.0015 ab	0.0035 ± 0.0002 a	110.29 ± 1.81 a	19.37 ± 2.59 abc
L-glu 1,500	96 ± 1 a	349.00 ±72.87 a	0.32 ± 0.03 a	0.95 ± 0.33 a	2.72 ± 0.49 a	0.0208 ± 0.0020 a	0.0033 ± 0.0004 a	131.79 ± 15.12 a	15.17 ± 2.66 a
PGA 10	96 ± 1 a	592.42 ± 55.09 a	0.37 ± 0.02 a	3.35 ± 0.10 bc	2.80 ± 0.41 a	0.0287 ± 0.0009 c	0.0039 ± 0.0002 a	126.23 ± 1.15 a	20.79 ± 1.89 abc
PGA 100	97 ± 3 a	601.99 ± 69.83 a	0.37 ± 0.02 a	3.38 ± 0.23 bc	2.85 ± 0.31 a	0.0286 ± 0.0011 c	0.0038 ± 0.0002 a	100.29 ± 9.66 a	24.57 ± 2.60 c
PGA 500	98 ± 1 a	590.07 ± 61.15 a	0.36 ± 0.02 a	3.40 ± 0.28 bc	2.81 ± 0.28 a	0.0271 ± 0.0008 c	0.0037 ± 0.0002 a	113.12 ± 4.92 a	26.99 ± 2.71 c
PGA 1,000	100 ±1 a	581.73 ± 45.47 a	0.39 ± 0.01 a	3.52 ± 0.29 bc	2.82 ± 0.22 a	0.0283 ± 0.0005 c	0.0039 ± 0.0001 a	112.62 ± 22.91 a	22.49 ± 1.76 abc
PGA 1,500	99 ± 1 a	614.16 ± 61.53 **b**	0.40 ± 0.02 a	3.58 ± 0.49 bc	3.01 ± 0.21 a	0.0284 ± 0.0010 c	0.0041 ± 0.0002 a	125.28 ± 6.99 a	23.43 ± 2.48 abc

Table 2 Effect of PGA on riceberry rice productivity in greenhouse

Treatment	Number of panicle /plant	Panicle fresh weight (g)	Panicle dry weight (g)	Number of seed /panicle
Control	10.5 ±2.12 a	1.04 ±0.52 a	0.68 ± 0.37 a	57.19 ± 17.06 ab
Hormone	15.0 ±1.41 a	1.07 ± 0.53 a	0.66 ± 0.40 a	61.07 ± 14.84 ab
PGA 250	10.5 ±2.12 a	1.17 ± 0.52 a	0.73 ± 0.35 a	66.76 ± 14.55 a
PGA 500	12.5 ±6.36 a	1.04 ± 0.55 a	0.67 ± 0.38 a	53.40 ± 14.28 b
PGA 1,000	15.0 ±7.07 a	1.38 ± 0.60 a	0.9 ± 0.43 a	65.07 ± 17.39 ab

ผลของอุณหภูมิและความเร็วรอบสกรูของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่ปราศจากกลูเตน
Effects of Temperature and Screw Speed of Twin Screw Extruder on Physical and Sensorial Properties of Gluten-Free Snack

มณี วัฒนาเพิ่มพูล[1] โมทนา สมเสียง[1] ลลิตา เทวินภิบาลพันธุ์[1] นิพร เดชสุข[1] มณฑิรา นพรัตน์[2] และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1]
Wattanapermpool M.[1], Somsiang M. [1], Tevinpibanphan L[1]., Dejsuk, N. [1], Nopharatana, M. [2] and Vongsawasdi, P. [1]

Abstract

This research aims at investigating formula and production conditions of snack prepared from cassava flour and rice flour. The results showed that increasing proportion of cassava starch resulted in the increment of machine torque. The aforementioned condition had no significant effect when soybean oil was applied (P>0.05). Higher feed rate also produced higher torque. The best snack formula was 73% (w/w) of cassava flour, 18% (w/w) of rice flour with no vegetable oil. Increase of barrel temperature made puffing rate and crispness of sample increased while the hardness decreased. The suitable barrel temperatures for snack production were 95, 125, 135 and 120°C for barrels 4, barrels 5, barrels 6 and die, respectively. Higher screw speed resulted in lowering sample hardness but increasing puffing rate and crispness (P<0.05). Therefore, the suitable speed was 400 rpm. Sensorial score of sample from aforementioned condition was ranged from neither like nor dislike to like slightly.

Keywords: twin screw extruder, gluten-free snack, rice flour, tapioca starch

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสูตรและสภาวะการผลิตขนมขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มสัดส่วนแป้งมันสำปะหลังทำให้เครื่องมีค่าแรงบิดสูงขึ้น ส่วนการเพิ่มสัดส่วนแป้งมันสำปะหลังร่วมกับการใช้น้ำมันถั่วเหลืองไม่มีผลต่อค่าแรงบิด (P>0.05) และการเพิ่มอัตราการป้อนทำให้ค่าแรงบิดสูงขึ้น ซึ่งสูตรที่ดีที่สุดได้แก่สูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง 73% แป้งข้าวเจ้า 18% และไม่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง ผลการศึกษาสภาวะการผลิตพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิบาร์เรลทำให้ตัวอย่างมีอัตราการพองตัวและค่าความกรอบสูงขึ้น แต่มีความความแข็งลดลง ($P \leq 0.05$) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมคือที่ 95, 125, 135 และ 120°C สำหรับบาร์เรลที่ 4, 5, 6 และหน้าแปลนตามลำดับ ส่วนการเพิ่มความเร็วรอบสกรูจะทำให้ตัวอย่างมีความแข็งลดลง แต่มีอัตราการพองตัว และความกรอบสูงขึ้น ($P \leq 0.05$) โดยความเร็วรอบสกรูที่เหมาะสมคือ 400 rpm ตัวอย่างที่ผลิตจากสภาวะข้างต้นได้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย

คำสำคัญ: เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ ขนมขบเคี้ยวที่ปราศจากกลูเตน แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง

คำนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่พบในท้องตลาดมักมีส่วนผสมของแป้งสาลี ทำให้ผู้ที่แพ้กลูเตนไม่สามารถบริโภคได้ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แป้งจากมันสำปะหลังและข้าวเจ้าซึ่งเป็นพืชที่ปราศจากกลูเตน (Celiac disease foundation, 2016) เป็นวัตถุดิบหลัก เนื่องจากพืชทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศ และมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพคือง่ายต่อการย่อย จากการค้นคว้าพบว่าผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปขนมปังและบิสกิต และทำจากวัตถุดิบหลายชนิด (Onyango และคณะ 2011; Aly และคณะ 2015) ทั้งนี้ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ใช้แป้งทั้งสองชนิดร่วมกันและทำเป็นขนมขบเคี้ยว ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อหาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวปราศจากกลูเตนโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์

[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Thoonkru, Bangkok 10140
[2] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ 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

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาหาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวปราศจากกลูเตน

การทดลองนี้ใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ (Chareon tut, Model CTE-D25L32, Thailand) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสัดส่วนของวัตถุดิบ [แป้งมันสำปะหลัง(15.5-73.0%w/w) แป้งข้าวเจ้า (15.5-73.0% w/w) และน้ำมันถั่วเหลือง (0.0-5.0% w/w)] และอัตราการป้อน (30–65 rpm) ที่เหมาะสมโดยคัดเลือกจากค่าแรงบิด (Torque) และลักษณะปรากฏ ขั้นตอนที่ 2 นำผลที่ได้มาศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วรอบสกรู โดยแปรค่าอุณหภูมิบาร์เรลที่ 4 ในช่วง 85-95°C บาร์เรลที่ 5 ในช่วง 115-125°C บาร์เรลที่ 6 ในช่วง 125-135°C และหน้าแปลนในช่วง 110-120°C และแปรค่าความเร็วรอบสกรูที่ 350 และ 400 rpm คัดเลือกสภาวะการผลิตที่ดีที่สุดจากลักษณะทางกายภาพและการประเมินทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

วัดอัตราการพองตัว ตามวิธีของ Alvarez-Martinez และคณะ. (1988) ค่าความหนาแน่น ดัดแปลงจากวิธีของ วลัย (2553) และค่าเนื้อสัมผัส (Stable Micro System, Model TA.XT plus, Thailand) ในเทอมของค่าความแข็งและค่าความกรอบ ดัดแปลงจากวิธีของ Altan และคณะ (2008)

การประเมินทางประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนเป็นนักศึกษาภาคจุลชีววิทยา จำนวน 30 คน ช่วงอายุ 22 – 23 ปี ทำการทดสอบแบบ Scoring ซึ่งกำหนดคะแนนในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ด้านลักษณะปรากฏ (1 = รูปร่างไม่กลม ไม่พอง และ 5 = รูปร่างกลม พองมาก) สี (1 = สีคล้ำมาก และ 5 = สีขาว) เนื้อสัมผัส (1 = แข็ง เหนียวมากและ 5 = กรอบมาก) และประเมินการยอมรับโดยใช้การทดสอบแบบ Hedonic (1 = ไม่ชอบมากที่สุดและ 5 = ชอบมากที่สุด)

การวิเคราะห์สถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's multiple range test ทำการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลศึกษาส่วนผสมและอัตราการป้อนที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวปราศจากกลูเตน

การทดลองครั้งนี้แปรค่าสัดส่วนวัตถุดิบออกเป็น 9 สูตร และนำมาผลิตขนมขบเคี้ยว ซึ่งได้ผลการวัดค่าแรงบิดระหว่างการผลิตของตัวอย่างทั้งหมดดัง Figure 1

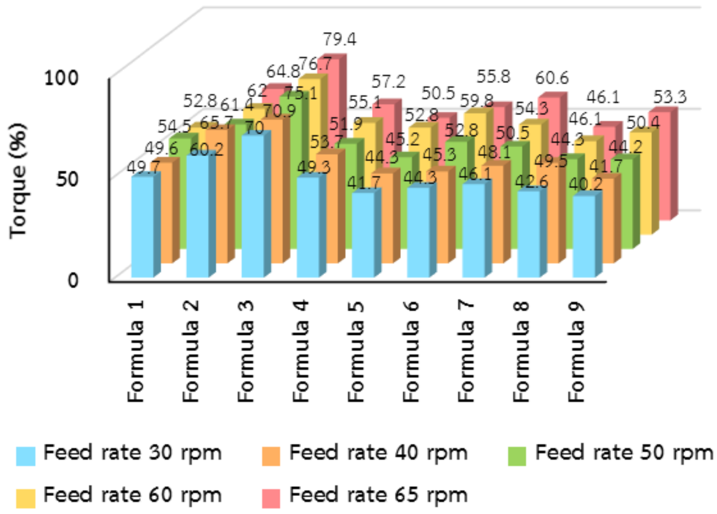


Figure 1 Torques of gluten-free snack at different formulas and feed rates

Formula 1	18.0 %Cassava	73.0 % Rice	0 % oil
Formula 2	45.5 %Cassava	45.5 % Rice	0 % oil
Formula 3	73.0 %Cassava	18.0 % Rice	0 % oil
Formula 4	16.5 %Cassava	71.5 % Rice	3 % oil
Formula 5	44.0 %Cassava	44.0 % Rice	3 % oil
Formula 6	71.5 %Cassava	16.5 % Rice	3 % oil
Formula 7	15.5 %Cassava	70.5 % Rice	5 % oil
Formula 8	43.0 %Cassava	43.0 % Rice	5 % oil
Formula 9	70.5 %Cassava	15.5 % Rice	5 % oil

จาก Figure 1 พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังหรืออีกนัยคือการลดปริมาณแป้งข้าวเจ้าในสูตรที่ 1-3 ทำให้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์มีค่าแรงบิดสูงขึ้น แต่เมื่อเติมน้ำมันถั่วเหลืองลงในสูตรกลับพบว่าแรงบิดมีค่าลดลง โดยการเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังร่วมกับการใช้น้ำมันถั่วเหลืองมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงบิดอย่างไม่มีนัยสำคัญ (สูตรที่ 4-9) (ไม่ได้แสดงผล) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณโปรตีน (0.8%) สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง (0.3%) ซึ่งอนุภาคของโปรตีนในแป้งจะขัดขวางการเกิดเจ

ลาติไนซ์ของแป้งที่อยู่ภายในบาร์เรล (Yurev และคณะ 1995) ทำให้มวลผสมที่ได้มีความหนืดน้อยลง ค่าแรงบิดจึงลดลงด้วย ในขณะที่น้ำมันถั่วเหลืองที่เติมลงไปจะช่วยหล่อลื่นมวลผสมที่อยู่ภายในบาร์เรล ทำให้แรงเสียดทานระหว่างมวลผสมภายในบาร์เรลและสกรูลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มอัตราการป้อนวัตถุดิบจะทำให้ค่าแรงบิดเพิ่มขึ้น (สูตรที่ 1-9) เนื่องจากเป็นการเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างมวลผสมภายในบาร์เรลและสกรู เมื่อนำค่าแรงบิดมาพิจารณาร่วมกับลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสูตรที่มีค่าแรงบิดสูงจะมีลักษณะพอง มีช่องอากาศสม่ำเสมอ (สูตรที่ 3) และการเพิ่มอัตราการป้อนจะทำให้ตัวอย่างมีการพองตัวเพิ่มขึ้น และมีการสุกของแป้งสม่ำเสมอมากขึ้น (รูปที่ 2) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 3 ที่อัตราการป้อน 65 rpm มาศึกษาหาสภาวะการผลิตของเครื่องเอ๊กซ์ทรูเดอร์ต่อไป

Feed rate 30 rpm

Feed rate 40 rpm

Feed rate 45 rpm

Feed rate 60 rpm

Feed rate 65 rpm

Figure 2 Appearance of gluten -free snacks produced from Formula 3 at different feed rates

ผลของอุณหภูมิและความเร็วรอบสกรูในการผลิตขนมขบเคี้ยวปราศจากกลูเตน

จาก Figure 3 พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิบาร์เรลจาก 85/115/125/110°C เป็น 95/125/135/120°C และการเพิ่มความเร็วรอบสกรูจาก 350 rpm เป็น 400 rpm จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอัตราการพองตัวและความกรอบสูงขึ้นแต่มีความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ไม่มีผลต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ ($P > 0.05$) เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิบาร์เรลจะทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปอยู่ในสถานะไอน้ำยิ่งยวด (Superheating) มากขึ้น และสามารถแทรกตัวออกมาได้อย่างรวดเร็วเมื่อผ่านหน้าแปลน ส่วนการเพิ่มความเร็วรอบสกรู เป็นการเพิ่มแรงเฉือนให้ระบบและเพิ่มแรงผลักดันให้วัตถุดิบออกมาหน้าแปลนเร็วขึ้น จึงช่วยให้น้ำในผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนออกมาสู่บรรยากาศได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พองตัว (Ding และคณะ 2006) ส่วนผลการประเมินด้านประสาทสัมผัส (Figure 4) พบว่าตัวอย่างที่ได้จากสภาวะที่ใช้อุณหภูมิบาร์เรลและหน้าแปลน 95/125/135/120°C ความเร็วรอบสกรู 400 rpm ได้รับคะแนนลักษณะปรากฏ ด้านสีและเนื้อสัมผัสสูงสุด คือ 4.17±0.65 และ 4.57±0.50 และ 3.40±0.93 คะแนน ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปร่างกลมพอง มีสีขาวอมเหลืองเล็กน้อย และมีเนื้อสัมผัสกรอบ เมื่อนำมาทดสอบการยอมรับพบว่าได้คะแนนความชอบเท่ากับ 3.57±0.90 คะแนน คืออยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย

สรุปผล

สูตรที่ดีที่สุดในการผลิตขนมขบเคี้ยวปราศจากกลูเตน คือ ที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 73% แป้งข้าวเจ้า 18% และน้ำมัน 0% ที่อัตราการป้อน 65 rpm และสภาวะการผลิตขนมขบเคี้ยวปราศจากกลูเตนที่ดีที่สุด คือที่อุณหภูมิบาร์เรลที่ 4-6 และหน้าแปลน เท่ากับ 95, 125, 135 และ 120 °C ที่ความเร็วรอบสกรู 400 rpm

เอกสารอ้างอิง

วลัย หุตะโกวิท และคณะ. 2553. การพัฒนาอาหารเช้าสำเร็จรูปจากแป้งกล้วยด้วยเทคโนโลยีเอ็กซ์ทรูชัน. [สืบค้น], https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/990/hec_54_16.pdf?sequence=1. 29 มิถุนายน 2560.

Altan, A., McCathy, K..L. and Maskan, M. 2008. Twin-screw extrusion of barley-grape pomace belnds: extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. **Journal of Food Engineering**. Vol.89, pp.24-32.

Alvarez-Martinez, L., Kondury, K. P. and Harper, J. M. 1988. A general model for expansion of extruded products. **Journal of Food Science and Technology**. Vol.53. pp.609-615.

Aly, M.M.A., Seleem, H.A. 2015. Gluten-free flat bread and biscuits production by cassava, extruded soy protein and pumpkin powder. **Food and Nutrition Sciences**. Vol.6. pp.660-374.

Celiac disease foundation, 2018. WHAT CAN I EAT? [Online], Available: https://celiac.org/live-gluten-free/glutenfreediet/food-options/[March 29, 2018]

Ding, Qing-Bo, Ainsworth, P.,Plunkett, A., Tucker, G .and Marson, H. 2006. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks.**Journal of Food Engineering**.Vol 73.pp.143–148.

Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G., Lindhauer, M.G. 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. **LWT - Food Science and Technology**. Vol. 44. pp. 681-686.

Yurev, P.V., Zasy. Epkin, D.V., Aleseev, V.V. and Bogatyryev, A.N. 1995. Expansion ratio of extrudates prepared from potato starch-soybean protein mixtures. **Carbohydrate Polymers.** Vol.26. pp.215-218.

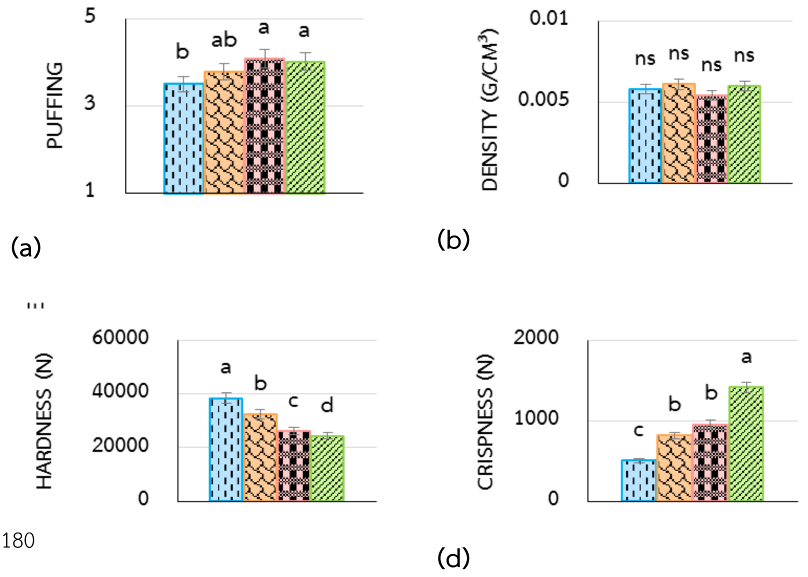


Figure 3 Effect of screw speeds and barrel temperatures on physical properties of gluten-free snacks

(a) Puffing (b) Density

(c) Hardness (d) Crispness

Screw speed 350 rpm temp 85/115/125/110 (°C)

Screw speed 400 rpm temp 85/115/125/110 (°C)

Screw speed 350 rpm temp 95/125/135/120 (°C)

Screw speed 400 rpm temp 95/125/135/120 (°C)

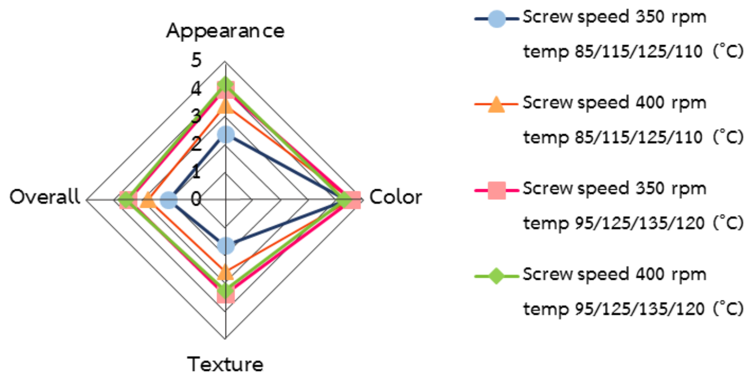


Figure 4 Sensory scores of gluten-free snacks

คุณภาพทางกายภาพระหว่างการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน
Physical Quality during Seed Development and Maturation of Upland Rice cv. Samduen

ธัชวีร์ ขวัญแก้ว[1]
Kwankaew, T.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the change in physical quality during seed development and maturation of upland rice cv. Samduen. The experimen was conducted at Hat Yai, Songkhla province. The panicles at 8, 12, 16, 20, 24, 28 and 32 days after flowering were harvested to investigate seed physical quality. The results showed that seed reached the physiological maturity at 28 days after flowering with maximum dry weight of 22.70 mg/seed, 100 fresh seed weight of 2.98 g and seed thickness of 2.19 mm. However, seeds had high moisture content of 24.66 %. Thus, production of maximum quality seed of upland rice cv. Samduen should be harvested at physiological maturity stage about 28 days after flowering and should be dried to a moisture content less than 8 %.

Keywords: upland rice, seed development and maturation, physiological maturity, seed physical quality

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพระหว่างการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน ทำการทดลองที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เก็บเกี่ยวรวงข้าวที่อายุ 8 12 16 20 24 28 และ 32 วันหลังดอกบาน โดยจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ พบว่า เมล็ดพันธุ์สุกแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน โดยเมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักแห้งสูงสุด 22.70 มิลลิกรัมต่อเมล็ด มีน้ำหนักสด 100 เมล็ดสูงสุด 2.98 กรัม และเมล็ดมีความหนาสูงสุด 2.19 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ยังคงมีความชื้นสูง (24.66 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนให้มีคุณภาพดีที่สุด ควรเก็บเกี่ยวรวงข้าวในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน และลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 8 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ข้าวไร่ การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์

คำนำ

ข้าวไร่ (upland rice : *Oryza sativa* L.) เป็นข้าวที่สามารถปลูกได้โดยไม่ต้องอาศัยสภาพน้ำขัง (เอกสงวน, 2544) ภาคใต้ของประเทศไทยมีพื้นที่ลุ่มที่เหมาะสำหรับปลูกข้าวนาสวนน้อยกว่าภูมิภาคอื่น ๆ ประกอบกับเกษตรกรนิยมปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมัน และไม้ผล ข้าวไร่จึงเป็นพืชอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรในการผลิตข้าวเพื่อบริโภคภายในครัวเรือนหรือจำหน่ายในตลาดท้องถิ่น ซึ่งเป็นการสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกร (Nokkoul และ Wichitparp, 2013) โดยอาจปลูกเป็นพืชหลัก หรือเป็นพืชแซมในสวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน และไม้ผลที่มีอายุไม่เกิน 3 ปี (ร่วมจิตร และคณะ, 2554) ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน เป็นข้าวเจ้าพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดชุมพร เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นเพียง 108 วัน และให้ผลผลิตสูง 1,008 กิโลกรัมต่อไร่ (ร่วมจิตร และคณะ, 2551) อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตข้าวไร่ในภาคใต้คือเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพต่ำ ซึ่งแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาคือการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ในระยะที่เหมาะสมหรือระยะที่เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีที่สุดเรียกว่า ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) เป็นระยะที่เมล็ดมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด มีความงอก ความแข็งแรง และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงสุด (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2530) ซึ่งระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาสามารถตรวจสอบได้จากอายุการพัฒนาของเมล็ด และคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะการสะสมหนักหนักแห้ง และความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (วัลลภ, 2540) ดังนั้นการศึกษาคุณภาพทางกายภาพระหว่างการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการตรวจสอบระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเพื่อกำหนดระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนให้มีคุณภาพดีที่สุด

---

[1] โปแกรมวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
[1] Agricultural Technology Program, Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Muang, Songkhla 90000

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวไร่พันธุ์สามเดือนในแปลงปลูกขนาด 10×20 เมตร โดยหยอดเมล็ดพันธุ์หลุมละ 5 เมล็ด ใช้ระยะปลูก 25×30 เซนติเมตร ถอนแยกต้นกล้าให้เหลือหลุมละ 3 ต้น เมื่อข้าวมีอายุ 14 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 20 35 และ 50 วันหลังปลูก ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดเชื้อราเบนโนมิล และยาฆ่าแมลงคาร์โบซัลแฟน เมื่อข้าวมีอายุ 45 65 และ 85 วันหลังปลูก และให้น้ำโดยใช้สปริงเกอร์ทุกวัน ๆ ละ 1 ครั้ง ตลอดการเพาะปลูก ผูกรวงข้าวที่ดอกเริ่มบานในวันแรกของรวงด้วยไหมสีต่าง ๆ กัน เพื่อกำหนดวันดอกบาน เก็บเกี่ยวรวงข้าวที่อายุ 8 12 16 20 24 28 และ 32 วันหลังดอกบาน จากนั้นนวดเมล็ดพันธุ์ออกจากรวงด้วยมือ นำเมล็ดพันธุ์ไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักสด 100 เมล็ด น้ำหนักแห้ง ความชื้น และขนาดของเมล็ดพันธุ์ทั้งความกว้าง ความยาว และความหนา ทำการทดสอบลักษณะต่าง ๆ จำนวน 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลอง

การนำเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ที่มีอายุการพัฒนาต่างกันมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 8 วันหลังดอกบาน มีน้ำหนักสด 100 เมล็ด 1.96 กรัม (Table 1) และมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น จนสูงสุด 2.98 กรัม ที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน โดยไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 24 วันหลังดอกบาน ที่มีน้ำหนักสด 100 เมล็ด 2.93 กรัม ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 32 วันหลังดอกบาน มีน้ำหนักสด 100 เมล็ดลดลงเหลือ 2.91 กรัม ในด้านน้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 8 วันหลังดอกบาน มีน้ำหนักแห้งเพียง 8.92 มิลลิกรัมต่อเมล็ด จากนั้นเมล็ดพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามอายุการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 8-16 วันหลังดอกบาน จากนั้นเมล็ดพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนเมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักแห้งสูงสุด 22.70 มิลลิกรัมต่อเมล็ด ที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน โดยไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 24 วันหลังดอกบาน ที่มีน้ำหนักแห้ง 21.98 มิลลิกรัมต่อเมล็ด หลังจากนั้นเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 32 วันหลังดอกบาน มีน้ำหนักแห้งลดลงเหลือ 21.29 มิลลิกรัมต่อเมล็ด ส่วนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 8 วันหลังดอกบาน มีความชื้นสูง 53.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความชื้นของเมล็ดพันธุ์มีแนวโน้มลดลงตามอายุการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์มีความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 8-16 วันหลัดอกบาน จากนั้นความชื้นของเมล็ดพันธุ์ค่อย ๆ ลดลง จนเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 24 และ 28 วันหลังดอกบาน มีความชื้นลดลงเหลือ 24.90 และ 24.66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 32 วันหลังดอกบาน มีความชื้นต่ำสุด 16.49 เปอร์เซ็นต์

ส่วนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้านขนาดของเมล็ด พบว่าเมล็ดพันธุ์มีการพัฒนาความกว้างและความยาวไปพร้อม ๆ กัน โดยเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 8-28 วันหลังดอกบาน มีความกว้างและความยาวไม่แตกต่างกันทางสถิติอยู่ในช่วง 2.90-2.93 และ 8.65-8.95 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 2) หลังจากนั้นเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 32 วันหลังดอกบาน มีความกว้างและความยาวลดลงเหลือ 2.79 และ 8.91 มิลลิเมตร ในขณะที่ความหนาของเมล็ด พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่อายุ 8 วันหลังดอกบาน มีความหนาเพียง 1.89 มิลลิเมตร เมล็ดพันธุ์มีการพัฒนาความหนาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 8-16 วันหลังดอกบาน จากนั้นเมล็ดพันธุ์มีความหนาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามอายุการพัฒนาที่สูงขึ้น จนเมล็ดพันธุ์มีความหนาสูงสุด 2.19 มิลลิเมตร ที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน โดยไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 20 และ 24 วันหลังดอกบานที่มีความหนา 2.13 และ 2.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 32 วันหลังดอกบานมีความหนาลดลงเหลือ 2.10 มิลลิเมตร

วิจารณ์ผล

เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนมีการสะสมน้ำหนักแห้ง น้ำหนัก 100 เมล็ด และความหนาของเมล็ดเพิ่มขึ้นตามอายุการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารอาหารที่อยู่ในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช ถูกเคลื่อนย้ายมาสะสมยังเมล็ดที่กำลังพัฒนา (ขวัญจิตร, 2534) เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนมีแนวโน้มให้คุณภาพทางกายภาพสูงสุดที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน โดยเฉพาะการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดที่แสดงถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (วัลลภ, 2540) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับ Kwankwaew *et. al*. (2017) ที่รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอมมีระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน ภายหลังระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนมีน้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักแห้ง และขนาดของเมล็ดลดลง เนื่องจากกระบวนการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมจากต้นแม่มายังเมล็ดหยุดชะงักลง ขณะเดียวกันเมล็ดยังมีการนำอาหารสะสมมาใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด (จวงจันทร์, 2529) ประกอบกับเมล็ดพันธุ์มีความชื้นลดลงจึงส่งผลให้ขนาดของเมล็ดเล็กลงตามไปด้วย ถึงแม้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน มีแนวโน้มให้คุณภาพทางกายภาพสูงสุดและบ่งชี้ถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา แต่เมล็ดพันธุ์

ยังคงมีคุณภาพทางกายภาพใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 24 วันหลังดอกบาน ส่วนความชื้นของเมล็ดมีแนวโน้มลดลงตามอายุการพัฒนาที่ เพิ่มขึ้น จนเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน มีความชื้น 24.66 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ สุเทพ (2538) ที่รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยามีความชื้นอยู่ในระดับ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ยังคงมีความชื้นค่อนข้างสูง หากนำเมล็ดพันธุ์มาเก็บรักษาทำให้คุณภาพลดลงอย่างรวดเร็ว จึงควรนำเมล็ดพันธุ์มาลดความชื้นให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาคใต้ซึ่งเป็นเขตร้อนชื้นได้อย่างปลอดภัย (วัลลภ และขวัญจิตร, 2541)

Table 1 Changes in 100 fresh seeds weight, seed dry weight and seed moisture content during seed development and maturation of upland rice cv. Samduen.

Day after flowering	100 seeds Fresh weight (g)	Seed dry weight (mg/seed)	Seed moisture content (%)
8	1.96 e	8.92 f	53.50 a
12	2.33 d	13.23 e	44.64 b
16	2.61 c	19.40 d	29.86 c
20	2.89 b	21.04 c	26.72 d
24	2.93 ab	21.98 ab	24.90 e
28	2.98 a	22.70 a	24.66 e
32	2.91 b	21.29 bc	16.49 f
F-test	*	*	*
C.V. (%)	1.41	2.95	3.27

* = significant difference $P \leq 0.05$

Within each column, means not followed by the same letter are statistically significant differences as determined by DMRT

Table 2 Changes in seed size during seed development and maturation of upland rice cv. Samduen.

Day after flowering	width (mm)	length (mm)	thickness (mm)
8	2.93 a	8.74	1.89 c
12	2.92 ab	8.82	1.93 c
16	2.90 ab	8.65	2.10 b
20	2.90 ab	8.73	2.13 ab
24	2.90 ab	8.80	2.15 ab
28	2.87 ab	8.95	2.19 a
32	2.79 c	8.91	2.10 b
F-test	*	ns	*
C.V. (%)	1.63	1.70	1.85

ns = not significant difference, * = significant difference $P \leq 0.05$

Within each column, means not followed by the same letter are statistically significant differences as determined by DMRT

สรุปผล

เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนมีการพัฒนาคุณภาพทางกายภาพจนเมล็ดพันธุ์สุกแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน โดยมีแนวโน้มการสะสมน้ำหนักแห้ง น้ำหนัก 100 เมล็ด และความหนาของเมล็ดสูงสุด แสดงให้เห็นว่าเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพดีที่สุด ถึงแม้เมล็ดพันธุ์ยังคงมีความชื้นสูง ซึ่งต้องนำมาลดความชื้นให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ก็สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้อย่างปลอดภัย

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่สนับสนุนการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ร่วมจิตร นกเขา ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่เพื่อใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ขวัญจิตร สันติประชา, 2534, การผลิตเมล็ดพันธุ์พืช, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา, 149 หน้า.

ขวัญจิตร สันติประชา และวัลลภ สันติประชา, 2530, การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาว, วารสารสงขลานครินทร์, 9 : 431-436.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ, 211 หน้า.

ร่วมจิตร นกเขา, ถิรายุทธ์ วิจิตรภาพ และกรองแก้ว พิมพ์ศรี, 2554, ผลของสภาวะแล้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่อินทรีย์, รายงานการประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 8, โรงแรมสุนีย์ แกรนด์ แอน คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี, วันที่ 17-20 พฤษภาคม 2554, หน้า 49-58.

ร่วมจิตร นกเขา, ถิรายุทธ์ วิจิตรภาพ, อภิชาติ ครุฑสุวรรณ, จุฑารัตน์ สุจริตธุรการ และนาราอร สว่างวงศ์, 2551, การอนุรักษ์และการสร้างพันธุ์บริสุทธิ์พันธุ์ข้าวไร่ท้องถิ่นของตาบลหินแก้ว จังหวัดชุมพร, การประชุมวิชาการเครือข่ายการวิจัยของสถาบัน อุดมศึกษาทั่วประเทศ ปี 2551 เทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน, โรงแรมโซฟิเทลราชาออคิด จังหวัดขอนแก่น, วันที่ 17-19 มกราคม 2551, หน้า 1-7.

วัลลภ สันติประชา, 2540, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา, 227 หน้า.

วัลลภ สันติประชา และขวัญจิตร สันติประชา, 2541, รายงานการวิจัยเรื่องเทคนิคการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พืชสำหรับเขตร้อนชื้น, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา, 68 หน้า.

สุเทพ ฤทธิ์แสวง, 2538, การสูญเสียเมล็ดข้าวจากการเก็บเกี่ยวที่อายุและวิธีการแตกต่างกัน,วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 77 หน้า.

Kwankaew, T., Santipracha, Q. 2017, and Santipracha, W., Seed development and maturation on seed Quality of upland rice cv. Dawk Pa-yawm, Walailak Journal of Science and Technology, 14 : 607-614.

Nokkoul, R. and Wichitparp, T., 2013, Quality of upland rice seed produced during the rainy season in southern Thailand, International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 3 : 181-184.

ความแปรปรวนของปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยด
Variation in grain zinc concentration of Sang Yod rice variety

นันทิยา พนมจันทร์[1] และ ชนาภานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย[2]
Panomjan, N.[1] and Prom-u-thai, T. C.[2]

Abstract

This study evaluated zinc (Zn) concentration on grains of 'Sang Yod'. Twenty-two samples were collected from farmer's fields in Nakhon Si Thammarat, Phatthalung, and Songkhla provinces. The samples were planted in wetland condition to evaluate for grain Zn concentration. There was a wide variation of Zn concentration in brown rice and husk ranged from 19 to 25 mg Zn/kg in brown rice and from 5 to 13 mg Zn/kg in husk. The Zn concentration of samples collected from Nakhon Si Thammarat, Phatthalung, and Songkhla was 23, 23, and 22 mg Zn/kg in brown rice, respectively and husk was 10, 8, and 6 mg Zn/kg, respectively. There was no relationship between Zn concentration in brown rice and soil but found that there was a positive relationship between Zn concentration in husk and soil samples (r = 0.81**, p<0.01). Grain Zn concentration was a variation among different samples of Sang Yod variety and soil Zn concentration effect on Zn concentration in husk but not in brown rice.

Keywords: variation, rice, Sang Yod variety, grain zinc

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยด โดยเก็บตัวอย่างเมล็ดข้าวจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา จำนวน 22 ตัวอย่าง ปลูกทดสอบในรุ่นลูก พบว่าธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดมีความแปรปรวนค่อนข้างกว้างทั้งข้าวกล้องและแกลบ ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องอยู่ระหว่าง 19-25 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลผกรัม และในแกลบอยู่ระหว่าง 5-13 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม เมื่อแยกแต่ละจังหวัด พบว่าความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องที่เก็บจากจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา เท่ากับ 23, 23, และ 22 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในแกลบเท่ากับ 10, 8, และ 6 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในข้าวกล้องกับปริมาณธาตุสังกะสีในดิน แต่พบว่าความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในแกลบสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณธาตุสังกะสีในดิน (r = 0.81**, p<0.01) ซึ่งชี้ได้ว่ามีความแปรปรวนของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดที่เก็บจากเกษตรกรต่างที่และปริมาณธาตุสังกะสีในดินมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในแกลบ แต่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง

คำสำคัญ: ความแปรปรวน, ข้าว, พันธุ์สังข์หยด, ธาตุสังกะสีในเมล็ด

คำนำ*

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารหลักชนิดหนึ่งที่มีการบริโภคกันมากกว่าครึ่งของประชากรโลก มีการปลูกข้าวมากกว่า 100 ประเทศ โดยมีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย (Wei และคณะ, 2012) ข้าวเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงาน 21% และโปรตีน 15% (Depar และคณะ, 2011) ภาวะการขาดธาตุสังกะสี (Zn) เป็นสาเหตุหนึ่งของการเสียชีวิตของประชากรโลก ซึ่งมีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารที่มีปริมาณสารอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย เช่น อาหารพวกธัญพืช ได้แก่ ข้าวสาลี และข้าว ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนแต่มีความเข้มข้นของ Zn ในเมล็ดต่ำมาก ส่งผลกระทบต่อประชากรนับพันล้านคนทั่วโลก โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาที่มีการบริโภคเมล็ดธัญพืชเป็นอาหารหลัก (Welch และ Graham, 2004; Cakmak และ

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จังหวัดพัทลุง 93210
[1]Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, Phatthalung Province 93210
[2]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[2]Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai Province 50200

คณะ, 2010) การขาด Zn ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนทางสุขภาพต่าง ๆ เช่นการเจริญเติบโตแคระแกรน, การพัฒนาทางจิตบกพร่อง, ความอ่อนไหวต่อโรคติดเชื้อและผลลัพธ์การคลอดที่ไม่ดี (Hotz และ Brown, 2004; Black และคณะ, 2008) การเพิ่มความเข้มข้นของ Zn ในเมล็ดธัญพืชจึงเป็นงานวิจัยสำคัญและศึกษากันมากขึ้น (Cakmak, 2008; Stomph และคณะ, 2009; White และ Broadley, 2009). จากรายงานการวิจัยในปัจจุบันพบว่ามีการหาแนวทางการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารเข้าสู่เมล็ด โดยใช้หลายวิธีร่วมกันทั้งวิธีการจัดการทางการเกษตรและการปรับปรุงพันธุ์เพื่อป้องกันปัญหาการขาด Zn ในร่างกายและลดการเสียชีวิต (Cakmak, 2008). ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแปรปรวนของปริมาณ Zn ในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลาทั้งในเมล็ดข้าวสารและเปลือกเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการคัดเลือกพันธุ์และหาแนวทางการจัดการทางการเกษตรสำหรับเพิ่มปริมาณ Zn ในเมล็ดข้าวให้สูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนทดลองและปลูก

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ นำตัวอย่างเมล็ด พันธุ์ข้าวสังข์หยดจากแปลงเกษตรกรมาปลูกทดสอบ ในสภาพเดียวกันในแปลงทดลองภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (18°47’ N, 98°59’ E, alt 330 m AMSL) โดยเพาะเมล็ดในแปลงเพาะกล้า ย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 25-30 วัน โดยการปักดำ 1 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 25x25 ซม. จำนวน 4-6 แถว แถวละ 12 ต้น ทำการใส่ ปุ๋ย ดูแล และเขตกรรมตามระบบการปลูกข้าวในสภาพ น้ำขัง เก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของแต่ละแปลงย่อยเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ด

การวิเคราะห์ธาตุสังกะสี

แกะตัวอย่างเมล็ดข้าวเพื่อแยกส่วนของเปลือก และข้าวกล้อง โดยใช้มือเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของ สังกะสีจากการกะเทาะเมล็ดด้วยเครื่องกะเทาะเมล็ด นำเมล็ดข้าวกล้องที่แกะแล้วไปอบในตู้อบบอบแห้งที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ชั่ง ตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องประมาณ 1 กรัม นำตัวอย่าง ไปเผาโดยใช้วิธีเผาตัวอย่างแบบ dry ashing ที่ 535 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น และนำมาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และน้ำ อัตราส่วน 1:1 อ่านค่าความเข้มข้นของธาตุสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (Allan, 1961; Delhaiz และคณะ, 1984)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวน Analysis of variance ของข้อมูล โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ความแปรปรวนของวาเรียนซ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ความแปรปรวนของตัวอย่างด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแต่ละคู่วิเคราะห์โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

ธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดมีความแปรปรวนค่อนข้างกว้างทั้งในข้าวกล้องและแกลบ ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องอยู่ในช่วง 19-25 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม และในแกลบมีค่าอยู่ระหว่าง 5-13 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Panomjan และคณะ (2016) วิเคราะห์หาปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมืองภาคใต้จำนวน 48 พันธุ์ มีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องอยู่ในช่วง 19-33 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม และในแกลบมีค่าอยู่ระหว่าง 6-20 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีที่เก็บจากจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา ในเมล็ดข้าวกล้องเท่ากับ 23, 23, และ 22 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในแกลบเท่ากับ 10, 8, และ 6 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ธาตุสังกะสีในดินปลูกมีความแปรปรวนและสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณความเข้มข้นของธาตุสังกะสีที่มีอยู่ในแกลบ ($r = 0.81^{**}$, $p<0.01$) ปริมาณธาตุสังกะสีในดินมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในแกลบ แต่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง ทั้งนี้มีผลมาจากคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกันส่งผลให้การดูดซึมและเคลื่อนย้าย Zn ได้แตกต่างกัน เช่น ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงจะช่วยเพิ่มปริมาณธาตุ Zn ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ (Hafeez และคณะ, 2013

สรุปผล*

ธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดที่เก็บจากจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา มีความแปรปรวนค่อนข้างกว้างทั้งในข้าวกล้องและแกลบ ธาตุสังกะสีในดินปลูกมีความแปรปรวนและมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณความเข้มข้นของธาตุสังกะสีที่มีอยู่ในแกลบ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาเอก ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงและเกษตรกรผู้ปลูกข้าวสังข์หยดในภาคใต้ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว

เอกสารอ้างอิง**

Allan, J.E., 1961, The determination of zinc in agricultural materials by atomic-absorption spectrophotometry, Analyst, 86: 530-534

Black, R.E., Lindsay, H.A., Bhutta, Z.A., Caulfield, L.E., De Onnis, M., Ezzati, M., Mathers, C., and Rivera, J., 2008, Maternal and child under nutrition: Global and regional exposures and health consequences, Lancet. 371: 243–260.

Cakmak, I., 2008, Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil, 302: 1–17.

Cakmak, I., Pfeiffer, W.H., and McClafferty, B., 2010, Biofortification of durum wheat with zinc and iron, Cereal Chemistry 87: 10–20.

Delhaize, E., Dell, B., Kirk, G., Loneragan, J., Nable, R., Plaskett, D., and Webb, M., 1984, Manual of research procedures, 1st edition, Plant Nutrition Research Group School of Environmental and Life Sciences, Murdoch University, Australia.

Depar, N., Rajpar, I., Memon, M.Y., Imtiaz, M., and Zia-ul-hassan, 2011, Mineral nutrient densities in some domestic and exotic rice genotypes, Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences, 27:134–142.

Hafeez, B., Khanif, Y. M., and Saleem, M., 2013, Role of zinc in plant nutrition- A Review B, American Journal of Experimental Agriculture, 3: 374-391.

Hotz, C, and Brown, K.H., 2004, Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control, Food and Nutrition Bulletin, 25: 94–204.

Panomjan, N., Jamjod, S., Rerkasem, B., Dell, B. and Prom-u-thai, C., 2016, Variation of zinc concentration in rice caryopsis and husk among southern rice varieties grown in Southern and Northern Thailand, Chiang Mai University Journal of Natural Sciences, 15: 1-10.

Stomph, T., Jiang, W., and Struik, P.C., 2009, Zinc biofortification of cereals: Rice differs from wheat and barley, Trends in Plant Science, 14: 123–124.

Wei, X., Wang, R., Cao, L., Yuan, N., Huang, J., Qiao, W., Zhang, W., Zeng, H., and Yang, Q., 2012, Origin of *Oryza sativa* in China inferred by nucleotide polymorphisms of organelle DNA, PLoS ONE, 7(11): e49546.

Welch, R.M., and Graham, R.D., 2004, Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutirion perspective, Journal of Experimental Botany, 55: 353–364.

White, P.J., and Broadley, M.R., 2009, Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine, New Phytologist, 182: 49–84.

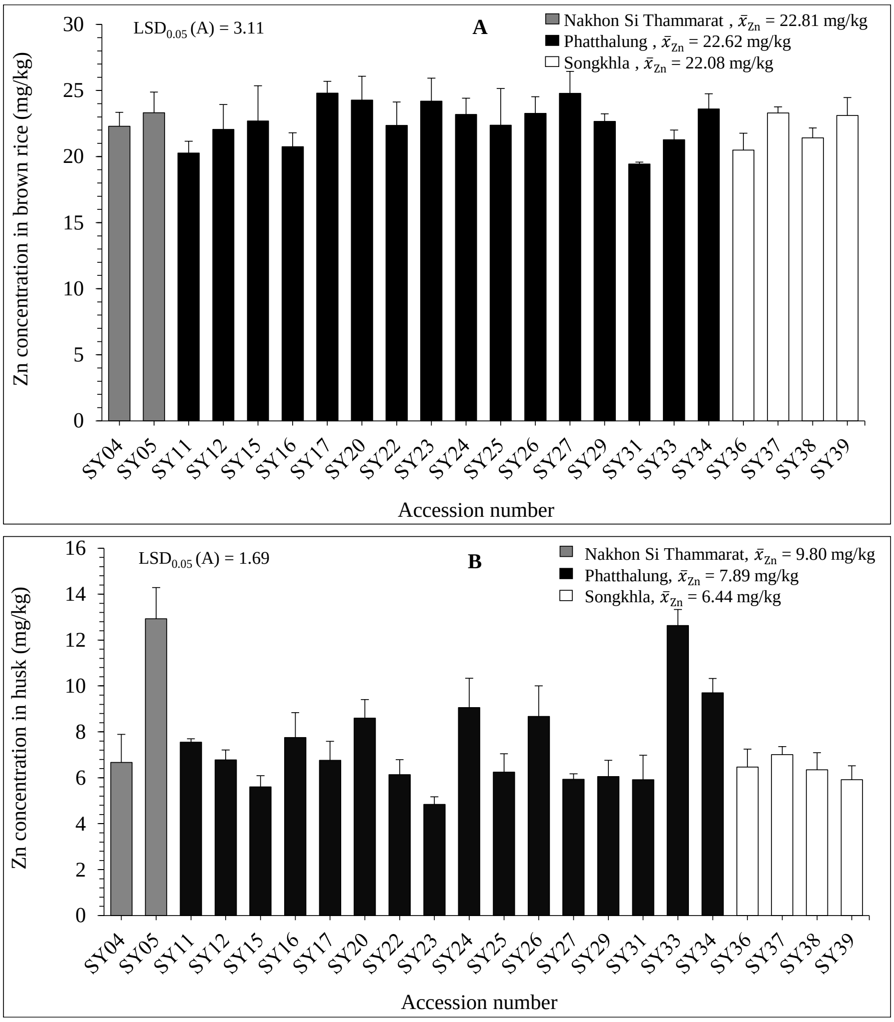


Figure 1 Grain Zn concentration in brown rice (A) and husk (B) of 22 accessions in Sang Yod rice variety collected from Songkhla Lake Basin area in southern Thailand.

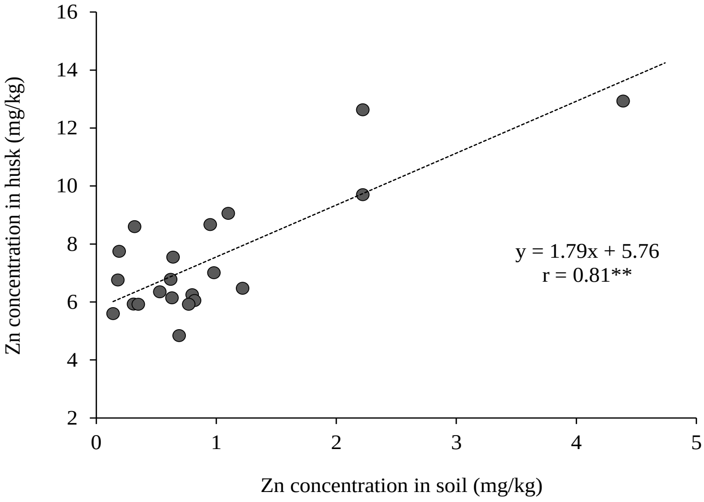


Figure 2 Relationship between Zn concentration in the husk and soil of 22 accessions of Sang Yod rice variety collected from Songkhla Lake Basin area in southern Thailand.

การแยกแอคติโนมัยสีทที่สามารถยับยั้ง *Curvularia lunata* สาเหตุของโรคเมล็ดด่างในข้าว
Isolation of Actinomycetes with Inhibitory Activity against *Curvularia lunata* Causing Dirty Panicle Disease in Rice

เจนจิรา เดชรักษา[1] และ สลิลา สุรวัฒนกิจ[1]
Detraksa, J.[1] and Surawattanakij, S.[1]

Abstract

This research aimed to isolate and screen antagonistic actinomycetes to control *Curvularia lunata* causing dirty panicle disease in rice. A total of 116 actinomycete isolates were obtained from soil and rhizospheric soil samples collected from rice plantation areas in Lopburi province using starch casein agar. All actinomycete isolates were screened for antagonistic properties using dual culture technique. The results showed that 5 actinomycete isolates (SR7-10, SR13-2, SR17-8, SR18-5 and SR18-10) strongly inhibited the growth of *C. lunata* and isolate SR13-2 gave the highest inhibition of growth at 91.94%. The culture filtrate of isolate SR13-2 at 10% (v/v) concentration had the ability to inhibit the growth of *C. lunata* on solid medium (88.16%) and this isolate was able to produce degrading enzymes such as cellulase and protease.
Keywords: actinomycetes, *Curvularia lunata*, rice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกและคัดเลือกแอคติโนมัยสีทที่สามารถควบคุมเชื้อรา *Curvularia lunata* ที่เป็นสาเหตุของโรคเมล็ดด่างในข้าว โดยการแยกแอคติโนมัยสีทจากดินและดินรอบรากข้าวที่เก็บจากนาข้าวในจังหวัดลพบุรี ด้วยอาหาร starch casein agar ได้จำนวน 116 ไอโซเลต นำแอคติโนมัยสีทที่แยกได้ทั้งหมดมาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *C. lunata* ด้วยวิธี dual culture พบว่าแอคติโนมัยสีท 5 ไอโซเลต (SR7-10, SR13-2, SR17-8, SR18-5 และ SR18-10) มีค่าการยับยั้งเชื้อรา *C. lunata* ได้สูง และไอโซเลต SR13-2 มีค่าการยับยั้งสูงสุดเท่ากับ 91.94% และเมื่อทดสอบการยับยั้งเชื้อราของน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยสีทบนอาหารแข็ง พบว่าน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต SR13-2 ที่ความเข้มข้น 10% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของ *C. lunata* บนอาหารแข็งได้เท่ากับ 88.16% นอกจากนี้ยังสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและโปรติเอสได้
คำสำคัญ: แอคติโนมัยสีท *Curvularia lunata* ข้าว

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและยังเป็นพืชอาหารหลักในหลายประเทศ ปัญหาหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของข้าว คือ โรคเมล็ดด่างที่มีสาเหตุจากเชื้อราหลายชนิด เช่น *Curvularia lunata, Helminthosporium oryzae* และ *Fusarium semitectum* เป็นต้น การเข้าทำลายของเชื้อรามักจะเกิดในช่วงดอกข้าวเริ่มโผล่จากกาบหุ้มรวงจนถึงระยะเมล็ดข้าวเริ่มเป็นน้ำนม และอาการเมล็ดด่างจะปรากฏเด่นชัดในระยะใกล้เก็บเกี่ยว (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2017) เชื้อราสามารถแพร่กระจายในยุ้งฉาง อยู่ข้ามฤดูและจะติดไปกับเมล็ดพันธุ์ของข้าว (ปิยาภรณ์ และคณะ, 2559) การแก้ปัญหาโรคข้าวจากเชื้อราเกษตรกรยังคงใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดเชื้อรา ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค รวมทั้งเกิดปัญหาสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (biological control) โดยใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เป็นที่ยอมรับในการเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการโรคพืชแบบผสมผสาน หรือการผลิตพืชอินทรีย์ เนื่องจากเป็นวิธีที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งนำไปสู่การควบคุมโรคพืชอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต (อนันต์, 2557)

แอคติโนมัยสีทเป็นจุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจในการศึกษาจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ โดยสามารถผลิตสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิหลายชนิดที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินและควบคุมเชื้อก่อโรค (Jung และคณะ., 2013) มีรายงานการทดสอบความสามารถของแอคติโนมัยสีทโดยเฉพาะจีนัส *Streptomyces* สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคกาบใบแห้งในข้าว (Boukaew and Prasertsan, 2014) โรคกล้าแห้งในข้าวบาร์เล่ย์ (Yekkour และคณะ, 2012) และ *Fusarium* head blight ในธัญพืชได้

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000
[1] Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Muang, Lopburi 15000

(Jung และคณะ, 2013) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกแอคติโนมัยสีทในดินจากนาข้าวในพื้นที่ต่างๆของจังหวัดลพบุรี และศึกษาความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา *C. lunata* เพื่อเป็นข้อมูลในการควบคุมเชื้อราก่อโรคเมล็ดด่างโดยชีววิธีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เชื้อราก่อโรค

เชื้อรา *Curvularia lunata* ที่ก่อโรคเมล็ดด่างในข้าว ได้รับจากภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำมาเลี้ยงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน สำหรับการทดสอบต่อไป

2. การแยกแอคติโนมัยสีท

เก็บตัวอย่างดินจากนาข้าวในพื้นที่ต่างๆของจังหวัดลพบุรีจำนวน 18 ตัวอย่าง นำมาแยกแอคติโนมัยสีทโดยวิธี serial dilution spread plate โดยชั่งดิน 10 กรัมผสมในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 90 มิลลิลิตร นำไปแช่ใน water bath อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 5 นาที เจือจางที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสม และ spread บนอาหาร starch casein agar บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน เลือกเก็บโคโลนีที่มีลักษณะคล้ายหนังสัตว์ กำมะหยี่หรือเป็นฝุ่นผงที่มีสีต่างๆ เช่น ขาว เหลือง แดง เทา หรือเขียว มาทำเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร Glucose yeast extract malt extract (GYM) agar ศึกษารูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

3. การทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *C. lunata* โดยวิธี dual culture assay

ขีดแอคติโนมัยสีทเป็นแนวยาวบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน ตัดปลายเส้นใยเชื้อรา *C. lunata* ที่เพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 7 วันด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร นำไปวางตรงข้ามแอคติโนมัยสีทแต่ละไอโซเลต บ่มที่อุณหภูมิห้องต่ออีก 7 วัน วัดขนาดรัศมีของโคโลนีเชื้อรา เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่วางเชื้อราเพียงอย่างเดียว จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา จากสูตร $[(r1 - r2)/r1] \times 100$ เมื่อ r1 คือ รัศมีของโคโลนีเชื้อราในจานควบคุมและ r2 คือ รัศมีของโคโลนีเชื้อในจานทดสอบ (Himaman และคณะ, 2016; Xue และคณะ, 2013)

4. การทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *C. lunata* ด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยสีท

ตัดเส้นใยแอคติโนมัยสีทด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เติมในอาหาร GYM broth 50 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องบนเครื่องเขย่า 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 วัน นำมาหมุนเหวี่ยงแยกเซลล์ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที กรองส่วนน้ำใสด้วยเยื่อกรอง 0.45 µm จะได้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยสีท นำน้ำกรองเลี้ยงเชื้อผสมในอาหาร PDA ที่ความเข้มข้น 1, 5, และ 10% (v/v) และเทลงในจานเพาะเชื้อ จากนั้นตัดปลายเส้นใยเชื้อราทดสอบด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร วางชิ้นเชื้อราลงบนตรงกลางจานเพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน วัดขนาดรัศมีของโคโลนีเชื้อรา และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราตามวิธีของ Boukaew และ Prasertsan (2014)

5. การทดสอบการสร้างเอนไซม์โปรติเอสและเซลลูเลส

การทดสอบสร้างเอนไซม์โปรติเอสโดยขีดเชื้อแอคติโนมัยสีทบนอาหาร casein agar สังเกตบริเวณใสรอบเชื้อ ส่วนการทดสอบการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสทำโดยวิธี Congo red test (Rathore และคณะ, 2014) โดยเพาะเลี้ยงในอาหาร carboxymethyl cellulose (CMC) agar

ผลการทดลอง

จากการนำตัวอย่างดินที่เก็บจากนาข้าวในพื้นที่ต่างๆของจังหวัดลพบุรี จำนวน 18 ตัวอย่างมาทำการแยกแอคติโนมัยสีท พบว่าสามารถแยกได้ทั้งหมด 116 ไอโซเลต เมื่อนำแอคติโนมัยสีทที่แยกได้ทั้งหมดมาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *C. lunata* โดยวิธี dual culture assay พบว่ามีค่าการยับยั้งระหว่าง 4.55-91.94% มีแอคติโนมัยสีทเพียง 5 ไอโซเลตที่มีประสิทธิภาพการยับยั้ง *C. lunata* ได้สูงกว่า 80% ได้แก่ ไอโซเลต SR7-10, SR13-2, SR17-8, SR18-5 และ SR18-10 (Table 1) โดยไอโซเลต SR13-2 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงที่สุดเท่ากับ 91.94% ผู้วิจัยจึงนำไอโซเลต SR13-2 ไปศึกษาการสร้างสารยับยั้งเชื้อราที่ผลิตในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวต่อไป

เมื่อนำแอคติโนมัยสีทไอโซเลต SR13-2 มาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว และนำน้ำกรองเลี้ยงเชื้อไปทดสอบการยับยั้ง *C. lunata* พบว่าน้ำกรองเลี้ยงเชื้อมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราได้สูงเมื่อผสมในอาหาร PDA ปริมาณ 5 และ 10% โดยมีค่าการยับยั้งเท่ากับ 85.80 และ 88.16 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการที่แอคติโนมัยสีทสามารถสร้างสารเมแทบอไลต์ที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อราและปลดปล่อยออกมาในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวได้

Table 1 Antifungal activity of actinomycete isolates against *C. lunata*

Actinomycete isolate	Inhibition (%)
SR7-10	86.98
SR13-2	91.94
SR17-8	85.52
SR18-5	87.92
SR18-10	90.68

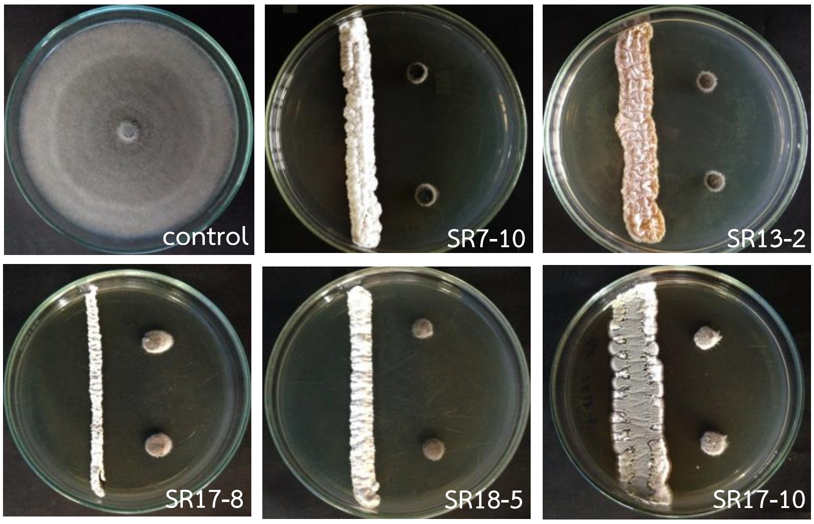


Figure 1 The antagonistic actinomycete isolates inhibited the growth of mycelium *C. lunata* after dual cultured for 7 days on PDA

Table 2 Effect of concentration of actinomycete isolate SR13-2 culture filtrate on growth of *C. lunata*

Amount of culture filtrate (%v/v)	**Inhibition (%)**
1	20.73
5	85.80
10	88.16

เมื่อนำแอคติโนมัยสีท SR13-2 มาทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์โปรติเอสและเซลลูเลสในขั้นต้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง พบว่าเมื่อเชื้อเจริญบนอาหาร casein agar เกิดบริเวณใสรอบเชื้อแสดงถึงการสร้างเอนไซม์โปรติเอสมาย่อยสลายเคซีน ส่วนการทดสอบการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสพบว่าเมื่อเชื้อเจริญบนอาหาร CMC agar ที่มี carboxymethyl cellulose เป็นแหล่งเซลลูโลส และให้บริเวณใสรอบเชื้อหลังจากเท congo red ลงไป แสดงถึงความสามารถในการสร้างเอนไซม์เซลลูเลส

วิจารณ์ผล

ปัจจุบันมีการศึกษาอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับการใช้แอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ เพื่อยับยั้งและป้องกันเชื้อราหลายชนิดในพืชผลทางการเกษตรเพื่อลดการใช้สารเคมี โดยกลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ได้แก่ การสร้างสารปฏิชีวนะ ภาวะการเป็นปรสิต หรือเอนไซม์ย่อยสลายต่างๆที่อาจทำหน้าที่ทำลายผนังเซลล์ของเชื้อรา เช่น ไคติเนส เซลลูเลส โปรติเอส อะไมเลส และเจลาติเนส เป็นต้น (Gomes และคณะ, 2000; Harikrishnan และคณะ, 2014) ซึ่งในงานวิจัยนี้นำแอคติโนมัยสีทที่แยกจากดินนาข้าว 116 ไอโซเลต มาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *C. lunata* ด้วยวิธี dual culture assay พบว่าแอคติโมมัยสีท 5 ไอโซเลตมีประสิทธิภาพการยับยั้งได้สูง ลักษณะการยับยั้งเชื้อราของแอคติโนมัยสีท คือเส้นใยเชื้อราหยุดการเจริญถึงแม้ว่าเชื้อทั้งสองไม่เจริญเข้าหากันโดยตรง (Figure 1) แสดงให้เห็นถึงความสามารถของแอคติโนมัยสีทในการสร้างสารเมแทบอไลต์ที่ปลดปล่อยออกมานอกเซลล์ภายหลังจากเลี้ยงร่วมกัน โดยแอคติโนมัยสีทไอโซเลต SR13-2 มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *C. lunata* สูงที่สุด เมื่อนำน้ำกรองเลี้ยงเชื้อไอโซเลต

SR13-2 มาทดสอบการยับยั้งเชื้อราพบว่ามีสารเมแทบอไลต์ที่ยับยั้งเชื้อราได้ นอกจากนี้เมื่อทำการทดสอบการสร้างเอนไซม์ย่อยสลายพบว่าเชื้อสร้างเอนไซม์โปรติเอสและเซลลูเลสได้ ดังนั้นกลไกการยับยั้งเชื้อราของไอโซเลต SR13-2 อาจเกิดจากการการสร้างเอนไซม์ที่มีผลต่อโครงสร้างผนังเซลล์ของเชื้อรา ซึ่ง Boukaew และ Prasertsan (2014) รายงานผลของน้ำกรองเลี้ยงเชื้อ *Streptomyces philanthi* RM-1-138 ต่อการยับยั้ง *Rhizoctonia solani* ซึ่งกลไกการยับยั้งคือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผนังเซลล์ของเชื้อราและชักนำให้เกิดการรั่วของไซโตพลาสซึมมีผลทำให้เซลล์เชื้อราไม่สามารถเจริญได้

สรุปผล

แอคติโนมัยสีทไอโซเลต SR13-2 ที่แยกจากดินนาข้าวในสามารถยับยั้งการเจริญเชื้อรา *C. lunata* ที่ก่อโรคเมล็ดด่างในข้าว โดยการยับยั้งมีประสิทธิภาพสูงทั้งในการทดสอบโดยวิธี dual culture assay และการใช้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อ อีกทั้งสามารถสร้างเอนไซม์โปรติเอสและโปรติเอส ดังนั้นแอคติโนมัยสีทไอโซเลต SR13-2 จึงมีศักยภาพที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ใช้การควบคุมโรคเมล็ดด่างในข้าวต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ปิยาภรณ์ ทองบ้านไทร, ธิติ ทองคำงาม และถนิมนันต์ เจนอักษร, 2559, การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* sp. ในการควบคุมเชื้อรา *Curvularia lunata* สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว (*Oryza sativa* L.), วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47(3):59-62.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, ศัตรูข้าวและการป้องกัน [สืบค้น], http://www.brrd.in.th/rkb2/enemy_khao/index.php.htm [20/ July/ 17].

อนันต์ วงเจริญ, 2557, การคัดเลือกเชื้อราเอนโดไฟต์จากข้าว (*Oryza sativa* L.) ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งราสาเหตุโรคข้าว, แก่นเกษตร, 42(3):385-396.

Boukaew, S. and Prasertsan, P., 2014, Suppression of rice sheath blight disease using a heat stable culture filtrate from *Streptomyces philanthi* RM-1-138, Crop Protection, 61:1-10.

Gomes, R.C., Semeˆdo, L.T.A.S., Soares, R.M.A., Alviano C.S., Linhares, L.F. and Coelho, R.R.R., 2000, Chitinolytic activity of actinomycetes from a Cerrado soil and their potential in biocontrol, Letters in Applied Microbiology, 30:146-150.

Harikrishnan, H., Shanmugaiah, V., Balasubramanian, N., Sharma, M.P. and Kotchoni, S.O, 2014, Antagonistic potential of native strain *Streptomyces aurantiogriseus* VSMGT1014 against sheath blight of rice disease, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 30:3149-3161.

Himaman, W., Thamchaipenet, A., Pathom-aree, W. and Duangmal, K., 2016, Actinomycetes from *Eucalyptus* and their biological activities for controlling *Eucalyptus* leaf and shoot blight, Microbiological Research, 188-189:42-52.

Jung, B., Park, S.Y., Lee, Y.W. and Lee, J., 2013, Biological efficacy of *Streptomyces* sp. strain BN1 against the cereal head blight pathogen *Fusarium graminearum*, Plant Pathology, 29(1):52-58.

Rathore, S.S., Mannivannan, A. and Narendhirakannan, R.T., 2014, Screening of cellulase producing microorganisms from lake area containing water hyacinth for enzymatic hydrolysis of cellulose, Journal of Advanced Scientific Research, 5(3): 23-30.

Xue, L., Xue, Q., Chen, Q., Lin, C., Shen, G. and Zhao, J., 2013, Isolation and evaluation of rhizosphere actinomycetes with potential application for biocontrol of *Verticillium* wilt of cotton. Crop Protection, 43:231-240.

Yekkour, A., Sabaou, N., Zitouni, A., Errakhi, R., Mathieu, F. and Lebrihi, A., 2012, Characterization and antagonistic properties of *Streptomyces* strains isolated from Saharan soils, and evaluation of their ability to control seedling blight of barley caused by *Fusarium culmorum*, Letters in Applied Microbiology, 55:427-435.

ผลของอุณหภูมิอบแห้งและความเข้มข้นเควอซิทินในสารละลาย ที่มีต่อการกักเก็บสารเควอซิทินโดยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย
Effect of Drying Temperature and Quercetin Concentration in Feed Solution on Microencapsulation of Quercetin by Spray Drying Technique

สุภาภรณ์ เลขวัต[1] อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์[1] กฤษ เหลืองโสภาพันธ์[2] และ ปิยานี รัตนชำนอง[3]
Lekhavat, S.[1], Srimongkoluk, U.[1], Laungsopapun, G.[2] and Ratanachamnong, P.[3]

Abstract

This research aimed to study the optimum condition by spray drying with varied outlet temperature of 70, 80 and 90 °C on encapsulation of quercetin with feed concentration at 0.1875, 0.125 and 0.0625% (w/w), respectively. The feed solution temperature was controlled at room temperature (30 °C). Feed solution viscosity was measured and quercetin content in spray dried powder was determined by HPLC technique as well as particle morphology was imaged using scanning electron microscope. The result showed that viscosity of feed solution ranged at 2.31-10.80 cP and quercetin contents in spray dried sample ranged of 6.14-18.70%. It was indicated that quercetin increased with increasing outlet temperature but decreased with increasing sample concentration and viscosity. Moreover, particles were likely to shrivel at high spray dry temperature. It can be concluded that an appropriate condition for encapsulation of quercetin were feed solution containing 0.0625 % (w/w) quercetin and spray drying at drying outlet temperature of 90 °C.

Keywords: drying temperature, encapsulation, spray drying, quercetin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยแปรอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 ºC ที่มีต่อการกักเก็บสารเควอซิทินที่ป้อนที่ความเข้มข้น 0.1875, 0.125 และ 0.0625% (w/w) ตามลำดับ ควบคุมอุณหภูมิสารละลายที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) วัดค่าความหนืดในสารละลายและวิเคราะห์ปริมาณสารเควอซิทินในผลิตภัณฑ์ผงด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง รวมถึงการประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคผงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ผลการทดลองพบว่าสารละลายป้อนมีค่าความหนืด 2.31-10.80 cP ผลิตภัณฑ์ผงมีปริมาณเควอซิทิน 6.14-18.70% ซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนที่สูงขึ้น แต่กลับพบว่ามีปริมาณลดลงเมื่อความเข้มข้นของเควอซิทินในสารละลายและความหนืดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่สูงขึ้นมีผลทำให้พื้นผิวอนุภาคเกิดลักษณะการยุบตัวมากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ การทดลองสรุปได้ว่าอุณหภูมิลมร้อนขาออกในการทำแห้งแบบพ่นฝอยและความเข้มข้นของสาร เควอซิทินในสารละลายป้อนที่เหมาะสม คือ 90ºC และ 0.0625% (w/w) ตามลำดับ

คำสำคัญ: อุณหภูมิอบแห้ง การกักเก็บสาร การอบแห้งแบบพ่นฝอย เควอซิทิน

คำนำ

การอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying technique) เป็นการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนในการระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็ว ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของอนุภาคที่ได้มีหลายตัวแปร อาทิเช่น ความเข้มข้นของสารละลาย ความหนืดและอุณหภูมิของสารละลายที่ผ่านเข้าเครื่องซึ่งจะสัมพันธ์กับขนาดของหยดของเหลว ชนิดของระบบพ่นฝอย ลักษณะการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศร้อนและหยดของเหลว อัตราการป้อน และอุณหภูมิอากาศขาเข้าและขาออกจากเครื่อง เป็นต้น โดยทิศทางความร้อนที่สัมผัสกับหยดของเหลวมีผลกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งรูปแบบอากาศร้อนที่มีทิศทางเดียวกันกับหยด

[1] ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[1] Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120
[2] ศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[3] Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120
[3] ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ถ.พระราม 6 ราชเทวี จ.กรุงเทพมหานคร 10400
[4] Department of Pharmacology, Faculty of Science, Mahidol University, Rama 6 Road, Rajthevee, Bangkok, 10400

ของเหลว (co-current air flow system) จะเหมาะต่อการทำแห้งสารที่เสื่อมคุณภาพได้ง่ายเมื่อสัมผัสความร้อนสูง เนื่องจากความร้อนแฝงของการระเหย (Latent heat of evaporation) ที่เกิดขึ้นในขณะที่หยดของเหลวสัมผัสกับอากาศร้อน ทำให้น้ำในหยดของเหลวเกิดการระเหยในสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดและอุณหภูมิของอากาศร้อนลดตัวเย็นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ผิวหน้าของหยดของเหลวจึงต่ำ จึงเป็นการป้องกันสารสำคัญที่มีอยู่ในหยดของเหลวไม่ให้สูญเสียไปกับความร้อนที่สูงในกระบวนการอบแห้ง โดยรูปแบบ Co current นี้จะแตกต่างกับการไหลของอากาศร้อนแบบสวนทาง (counter current air flow system) ที่เหมาะสำหรับวัสดุที่ต้องการทำแห้งที่ความร้อนสูงๆ ซึ่งหยดของเหลวที่มีปริมาณน้ำสูงจะสัมผัสกับอากาศที่อุณหภูมิต่ำที่สุดในช่วงแรก และกลายเป็นอนุภาคผงที่จะสัมผัสกับอากาศร้อนที่สุดเมื่อออกจากห้องอบแห้ง

เควอซิทินเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์จากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง มักพบในหอมหัวใหญ่และพืชตระกูลเบอร์รี่ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยลดปริมาณไขมันในเลือด มีผลต่อระบบหลอดเลือดและหัวใจ รวมทั้งยังมีผลต่อกลไกการเกิดโรคเบาหวาน (Gregory, 2011) อย่างไรก็ตามสารสำคัญทางชีวภาพเหล่านี้มักเกิดการสูญเสียหรือมีคุณสมบัติลดลงเมื่อผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน รวมถึงมีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากเป็นสาร hydrophobic ที่มีการละลายต่ำทำให้ดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้น้อย (Li และคณะ, 2009; Khaled และคณะ, 2003; Gugler และคณะ, 1975; อ้างใน Chen-yu และคณะ, 2012) การนำสารชนิดนี้ไปใช้งานจึงมีความพยายามที่จะเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพในการดูดซึม ซึ่งซึ่งพบว่าการใช้เทคนิคอบแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อกักเก็บสารเควอร์เซทินมีประสิทธิภาพในการกักเก็บที่ดีและสามารถรักษาความเสถียรของฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ (Sansone และคณะ, 2011)

เทคโนโลยีการกักเก็บสารเป็นวิธีการที่มีการนำมาใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียทั้งในด้านปริมาณและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ เทคนิคและวิธีการเตรียมสารเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บโดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดของสารห่อหุ้มที่นำมาใช้ ซึ่งต้องไม่มีผลกระทบต่อกลิ่นรสและความหนืดของสารละลายในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการกักเก็บสารขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราส่วนของสารห่อหุ้ม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นเควอซิทินในสารละลายป้อนที่มีต่อการกักเก็บสารเควอซิทิน เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมและสามารถกักเก็บสารได้ในปริมาณสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของเควอซิทิน 3 ระดับ (0.1875, 0.125 และ 0.0625) และอุณหภูมิลมร้อนขาออก 3 ระดับ (70, 80 และ 90 °C)

เตรียมสารละลายที่ 5% (w/v) เพคติน (Danisco, Mexico) และ 5% (w/v) เวย์โปรตีน (Glainbia Nutritionals Inc., USA), tween80 (Lonza Inc., USA) โดยละลายสารอย่างน้อย 1 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมสารละลายป้อนที่มีส่วนผสมของสารละลายที่เตรียมได้แก่ สารละลายเพคติน (10%) สารละลายเวย์โปรตีน (20%) มอลโตเด็กซ์ตริน DE 9-12 (Berli Jucker, Thailand) (3.5%) และสารเควอซิทิน (sigma, USA) 0.1875% (w/w) และเจือจางสารละลายด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 0.125 และ 0.0625% (w/w) ตามลำดับ วัดค่าความหนืดสารละลายป้อนด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer รุ่น DV-III Ultra Rheometer, USA) และทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Buchi mini spray dryer รุ่น B-290, Switzerland) ที่อุณหภูมิลมร้อนขาออก 70, 80 และ 90 °C ตามลำดับ โดยใช้หัวสเปรย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 มิลลิเมตร กำหนดอัตราการป้อนสารที่ 12 มิลลิลิตร/นาที อัตราลมร้อนที่ 0.3 บาร์ และอัตราการเติมอากาศ (aspirator rate) ที่ 38 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์ผงเควอซิทินที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความชื้นตามวิธี AOAC (2000) และปริมาณสารเควอซิทินตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Casagrande (2009) ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) (alliance รุ่น waters 2695, USA) และวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM) (JEOL รุ่น JSM-5410LV, Japan)

ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ข้อมูลวิเคราะห์จะถูกนำมาประเมินผลของปัจจัยที่มีต่อปริมาณสารเควอซิทินโดยเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan' s multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 95% โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์สำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน14

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าสารละลายป้อนมีค่าความหนืดในช่วง 2.31-10.80 cP (Table 1) โดยตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของสารเควอซิทิน 0.1875 % มีความหนืดสูงที่สุด และพบว่าอุณหภูมิอบแห้งและความเข้มข้นเควอซิทินในสารละลายป้อนมีผลต่อปริมาณสารเควอซิทินหลังกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.5$) ซึ่งปริมาณสารเควอซิทินหลังอบแห้งมีค่าอยู่

ในช่วง 6.14-18.70% (Figure 1) โดยที่อุณหภูมิอบแห้ง 90 °C มีปริมาณสารเควอซิทินสูงที่สุดเท่ากับ 18.70% และที่อุณหภูมิ 70 °C มีปริมาณสารเควอซิทินต่ำที่สุดเท่ากับ 6.14% ส่วนความเข้มข้นเควอซิทินของสารละลายป้อนที่เหมาะสมคือ 0.0625% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความหนืดของสารละลายป้อนที่แตกต่างกัน โดยตัวอย่างที่มีความหนืดสูงจะมีปริมาณน้ำที่ต่ำกว่า เมื่อหยดของเหลวสัมผัสกับอากาศร้อนในช่วงต้นของการอบแห้งน้ำจึงระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารที่ถูกห่อหุ้ม และอุณหภูมิอบแห้งที่สูงทำให้เกิดเปลือกแข็งรอบนอกอนุภาคซึ่งมีการหดตัวของอนุภาคและกักเก็บสารไว้ภายในได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคผงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในผลิตภัณฑ์ผง ที่พบว่าเมื่ออบแห้งตัวอย่างที่มีความเข้มข้นและความหนืดของสารละลายที่สูง พื้นผิวของอนุภาคจะเกิดเปลือกแข็งและยุบตัวเสียหายมากกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้ง (Figure 2g, h, j) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาให้ผลตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Penbunditkul และคณะ (2011) ซึ่งรายงานว่าสารละลายป้อนที่มีความหนืดสูงกว่า 30 cP จะกักเก็บสาร *d*-limonene ได้ดีกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของสารที่ถูกกักเก็บและสารห่อหุ้มซึ่งเป็นคนละชนิด อีกทั้งค่าความหนืดของสารป้อนในงานวิจัยนี้ที่วัดได้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่อ้างอิง จนความหนืดไม่ส่งผลต่อขนาดของหยดของเหลว ทำให้ตัวแปรที่มีผลมากกว่าคือค่าความเข้มข้นหรือสัดส่วนน้ำในสารป้อน นอกจากนี้สภาวะในการทำแห้งที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อข้อมูลการทดลองที่ได้

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพพบว่าค่า a_w อยู่ในช่วง 0.1840-0.3123 และค่าความชื้นอยู่ในช่วง 0.57-2.71% ซึ่งอุณหภูมิลมร้อนขาออกมีผลต่อปริมาณความชื้นในตัวอย่างผงในลักษณะแปรผกผันกัน ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของสารไม่มีผลจากลักษณะพื้นผิวและขนาดของอนุภาคตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Figure 2) พบว่าลักษณะพื้นผิวของอนุภาคของตัวอย่างที่มีปริมาณของแข็งและอุณหภูมิในการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่างกันมีลักษณะพื้นผิวไม่ค่อยแตกต่างกัน แต่ตัวอย่างที่ใช้ความร้อนสูงมากกว่า80 °C จะเกิดการยุบตัวและเสียหายของรูปทรงที่มากกว่า (Figure 2g, h, j) ทั้งนี้ตัวอย่างผงมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเหลือง

สรุปผล

อุณหภูมิลมร้อนขาออกที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณสารเควอซิทินในผงอบแห้งในลักษณะแปรผันตรง ขณะที่ความเข้มข้นของเควอซิทินในสารละลายป้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดสารละลายป้อนเพิ่มขึ้นขึ้น แต่ทำให้ปริมาณสารเควอซิทินในผงอบแห้งลดลง ดังนั้น อุณหภูมิลมร้อนขาออกและความเข้มข้นของเควอซิทินในสารละลายป้อนที่เหมาะสมต่อการกักเก็บสารเควอซิทินคือ อุณหภูมิลมร้อนขาออก 90 °C และสารละลายป้อนที่มีความเข้มข้นของสารเควอซิทินร้อยละ 0.0625 โดยน้ำหนัก ซึ่งสามารถกักเก็บสารเควอซิทินได้ถึง 18.70% และผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเตรียมสารสกัดที่มีสารสำคัญในกลุ่มฟลาโวนอยด์หรือสารเคอร์ซิทินจากพืชตระกูลหัวหอมเพื่อผลิตเป็นส่วนประกอบอาหารหรือใช้เป็นวัตถุดิบในทางเวชสำอางหรือยาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Casagrande F, Darbon J.M., 2009, 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.

Chen-yu, G., Chen-fen, Y., Qi, T., Yan-wei, X., Wei-na, L. and Guang-xi, Z., 2012, Development of a quercetin-loaded nanostructured lipid carrier formulation for topical delivery, Pharmaceutics, 430: 292-298.

Gregory, S. and Kelly, N.D, 2011, Quercetin, Alternative Medicine Review, 16(2):172-184.

Li, J., Zhang, M. and Zheng, T., 2009, The *in vitro* antioxidant activity of lotus germ oil from supercritical fluid carbon dioxide extraction, Food Chemistry, 115: 939-44.

Penbunditkul, P., Yoshiib, H., Ruktanonchai, U., Charinpanitkul, T., and Soottitantawat, A., 2011, Effect of feed liquid viscosity on flavor retention of bergamot oil encapsulated in spray-dried modified starch powder,11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11), May 22-26, Athens, Greece.

Sansone F., Picerno P., Mencherini T., Villecco F., D’Ursi A.M., Aquino R.P., and Lauro M.R., 2011, Flavonoid microparticles by spray-drying: Influence of enhancers of the dissolution rate on properties and stability, Food Engineering, 103: 188-196.

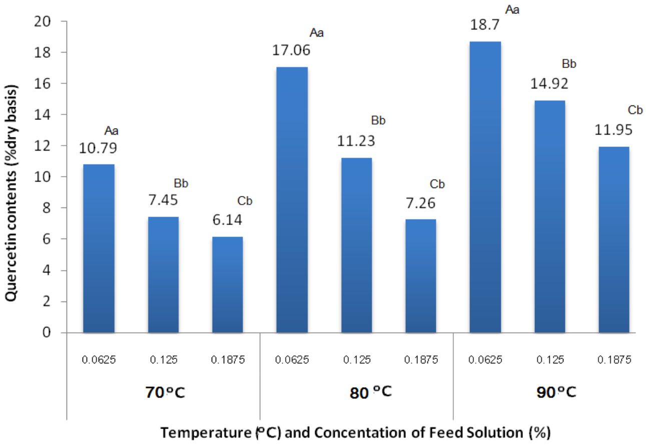
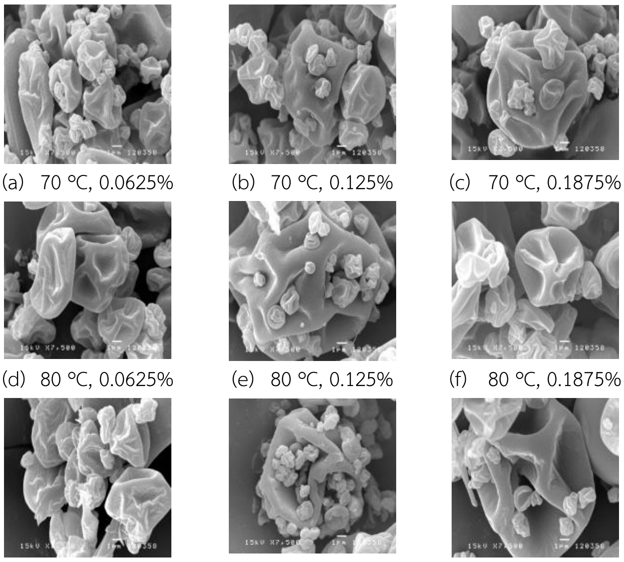


Figure 1 Quercetin Contents of the powder spray dried at outlet temperature of 70°C, 80°C and 90°C with 0.0625, 0.125 and 0.1875 % (w/w) feed solution concentration.

*The different capital and lowercase letter superscripts mean statistically significant differences (P≤0.05) of temperature and concentration effect between treatments



(a) 70 °C, 0.0625% (b) 70 °C, 0.125% (c) 70 °C, 0.1875%

(d) 80 °C, 0.0625% (e) 80 °C, 0.125% (f) 80 °C, 0.1875%

(g) 90 °C, 0.0625% (h) 90 °C, 0.125% (i) 90 °C, 0.1875%

Figure 2 The morphology of quercetin powder by scanning electron microscope (SEM) spray drying at various temperature outlet and feed concentration.

Table 1 Viscosity of feed solutions and moisture content of spray dried quercetin.

Drying temperature (°C)	Concentration (%)	Viscosity (cP)	Moisture Contents (%)
70	0.0625	2.77^{e*}	2.72
	0.125	4.71^{cd}	3.30
	0.1875	8.15^{a}	2.63
80	0.0625	2.68^{e}	1.34
	0.125	3.70^{de}	3.40
	0.1875	6.15^{bc}	1.39
90	0.0625	2.58^{e}	1.34
	0.125	4.33^{de}	3.58
	0.1875	7.62^{ab}	1.53

*Different letter (a,b,c,d,e) in the same column showed significant difference (P≤0.05)

ผลของสารละลายนาโนไคโตซานต่อสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฉายรังสีแกมมา
Effect of nano chitosan solution in combination with gamma irradiation on postharvest physiology of mangoes cv. "Nam Dok Mai No. 4" with gamma irradiation

สุกัญญา เอี่ยมลออ[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[2, 3] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[2, 3]วรรณวิมล ปาสาณพันธ์[4] และ ชลิดา ชลไมตรี[2]
Aiamla-or, S.[1], Uthairatanakij, A.[2, 3] Jitareerat, P.[2, 3], Pasanphan, W[4]. and Chonmaitree, C.[2]

Abstract

This research was aimed to study the efficiency of nano chitosan (CHI15kDa) coating solution on physiological changes in gamma irradiated mangoes cv. Nam Dok Mai No.4. Fruits were harvested at 80% mature stage, then coated with 0.5% nano chitosan. The fruits with or without CHAI15kDa were irradiated with 0.75 kGy gamma ray. The irradiated fruits without CHI15kDa were served as control. Afterward, mangoes were immediately analyzed for respiration rate, ethylene production, chlorophyll contents, chlorophyllase activity and peel colour. The fruits were kept at 13 °C. The results revealed that coating mangoes with CHI15kDa then irradiated gamma ray resulted in low respiration rate and ethylene production when compared to control. The coating mangoes with CHI15kDa then irradiated with gamma ray delayed change of peel colour when compared to irradiated fruits without CHI15kDa. These results indicate that a slow decreasing of chlorophyll content was related to the increase of chlorophyllase activity.

Keywords: Mangoes, Gamma irradiation, Nano chitosan

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงศึกษาศักยภาพของสารละลายเคลือบผิวนาโนไคโตซาน (CHI15kDa) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ได้รับรังสีแกมมา โดยเก็บเกี่ยวมะม่วงระยะสุกแก่ร้อยละ 80 เคลือบผิวด้วยสารละลายนาโนไคโตซาน ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และนำไปรับการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.75 กิโลเกรย์ มะม่วงได้รับการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว คือ ชุดควบคุม ภายหลังรับการฉายรังสี ทำการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด กิจกรรมเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสและสีเปลือก ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่าหลังการฉายรังสีแกมมามะม่วงที่ได้การเคลือบผิวด้วยสารละลาย CHI15kDa มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้การเคลือบผิวด้วยสารละลาย CHI15kDa ให้มะม่วงก่อนนำไปรับการฉายรังสีสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเมื่อเทียบกับมะม่วงที่รับการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับการชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ และการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส

คำสำคัญ: มะม่วง, รังสีแกมมา, นาโน ไคโตซาน

บทนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลไม้ที่สำคัญและมีศักยภาพในการส่งออกสูง การส่งออกมะม่วงไปยังตลาดในประเทศสหรัฐอเมริกาจะต้องทำการฉายรังสีก่อนเพื่อกำจัดโรคและแมลงที่ติดอยู่กับมะม่วง จากผลการศึกษาของ อภิรดี และคณะ (2556) พบว่าสีเปลือกมะม่วงที่ได้รับการฉายรังสีแกมมามีการพัฒนาที่ผิดปกติเปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่ผ่านการฉายรังสีแกมมาในระหว่างการเก็บรักษา คือ สีเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองไม่สม่ำเสมอ ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้มะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีไม่เป็นที่

[1]ศูนย์บริการทางการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ราชบุรี) 209 หมู่ 1 ต. รางบัว อ. จอมบึง จ. ราชบุรี 70150
[1]King Mongkut's University of Technology Thonburi Learning Park (Ratchaburi), 209 Moo 1, Rangbua, Chombung, Ratchaburi, 70150, Thailand
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน)
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[2]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
[3]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[3]Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand
[4]ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
[4]Department of Materials Science, Faculty of Science, Kasetsart university 50 Ngam Wong Wan Road, Lat Yao Chatuchak Bangkok 10900

ดึงดูดใจในการบริโภค อย่างไรก็ตาม มะม่วงที่รับการฉายรังสีแกมมา 0.7 kGy มีปริมาณสารต้านแอนติออกซิแดนซ์ (antioxidants) เพิ่มสูงขึ้น เช่น phenolic compounds และ ascorbic acid (อภิรดี และคณะ, 2556) นอกจากนี้การฉายรังสีแกมมาสามารถชะลอกระบวนการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ ดังนั้น เพื่อเพิ่มศักยภาพการส่งออกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ฉายรังสีแกมมา การเคลือบผิวมะม่วงก่อนการฉายรังสีจึงน่าจะมีส่วนช่วยลดหรือป้องกันการพัฒนาของสีเปลือกผิดปกติ ไคโตซาน (High molecular weight: HW) เป็นสารธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกปูหรือกุ้ง ไม่มีพิษและรับประทานได้ จากคุณสมบัติเบื้องต้น จึงมีการศึกษาวิจัยนำไคโตซานมาเป็นสารเคลือบผิวในผลไม้หลายๆ ชนิด เช่น แอปเปิ้ล ลองกอง ส้ม องุ่น และมะเขือเทศ เป็นต้น และพบว่าการเคลือบผิวผลิตผลสดสามารถลดอัตราการหายใจ และชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผลสดได้ในระหว่างการเก็บรักษา (El-Ghaouth และคณะ , 1992, 2000; Jiang และ Li, 2001; Gale และคณะ., 2004; Sánchez-González และคณะ, 2011) ปัจจุบันสามารถเตรียมไคโตซานให้มีอนุภาคขนาดเล็กระดับนาโนและนำมาใช้งานทางด้านการเกษตร โดย Chien และคณะ (2007) พบว่าผลส้มที่เคลือบด้วยไคโตซานน้ำหนักมวลโมเลกุล 15 kDa มีคุณภาพของผลิตผลในระหว่างการเก็บรักษาดีกว่าผลิตผลที่เคลือบด้วยไคโตซาน 357 kDa ส่วน Badawy และ Rabea (2009) พบว่าการเคลือบผิวมะเขือเทศด้วยไคโตซานน้ำหนักมวลโมเลกุลต่ำ (57 kDa) สามารถควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อโรค (*Borytis cinerea*) หลังการเก็บเกี่ยวของมะเขือเทศได้ดีกว่าไคโตซานน้ำหนักมวลโมเลกุลสูง (290 kDa) สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Vasiukova และคณะ (2001) พบว่าไคโตซานมวลโมเลกุลต่ำ (5 kDa) ชักนำให้พืชเกิดความต้านทานต่อเชื้อโรคและชักนำกลไกการป้องกันตัวเอง เช่น สร้างสาร phytoalexins และสารอนุมูล และเร็วๆ นี้ Jongsri และคณะ (2016) รายงานว่าไคโตซานมวลโมเลกุลสูง 360 kDa มีประสิทธิภาพในการลดการเสื่อมสภาพและยืดอายุการวางจำหน่ายของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ดังนั้น งานวิจัยนี้ทำการศึกษาศักยภาพของสารละลายเคลือบผิวนาโนไคโตซาน ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระยะสุกแก่ทางการค้าจากสวนมะม่วงที่อยู่ในเขตอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดราชบุรี นำมาล้างทำความสะอาดพร้อมตัดขั้วผลให้เหลือ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นคัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ หลังจากผึ่งผลให้ผิวเปลือกแห้ง แบ่งมะม่วงออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 70 ผล โดยมะม่วงชุดแรกนำไปจุ่มสารละลาย CHI15kDa ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ซึ่งเตรียมในสารละลาย acetic acid ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 หลังจากนั้นผึ่งแห้งและบรรจุผลลงตาข่ายโฟม มะม่วงชุดที่ไม่ได้รับการจุ่มสารละลาย CHI15kDa ก่อนรับการฉายรังสีแกมมาเป็นมะม่วงในชุดควบคุม หลังจากนำมะม่วงทุกชุดทดลองบรรจุลงกล่องมาตรฐานที่ใช้สำหรับการส่งออก (57x58x14.5 ซม.) และขนย้ายด้วยรถตู้ปรับอากาศเพื่อไปรับการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.75 kGy ณ บริษัท Synergy Health (Thailand) Ltd. ภายหลังการฉายรังสีแกมมา นำมาวิเคราะห์คุณภาพ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วางแผนการทดลองแบบ CRD ระหว่างทำการเก็บรักษา ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทุกๆ 4 วัน นาน 20 วัน สุ่มตัวอย่างมาครั้งละ 6 ผลต่อชุดทดลอง นำมาวัดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดย Color meter ปริมาณคลอโรฟิลล์โดยวิธีของ Moran (1982) อัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีน และกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส (Aiamla-or และคณะ, 2010)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่ามะม่วงเคลือบด้วยสารละลาย CHI15kDa ก่อนนำไปรับการฉายรังสีแกมมาชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อและสีเปลือก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีกว่ามะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยสารละลายนาโนไคโตซานมวลโมเลกุลสูง (190 kDa และ 490 kDa) ก่อนนำไปรับการฉายรังสีแกมมา (สุกัญญา และคณะ, 2558) ซึ่งครั้งนี้จึงนำมะม่วงที่รับการเคลือบผิวด้วยสารละลาย CHI15kDa และนำไปรับการฉายรังสีแกมมามาศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์และกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะม่วง ซึ่งได้รับหรือไม่ได้รับการเคลือบผิวด้วยสารละลาย CHI15kDa ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ก่อนนำไปรับการฉายรังสีแกมมา โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงจากค่า Hue angle (Figure 1A) และค่า b* (Figure 1B) ค่า Hue angle ของเปลือกเปลี่ยนแปลงลดลงระหว่างการเก็บรักษา แต่มะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยสารละลาย CHI15kDa ก่อนนำไปรับการฉายรังสีแกมมามีค่า Hue angle ลดลงช้าเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$) นอกจากนี้สารละลาย CHI15kDa มีผลชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า b* เปลือกมะม่วงที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา สอดคล้องกับการชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกมะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยสารละลาย CHI15kDa ก่อนรับการฉายรังสีแกมมา นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ของเปลือกมะม่วงชุดควบคุมลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับมะม่วงที่รับการเคลือบผิวด้วย CHI15kDa ใน

วันที่ 4-8 ของการเก็บรักษา ($p<0.05$) การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยเอนไซม์หลักที่เกี่ยวข้อง คือ คลอโรฟิลล์เลส (Hörtensteinera และ Kräutler , 2011) พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 8 หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์เปลี่ยนแปลงลดลง สารละลาย CHI15kDa ลดกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสได้ อาจเนื่องจากไคโตซานสามารถกระตุ้นกลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานของพืชและยีนกลุ่มอื่นที่ยังไม่ทราบหน้าที่ที่ชัดเจน นอกจากนี้ไคโตซานยังมีผลลดการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของพืช (Ramonell และคณะ, 2002) จึงเป็นไปได้ว่าสารละลาย CHI15kDa ที่ใช้ในการเคลือบผิวมีผลลดการแสดงออกยีนคลอโรฟิลล์เลสและอาจมีผลลดการสังเคราะห์โปรตีนดังกล่าว จึงอาจส่งผลให้ระดับกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสในเปลือกมะม่วงที่รับการเคลือบผิวก่อนนำมะม่วงไปรับการฉายรังสีแกมมาต่ำกว่ากิจกรรมเอนไซม์ของคลอโรฟิลล์เลสในเปลือกมะม่วงที่ไม่ได้รับการเคลือบผิว (Figure 1F)

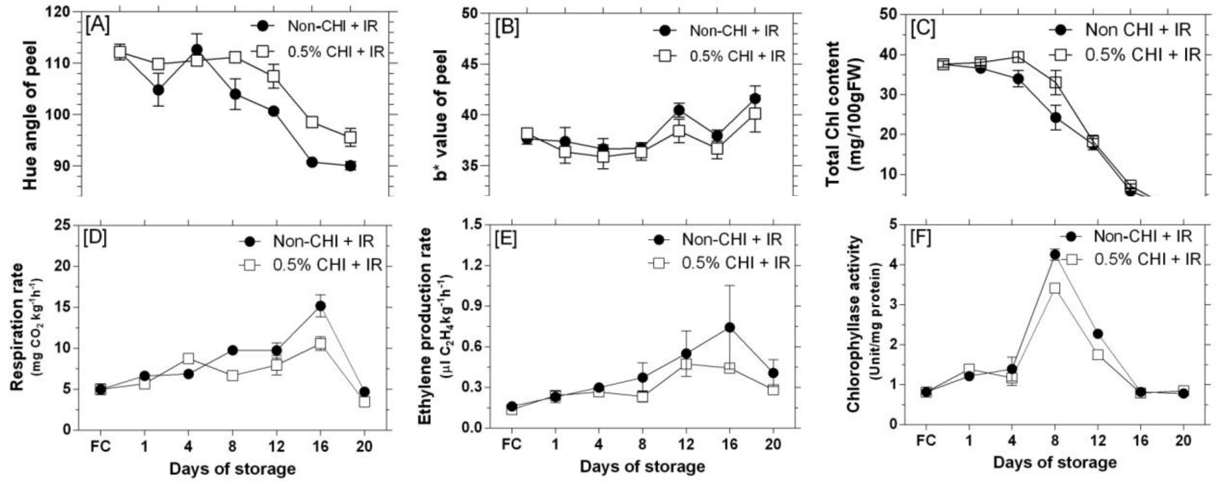


Figure 1 Changes of hue angle and b* values (A, B), total chlorophyll content (C), respiration rate (D) ethylene production (E) and chlorophyllase activity (F) in gamma-irradiated mango cv Nam Dok Mai No.4 with or without nano-chitosan (CHI) during storage at 13 ^{o}C.

เมื่อพิจารณาอัตราการหายใจ (Figure 1D) และการผลิตเอทิลีน (Figure 1E) พบว่ามะม่วงทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับการเคลือบผิวด้วยสารละลาย CHI15kDa มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา และสูงสุดในวันที่ 16 หลังจากนั้นทั้งอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเปลี่ยนแปลงลดลง แต่มะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยสารละลาย CHI15kDa มีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนต่ำกว่ามะม่วงในชุดควบคุม สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Silva และคณะ (2017) ที่พบว่ามะม่วงที่รับการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนลดลง และไคโตซานยังมีผลลดการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลได้ ดังนั้น การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารละลาย CHI15kDa ก่อนนำมะม่วงไปรับการฉายรังสีแกมมาสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยนาโนไคโตซานมีผลชะลอกระบวนการ metabolisms ของมะม่วง ทำให้มีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน นอกจากนี้ สารละลาย CHI15kDa อาจมีผลควบคุมการผ่านเข้าออกของอากาศระหว่างผลิตผลกับอากาศภายนอกผลิตผล โดย Chien และคณะ (2007) พบว่าส้มที่เคลือบด้วยไคโตซานน้ำหนักมวลโมเลกุลต่ำ (15 kDa) สูญเสียน้ำน้อยกว่าผลผลิตผลที่เคลือบด้วยไคโตซานสูง (357 kDa) หรือผลที่ไม่ได้รับการเคลือบผิว แต่อย่างไรก็ตาม Jongsri และคณะ (2016) พบว่ามะม่วงเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานมวลโมเลกุลสูง 360 kDa สูญเสียน้ำน้อยกว่ามะม่วงเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานโมเลกุลต่ำ 40 kDa ดังนั้น ขนาดของนาโนไคโตซานให้ผลในการชะลอการเสื่อมสภาพของผลผลิตแตกต่างกันเมื่อชนิดของผลผลิตต่างชนิดกัน นอกจากนี้ประสิทธิภาพของนาโนไคโตซานอาจขึ้นอยู่กับการใช้วิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอื่นๆ ร่วมด้วย

สรุป

สารละลายเคลือบผิวนาโนไคโตซานสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกมะม่วงจากเขียวไปเป็นสีเหลืองได้ เนื่องจากนาโนไคโตซานลดกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส นอกจากนี้สารละลายเคลือบผิวนาโนไคโตซานยังลดอัตราการหายใจและการ

ผลิตเอทิลีนของมะม่วงที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา ดังนั้นสารละลายนาโนไคโตซานมีศักยภาพในการใช้เคลือบผิวมะม่วงก่อนนำไปรับการฉายรังสีแกมมาเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพของมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้

เอกสารอ้างอิง

สุกัญญา เอี่ยมลออ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และวรรณวิมล ปาสาณพันธ์, 2558, ผลของการเคลือบผิว nano-chitosan ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฉายรังสีแกมมา, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 46:3/1 (ฉบับพิเศษ), 109-112.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ จารุวัฒน์ บุญรอด, 2556, ผลของปริมาณรังสีแกมมาต่อคุณภาพของผลดิบมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาพืช, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 ระหว่างวันที่ 5-7 ก.พ. 2556, กรุงเทพฯ, 528 หน้า.

Aiamla-or, S., Kaewsuksaeng, S., Shigyo, M., and Yamauchi, N., 2010, Impact of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and chlorophyll-degrading enzyme activities in stored broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets, Food Chemistry, 120(3); 645-651.

Badawy, M.E.I. and Rabea, E.I., 2009, Potential of biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit, Postharvest Biology and Technology, 51; 110-117.

Chien, P., Sheu, F., and Lin, H., 2007, Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life, Food Chemistry, 100; 1160-1164.

El-Ghaouth, A., Ponnamapalam, R., Castaglne, F. and Arul, J., 1992, Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes, HortScience, 27; 1016-1018.

El-Ghaouth, A., Smilanick, J.L. and Wilson, C.L., 2000, Enhancement of performance of *Candida saitoana* by the addition of glycolchitosan for the control of postharvest decay of apple and citrus fruit, Postharvest Biology and Technology, 19; 103-110.

Gale, G., Fernández-Valle, M., Martínes, A. and Heras, A., 2004, Application of MRI to monitor the process of ripening and decay in citrus treated with chitosan solutions, Magnetic Resonance Imaging, 22; 127-137.

Hörtensteiner, S. and Kräutler, B., 2011, Chlorophyll breakdown in higher plants, Biochemica et Biophysica Acta, 1807: 977–988

Jiang, Y. and Li, Y., 2001, Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit, Food Chemistry, 73; 143-159.

Jongsri, P., Wangsomboondee, T., Rojsitthisak, P., and Seraypheap, K., 2016, Effect of molecular weight of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit, Food Science and Technology, 73:28-36.

Moran, R., 1982, Furmulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N-dimethylformamide, Plant Physiology, 68(6); 1376-1381.

Ramonell, K.M., Zhange, B., Ewing, R.M., Chen, Y., Xu, D., Stacey, G., and Somerville, S., 2002, Microarray analysis of chitin elicitation in *Arabidropsis thaliana*, Molecular Plant Pathology, 3; 301-311.

Sánchez-González, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., González-Martínez, C., and Cháfer, M., 2011, Effect of hydroxypropyl methylcellulose and chitosan coating with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes, Postharvest Biology and Technology, 60; 57-63.

Silva, G. M.C., Silva, W. B., Medeiros, D.B., Salvador, A.R., Cordeiro, M.H.M., da Silva, N.M., Santana, D.B. and Mizobutsi, G.P., 2017, The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage, Food Chemistry, 237; 372-378.

Vasiukova, N.I., Zinoveva, S.V., Il'inskaia, L.I., Perekhod, E.A., Chalenko, G.I., Gerasimova, N.G., Il'ina, A.V., Varlamov, V.P., and Ozeretskovskaia, O.L., 2001, Modulation of plant resistance to disease by water-soluble chitosan, Prikladnaia Biokhimiia I Mikrobiologiia, 37; 115-122.

การศึกษาฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ของพืชสมุนไพรวงศ์ขิง
Investigation of Antimicrobial Activity of Medicinal Plants in Family Zingiberaceae

นิตยา บุญทิม[1] อนุชารักสันติ[1]สายสมร ลำยอง[2] วสุ ปฐมอารีย์[2]ชินกฤต สุวรรณคีรี[3] และ สมภพ บุญทิม[4]
Boontim, N.[1], Ruksanti, A.[1]Lumyong, S[2].,Prathomaree, W.[2], Suwanakeree, C[3]. and Boontim, S.[4]

Abstract

The objective of this study was to evaluate the antimicrobial activities of plants in family Zingiberaceae. Wan-nang-kum, pha-ya-mue-lek, wan-kan-ta-ma-la and wan-jung-ngung were used in this study. These ethanolic plant extracts were tested for antimicrobial activities with tested microbes by disc diffusion method. The result of inhibitory concentration of wan-nang-kum that could inhibit *Staphylococcus aureus* ATCC29213, *Escherichia coli* O157H7, *Candida albicans* and *Aspergillus flavus* were 2.5, 40, 1.25 and 10 mg/ml, respectively. The same minimal inhibitory concentration of pha-ya-meu-lek that inhibited *Bacillus cereus*, *Bacillus subtiis* and *S. aureus* ATCC29213 were 0.156 mg/ml. The extracts of pha-ya-meu-lek and pha-ya-wan could inhibit *C. abicans* at 0.07 mg/ml and 0.62 mg/ml. The minimal inhibitory concentration of pha-ya-meu-lek could inhibit *A. Flavus* at 0.62 mg/ml.

Keywords: antimicrobial activity, family Zingiberaceae

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ของพืชในวงศ์ Zingiberaceaeได้แก่ ว่านนางคำ พญาว่าน พญามือเหล็ก ว่านคันทมาลาและว่านจังงัง เป็นว่านที่นำมาใช้ศึกษาครั้งนี้ หลังจากนำสารสกัดแอลกอฮอล์ของว่านเหล่านี้มาทดสอบกับจุลินทรีย์ทดสอบโดยวิธี disc diffusion method พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของว่านนางคำซึ่งสามารถยับยั้ง *Staphylococus aureus* ATCC29213, *Escherichia coli* O157H7, *Candida albicans* และ *Aspergillus flavus* มีค่าเท่ากับ 2.5, 40, 1.25 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นต่ำสุดของว่านพญามือเหล็กที่สามารถยับยั้ง *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* และ *S. aureus* ATCC29213 มีค่าเท่ากันคือ 0.156 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรส่วนสารสกัดจากพญามือเหล็กและพญาว่านที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *C. albicans* ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.07 และ 0.62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลการทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อราพบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของพญามือเหล็กที่สามารถยับยั้ง *A. flavus* มีค่าเท่ากับ 0.62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ: การยับยั้งจุลินทรีย์ พืชตระกูลขิง

คำนำ

ว่านวงศ์ขิง เป็นพืชพวกหัวเหง้าซึ่งเป็นที่รู้จักและนำมาใช้ประโยชน์โดยการนำมาทำอาหารและเป็นยารักษาโรค ว่านวงศ์นี้มีความหลายหลายในเรื่องของสายพันธุ์ซึ่งในประเทศไทยมีประมาณ 300 ชนิด (พวงเพ็ญ, 2008) ว่านที่ทำการศึกษากันมาก ได้แก่ ขิง ข่า และขมิ้นชัน เช่น จงรักและคณะ (2554) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของขมิ้นชา ขิง ข่า และกระชาย ในการกำจัดเหา นุศวดีและสมใจ (2553) ได้ทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิวจากสารสกัดจากขมิ้นชันพบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Propionibacterium acnes* และ *Staphylococcus aureus* อย่างไรก็ตามยังมีว่านอีกหลายชนิดที่มีการศึกษากันน้อย เช่น ว่านนางคำที่มีสรรพคุณอันโดดเด่นในเรื่องของการบำรุงผิวโดยนิยมนำหัวว่านมาฝนกับน้ำใช้ขัดหน้าให้ขาว สำหรับว่านคันทมาลานั้นนำ

[1]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
1Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University 50200
[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
[2]Faculty of Science, Chiang Mai University 50200
[3]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
[3]Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200
[4] คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลับเชียงใหม่50200
[4]Faculty of Medicine, Chiang Mai University 50200

หัวมาฝนกับน้ำปูนใสหรือน้ำเกลือใช้รับประทานแก้อาการท้องขึ้น ท้องร่วงและโรคบิด ว่านจังงังนั้นใช้หัวแห้งมาบดเป็นผงแล้วนำมาผสมกับดินสอพองใช้ประพรมตัวร่างกายให้มีกลิ่นหอมในขณะที่พญาว่านนำมาใช้ทาแก้พิษที่เกิดจากแมลงสัตว์กัดต่อยหรือใช้กินแก้อาการเบื่อเมาหรือนำหัวว่านมาต้มน้ำดื่มใช้เป็นยาบำรุงหัวใจ นอกจากนี้พญาว่านยังใช้เป็นเครื่องประทินผิวในราชสำนักมาตั้งแต่สมัยโบราณ (รังว่าน ปากช่อง, 2524) พญามือเหล็กนั้นใช้หัวสดตำให้ละเอียดแล้วผสมกับสุราหรือน้ำซาวข้าวใช้พอกแก้อาการปวดบวมตามข้อและอาการอัมพาตจะเห็นได้ว่าว่านนั้นมีสรรพคุณมากมายและมีการใช้ประโยชน์มาเป็นเวลายาวนานแต่ยังคงขาดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจมากขึ้นดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดจากว่านในการยังยั้งจุลินทรีย์เพื่อใช้เป็นแนวทางคัดเลือกว่านที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมาพัฒนาต่อยอดในการเพิ่มมูลค่าให้กับว่านวงศ์ขิงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบนำว่านแต่ละชนิดมาล้างด้วยน้ำให้สะอาดและนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดและนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 80 Mesh เก็บผงว่านที่ได้ในภาชนะที่แห้งเก็บไว้เพื่อทดสอบในขั้นต่อไป

1. การสกัดสารจากว่าน โดยการนำผงว่านแต่ละชนิดหนัก 125กรัมมาสกัดด้วยเอทานอล 95% ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 7 วันหลังจากนั้นนำมาระเหยเอาเอทานอลออกด้วยเครื่องrotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45°C และเก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาในอุณหภูมิ 4°C
2. การทดสอบการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัด(inhibition zone)จุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบมีจำนวน 7 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* ATCC29213, *Escherichia coli* O157H7, *Salmonella typhi*, *Candida albicans*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*และ *Aspergillus flavus* โดยวิธี agar well diffusion assay
3. การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (minimal microbial concentration, MIC) ด้วยวิธี disc diffusion assay

ผลการทดลอง

เมื่อนำสารสกัดจากว่านวงศ์ขิงแต่ละชนิด เช่น ว่านนางคำ ว่านคันทมาลา ว่านจังงัง พญาว่านและพญามือเหล็ก (Figure 1) มาทดสอบกับแบคทีเรียแกรมบวก (*S. aureus* ATCC29213, *B. cereus*, *B. subtilis*), แบคทีเรียแกรมลบ (*E. coli* O157H7, *S. typhi*), ยีสต์ (*C. albicans*) และเชื้อรา (*A. flavus*) ผลการทดสอบพบว่าสารสกัดแอลกอฮอล์จากว่านวงศ์ขิงหลายชนิด เช่น ว่านพญามือเหล็กสามารถยับยั้ง*B. cereus*และ *B. subtilis* ได้ดีที่สุด (Table 1) เช่นเดียวกันว่านนางคำสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. sureus* ATCC29213 และ *C. albicans* ได้ดีที่สุด ส่วนว่านคันทมาลานั้นสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ (*S. typhi* และ *E. coli* O157H7) และเชื้อราได้ดี ในการทดสอบขั้นต่อไปได้คัดเลือกสารสกัดจากว่านที่มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์มาหาความเข้มข้นต่ำสุดพบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดของว่านนางคำที่ยับยั้ง *S. aureus* ATCC29213, *E. coli* O157H7, *C. albicans* และ *A. flavus* เท่ากับ 2.5, 40, 1.25 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดจากว่านพญามือเหล็กในการยับยั้ง*B. subtilis*, *B. cereus* และ *S. aureus* ATCC29213 มีค่าเท่ากับ คือ 0.156 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Figure 2) ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้ง *C. albicans* และ *A. flavus* มีค่าเท่ากับ 0.078 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 2) ความเข้มข้นต่ำสุดของว่านคันทมาลาที่ยับยั้ง *E. coli* O157H7, *S. typhi* และ *A. flavus* มีค่าเท่ากับ 40, 20 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดของพญาว่านที่ยับยั้ง*C. Albicans* และ *A. flavus* เท่ากับ 0.625 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

วิจารณ์ผล**

ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าว่านตระกูลขิงหลายชนิดมีความน่าสนใจมากและมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายโดยเฉพาะเรื่องในการยับยั้งจุลินทรีย์ว่านทุกชนิดที่ทดสอบนั้นสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* อย่างไรก็ตามมีว่านบางชนิดที่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ผลการทดลองเช่นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ พีรพัฒน์ และคณะ (2010) ซึ่งนำสมุนไพรสด เช่น ขิง ข่า มาทดสอบกับ *S. aureus* พบว่าสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถยับยั้งการเจริญของ methicllin-resistant *S. aureus* แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* O157H7 อย่างไรก็ตามผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่ามีว่านวงศ์ขิงบางชนิดเช่น ว่านนางคำและว่านคันทมาลานั้นสามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* O157H7 ได้ ที่สำคัญพบว่าว่านพญามือเหล็ก

สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *C. albicans* ดีกว่ายาปฏิชีวนะstreptomycin ซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม (positive control) ในการทดสอบครั้งนี้ส่วนสารสกัดจากพญาว่านก็สามารถยับยั้งการเจริญของ *C. albicans* ได้เท่ากับ streptomycin เช่นเดียวกัน ดังนั้นว่านพญามือเหล็กและพญาว่านจึงเป็นว่านวงศ์ขิงที่น่าสนใจมากต่อการนำมาทำวิจัยต่อยอดอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายอีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้ว่านเหล่านี้อีกด้วย

สรุป

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ว่านนางคำ ว่านคันทมาลา ว่านจังงัง พญาว่านและพญามือเหล็กนั้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันดังนั้นว่านเหล่านี้จึงมีศักยภาพสูงที่ควรทำการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง เช่น เวชสำอางหรือผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง**

จงรัก ชูเทียน, ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ และ อภิรัฎ ธวัชสิน,ประสิทธิภาพของขมิ้นชัน,ข่าและกระชายในการกำจัดเหา, วารสารสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ฉบับพิเศษ 4(3): 41.

นุศวดี พจนานุกิจ และ สมใจ ขจรชีพพันธ์งาม, 2553, การทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อสิวของสารสกัดจากพืชสมุนไพร,การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8, หน้าที่ 22-23.

พวงเพ็ญ ศิริรักษ, 2008, การศึกษาพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) ในประเทศไทย, Nu Science Journal, 5(2):119-128.

พีรพัฒน์ สุพรรณพันธุ์, วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และสุบัณฑิต นิ่มรัตน์, 2010, ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรที่ผลิตเชิงการค้าและสารสมุนไพรสกัดสดบางชนิดในการยับยั้งการเจริญของ *Staphyococcus aureus*, Thai Journal of Toxicology, 25(1): 15-18.

รังว่าน ปากช่อง, 2524, ชุมนุมว่านยาและไม้มงคล,สำนักพิมพ์หอสมุดกลาง. กรุงเทพฯ, 263 หน้า.

Figure 1 Appearance of (a) wan-pha-ya-meu-lek, (b) wan-kan-ta-ma-la and (c) pha-ya-wan

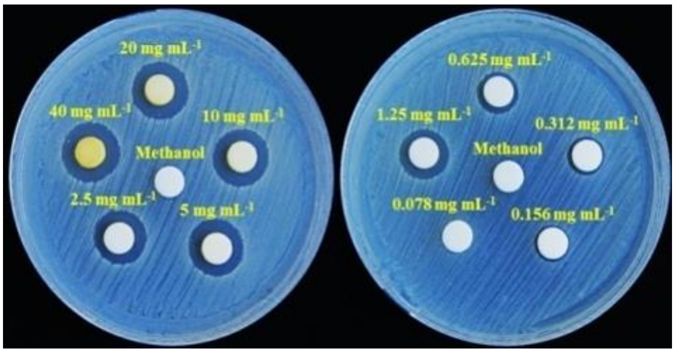


Figure 2 Inhibitory effect of ethanol extract from wan pha-ya-mue-lek on *S. aureus* ATCC29213

Table 1 Result of microbial inhibition from Zingiberaceae extract.

Test microorganism	inhibition zone (mm)				
	wan-nang-kum	pha-ya-mue-lek	wan-kan-ta-ma-la	wan-jung-ngung	pha-ya-wan
B. cereus	16.3±0.6	20.0±1.7	17.0±1.0	9.7±0.6	15.0±0.0
B. subtiis	22.7±0.1	27.7±0.6	18.7±0.6	10.7±0.6	21.7±1.5
S. aureus ATCC29213	19.0±1.0	17.3±0.6	15.3±0.6	16.0±1.0	14.3±0.6
S. typhi	10.0±1.0	13.7±1.2	17.0±1.0	9.7±0.6	8.5±0.6
E. coli O157H7	11.0±1.0	8.3±0.6	13.1±1.7	0.0±0.0	0.0±0.0
C. albicans	17.7±0.6	11.7±1.2	15.0±3.0	12.7±0.6	11.7±0.6
A.flavus	7.7±0.6	7.3±0.6	12.0±1.0	9.3±0.6	7.0±0.0

Table 2 Result of minimal inhibition concentration from Zingiberaceae extract.

Test microorganism	minimal inhibition concentration (mg/ml)				
	wan-nang-kum	pha-ya-mue-lek	wan-kan-ta-ma-la	pha-ya-wan	Streptomycin
B. cereus	ND	0.156	ND	ND	0.0048
B. subtilis	ND	0.156	ND	ND	0.0097
S. aureus ATCC29213	2.5	0.156	ND	ND	0.312
E. coli O157H7	40.0	ND	40.0	ND	0.039
S. typhi	ND	ND	20.0	ND	0.019
C. albicans	1.25	0.078	ND	0.625	0.625
A.flavus	10.0	0.625	2.5	10.0	0.039

ND: not done

ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีในผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas*)
Effects of Gamma Irradiation on Chemical Properties of *Carissa carandas* Fruit

สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] ศิริลักษณ์ ชูแก้ว[1] และจารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1]
Sajjabut, S.[1], Pewlong, W.[1], Chookeaw, S.[1] and Eamsiri, J.[1]

Abstract

Carissa carandas is the tropical plant that commonly known in Thai as Mamaung hao Manao hoa or Nham-daeng. It has a long history in alternative medicine in Thailand. The objective of this research was to investigate the chemical properties from the extracts of irradiated *Carissa carandas* fruits. The *Carissa carandas* fruits were irradiated with gamma radiation at dose of 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 kGy and were extracted with distilled water, 40% ethanol and methanol. This study revealed that the antioxidant activity (DPPH assay), ferric–ion reducing antioxidant potential (FRAP), total phenolic content (Folin-ciocateau reagent assay), total anthocyanins (pH differential method) and % tyrosinase inhibitor in water extracts were increased with an increase in radiation dose. Whereas, the 40 % ethanol and methanol extracts showed not significant difference. However, the DPPH assay, FRAP, total phenolic content, total anthocyanins and % tyrosinase inhibitor of the 40% ethanol and methanol extracts were higher than the water extract.
Keywords: *Carissa carandas*, gamma irradiation, antioxidant activity

บทคัดย่อ

มะม่วงหาวมะนาวโห่หรือหนามแดง (*Carissa carandas*) เป็นพืชพื้นเมืองเขตร้อนที่พบเห็นโดยทั่วไปในประเทศไทยโดยมะม่วงหาวมะนาวโห่นั้นมีสรรพคุณทางยามากมายคุณประโยชน์มากมาย วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกันจากผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา โดยทำการฉายรังสีแกมมาที่ 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 กิโลเกรย์แล้วนำมาสกัดด้วยน้ำกลั่น 40%เอทานอลและเมทานอล ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH assay ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-ciocateau reagent assay ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี pH differential และ การต้านทานเอนไซม์ไทโรซิเนส พบว่าสารสกัดจากน้ำกลั่นมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ เมื่อมีการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณสูงขึ้น ส่วนสารสกัดจาก 40% เอทานอลและเมทานอลไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ทั้งนี้ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด รวมทั้งการต้านทานเอนไซม์ไทโรซิเนสในสารสกัดที่ใช้ 40% เอทานอลและเมทานอลมีค่าที่สูงกว่าในน้ำกลั่น
คำสำคัญ: มะม่วงหาวมะนาวโห่ รังสีแกมมา ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

มะม่วงหาวมะนาวโห่หรือหนามแดงเป็นพืชที่ขึ้นทั่วไปในประเทศไทยและภูมิภาคเอเชีย ลักษณะเป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 2-3 เมตร ตามกิ่งก้านและลำต้นมีหนามแหลม มียางสีขาว ใบเป็นรูปรีเกือบกลม ดอกออกเป็นช่อมีสีขาว ผลรูปทรงกลมรี ผิวเรียบ ผลอ่อนมีสีขาว ผลแก่มีสีชมพู แดงเข้มจนกระทั่งสุกเป็นสีดำ มีรสชาติเปรี้ยว มีประโยชน์ในการบำบัดอาการเจ็บป่วยทั้งในผล ใบ ลำต้น และราก เช่น ใบนำมาต้มดื่มน้ำแก้อาการท้องร่วง เจ็บคอ ผลนั้นทั้งดิบและสุกนำมากินแก้เลือดออกตามไรฟัน ส่วนรากนำมาต้มดื่มเป็นยาขับพยาธิ บำรุงกระเพาะอาหาร เป็นต้น (นิจศิริ, 2547) ในผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่นั้นมีสารต้านอนุมูลอิสระปริมาณที่สูงและระยะการสุกของผลก็มีผลต่อปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระโดยจากการทดลองของ วชิราภรณ์ และคณะ (2556) ผลสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีปริมาณ total phenolic content, total anthocyanins, anthocyanin content และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผลกึ่งสุกและผลดิบส่วนในผลดิบนั้นมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด เทคโนโลยีการฉายรังสีในอาหารนั้นมีประโยชน์ในการลดการปนเปื้อนของ จุลินทรีย์ ยับยั้งการงอก กำจัดแมลง เป็นต้น แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการค้นพบว่าการฉายรังสีในผลไม้ หรือ

---

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization), 9/9 moo 7, Saimoon, Ongkharuk, Nakhon Nayok 26120, Thailand

ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ มีผลในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ เช่น การศึกษาของ Najafabadi และคณะ (2017) พบว่าเมื่อฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2.5 kGy ในพุทราจะทำให้ปริมาณ total monomeric anthocyanin และ total phenolic content สูงขึ้น ส่วน Shabana และคณะ (2016) ได้ฉายรังสีในสาหร่ายสไปรูลีนาพบว่ามีปริมาณ total phenolic content สูงขึ้นเมื่อฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2 kGy สำหรับ Maraei และ Elsawy (2017) ได้ฉายรังสีในสตรอเบอรี่แล้วพบว่าการฉายรังสีที่ปริมาณ600 Gy และพบว่ารังสีแกมมามีผลต่อการกระตุ้นให้เกิด phenolic compound บางชนิด เช่น pyrogallol, gallic acid, catechol, chlorogenic และellagic acid และ Darfour และคณะ (2014) พบว่าสารสกัดจากผลของ*Tetrapleura tetraptera* มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นเมื่อสกัดจากผลที่ผ่านการฉายรังสี ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีการศึกษาผลกระทบต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่สกัดมาจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาหากได้ผลเป็นไปในทางที่ดีก็จะมีการพัฒนาต่อยอดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่ในระยะสุกผลมีสีม่วงดำมาฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 กิโลเกรย์ (kGy) ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์ 60 รุ่น Gamma chamber 5000 ณ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ หลังจากนั้นนำมาปั่นละเอียด และชั่งตัวอย่างที่ผ่านการปั่นละเอียดแล้ว 10 กรัม เติมตัวทำละลายปริมาณ 100 มิลลิลิตร (น้ำกลั่น 40% เอธานอล และ เมธานอล) ตั้งสกัดไว้ 24 ชั่วโมง นำมากรองเก็บส่วนสารละลายแล้วนำไปวิเคราะห์ ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content) (Velioglu และคณะ, 1998) ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด (total anthocyanins content) ด้วยวิธีการ pH differential (Wrolstad และคณะ, 2001) ทดสอบฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity) ด้วยวิธีการ DPPH radical scavenging activity assay (Brand-Williams และคณะ,1995) ทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ferric ion reducing antioxidant power assay : FRAP) (Langley-Evans, 2000) ทดสอบการต้านทานเอนไซม์ไทโรซิเนส (% tyrosinase inhibition) (Uchidaa และคณะ, 2014) การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดโดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง (n=3) และหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±S.D.) พร้อมทั้งนำมาผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Anova และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) กระทำโดยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 19

ผลและวิจารณ์ผล

สารประกอบจำพวกโพลีฟีนอลนั้นเป็นสารกลุ่มนึงที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพในการทดลองนี้ใช้ Folin-Ciocalteau's reagent method เป็นวิธีการที่ใช้ในการทดสอบ โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก จาก Table 1 พบว่าปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อมีการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 10 กิโลเกรย์ในสารสกัดผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดมาจากน้ำมีปริมาณ 1.54 mg GAE/g ส่วนการสกัดด้วย 40%เอธานอลและเมธานอลปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนแปลง การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธีการ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging activity assay โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกซึ่งเป็นวิธีการใช้กันอย่างแพร่หลาย การทดลองนี้พบว่าการฉายรังสีที่ 10 กิโลเกรย์ก่อให้สารสกัดของมะม่วงหาวมะนาวโห่จากน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยมีปริมาณ 0.51 mg AAE/g ส่วนสารสกัดที่สกัดจาก 40%เอธานอลและเมธานอลไม่มีการเปลี่ยนแปลง

การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ferric ion reducing antioxidant power assay : FRAP) เป็นการทดสอบการรีดิวซ์เฟอร์ริก(III) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งให้เกิดอนุมูลอิสระไปเป็นเฟอร์รัส (II)ที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่ง (Pulido และคณะ, 2000) ในการทดลองนี้การทดสอบเทียบกับสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ใน Table 2 พบว่า การฉายรังสี 5.0-10.0 กิโลเกรย์มีผลทำให้ค่า FRAP สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า 8.15-9.41 µmol $FeSO_4$/g ส่วนสารสกัดจาก 40% เอธานอลและเมธานอลไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับแอนโธไซยานินนั้นได้รับการยอมรับว่ามีความสามารถในการป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระได้และมีคุณสมบัติในการบำรุงรักษาทางกายภาพด้านต่างๆ ในร่างกายได้เป็นอย่างดี (Du และ Wang, 2008) จาก Table 2 พบว่าเมื่อมีการฉายรังสีเพิ่มขึ้นค่าของปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดก็สูงขึ้นด้วยในสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำ โดยการฉายรังสีที่ปริมาณ 10 กิโลเกรย์ มีค่า 9.77 mg/L (cyanidin-3-glucoside) ส่วนสารสกัดจาก 40% เอธานอลและเมธานอลไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เมลานินซึ่งเป็นรงควัตถุสีเข้มเกิดขึ้นโดยมีเอนไซม์ไทโรซิเนสซึ่งมีบทบาทมากที่สุดจากการเปลี่ยนสารตั้งต้นไทโรซีนไปเป็น

เมลานิน (Ando และคณะ, 2007) จากผลการทดลองใน Table 3 พบว่า สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยน้ำเมื่อมีการฉายรังสีปริมาณ 10 กิโลเกรย์ มีผลการยับยั้งไทโรซิเนสสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ที่ 11.88% ส่วนสารสกัดจาก 40% เอธานอลและเมธานอลไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการฉายรังสีแกมมาปริมาณสูงขึ้น

จากผลการทดลองนี้ใน Table 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อฉายรังสีในปริมาณที่สูงขึ้นค่าการทดสอบต่างๆ ในสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดจากน้ำมีปริมาณสูงขึ้นอาจสันนิษฐานได้ว่าเกิดมาจากรังสีแกมมา ที่ไปทำลายโครงสร้างของแทนนิน (Variyar และคณะ, 1998) และไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุล (Topuz และ Ozdemir, 2004) ทำให้สารบางชนิดสามารถละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าที่ทดสอบสูงขึ้นเมื่อมีการฉายรังสีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนชนิดของสารที่สกัดด้วยน้ำที่พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการฉายรังสีแกมมานั้น ทางคณะผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยต่อไป แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับสารสกัดด้วย 40% เอธานอล และเมธานอลแล้วค่าการทดสอบที่ได้สูงกว่าสารสกัดจากน้ำ**

สรุป

จากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าเมื่อมีการฉายรังสีแกมมาในผลมะม่วงหาวมะนาวโห่แล้วนำไปสกัดด้วยน้ำ 40% เอธานอลและเมธานอล พบว่าเมื่อฉายรังสีแกมมาปริมาณสูงขึ้นสารสกัดจากน้ำมีปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารแอนโธไซยานินทั้งหมด รวมทั้งการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสเพิ่มสูงขึ้น แต่ในสารสกัดจาก40%เอธานอล และเมธานอล มีค่าการทดสอบทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำ

เอกสารอ้างอิง

นิจศิริ เรืองรังษี, 2547, สมุนไพรไทย เล่ม 1, สำนักพิมพ์ฐานการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 380 หน้า.

วชิราภรณ์ ผิวล่อง, สุรศักดิ์ สัจจบุตร, ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ, 2556, อิทธิพลของระยะเวลาสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2)(พิเศษ). หน้า 337-340.

Ando, H., Kondoh, H., Ichihashi, M. and Hearing, V.J., 2007, Approaches to identify inhibitors of melanin biosynthesis via the quality control of tyrosinase, Jounal of Investigative Dermatology, 127:751-761.

Darfoura, B., Agbenyegahb, S., Ofosua, D.O., Okyerea, A.A. and Asarea, K.I., 2014, Gamma irradiation of *Tetrapleura tetraptera* fruit as a post-harvest technique and its subsequent effect on some phytochemicals, free scavenging activity and physicochemical properties, Radiation Physics and Chemistry, 102: 153–158.

Du, Q. and Wang, X., 2008, Industrial preparation of cyanidin-3-glucoside from the fruits of *Myrica rubra* using slow rotatory countercurrent chromatography, International Journal of Applied Research in Natural Products, 1: 1–5.

Najafabad, N.S.i., Mohammad Ali Sahari, M.A., Barzegar, M. and Zohreh Hamidi Esfahani, Z.H., 2017, Effect of gamma irradiation on some physicochemical properties and bioactive compounds of jujube (*Ziziphus jujuba* var vulgaris) fruit, Radiation Physics and Chemistry, 130 : 62–68.

Pulido, R., Bravo, L. and Saura-Calixo, F., 2000, Antioxidant activity ofdietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/ antioxidant power assay, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 3396-3402.

Rabab W., Maraei, R.W. and Elsawy, K.M., 2017, Chemical quality and nutrient composition of strawberry fruits treated by g-irradiation, Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 10(1): 80-87.

Shabanaa, E.F.,Gabra, M.A., Moussab, H.R., El-Shaerb, A.E. and Mostafa M.S., 2017, Biochemical composition and antioxidant activities of *Arthrospira* (Spirulina) *platensis* in response to gamma irradiation, Food Chemistry, 214:550-555.

Topuz, A. and Ozdemir, F., 2004, Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika, Food Chemistry, 86:509-515.

Uchidaa, R., Ishikawaa, S. and Tomoda, H., 2014, Inhibition of tyrosinase activity and melanine pigmentation by 2-hydroxytyrosol, Acta Pharmaceutica Sinica B, 4(2): 141–145.

Variyar, P.S., Bandyopadhyay, C. and Thomas, P., 1998, Effect of gamma irradiation on the phenolic acid of some Indian spices, International Journal of Food Science and Technology, 33:533-537.

Table 1 Effects of gamma irradiation on total phenolic content and DPPH value of *Carissa carandas* fruit in various solvent extraction.

kGy	Total phenolic content (mgGAE/g)			DPPH value (mgAAE/g)		
	water	40%ethanol	methanol	water	40%ethanol	methanol
0	1.00 ± 0.04 ^{a}	3.43 ± 1.20 ^{a}	3.03 ± 1.31 ^{a}	0.34 ± 0.06 ^{a}	0.96 ± 0.04 ^{a}	0.88 ± 0.05 ^{a}
2.5	1.07 ± 0.16 ^{a}	3.86 ± 1.34 ^{a}	2.72 ± 1.10 ^{a}	0.35 ± 0.03 ^{a}	1.00 ± 0.02 ^{a}	0.80 ± 0.10 ^{a}
5.0	1.13 ± 0.15 ^{ab}	3.14 ± 1.00 ^{a}	2.67 ± 0.92 ^{a}	0.35 ± 0.01 ^{a}	1.03 ± 0.19 ^{a}	0.95 ± 0.22 ^{a}
7.5	1.21 ± 0.28 ^{ab}	3.30 ± 1.10 ^{a}	2.73 ± 1.13 ^{a}	0.37 ± 0.11 ^{a}	0.92 ± 0.61 ^{a}	0.77 ± 0.05 ^{a}
10.0	1.54 ± 0.37 ^{b}	3.42 ± 1.14 ^{a}	2.25 ± 0.82 ^{a}	0.51 ± 0.12 ^{b}	0.95 ± 0.06 ^{a}	0.73 ± 0.05 ^{a}

Values are expressd as mean ± SD of triplicate measurements. Different letter in the same column indicate significant differences at p < 0.05.

Table 2 Effects of gamma irradiation on FRAP and total anthocyanins content of *Carissa carandas* fruit in various solvent extraction.

kGy	FRAP (µmol $FeSO_4$/g)			Total anthocyanins content (mg/L cyanidin-3-glucoside)		
	water	40%ethanol	methanol	water	40%ethanol	methanol
0	5.98 ± 1.16 ^{a}	29.49 ± 3.80 ^{a}	30.18 ± 3.39 ^{a}	6.22 ± 0.82 ^{a}	22.11 ± 1.42 ^{a}	25.28 ± 1.30 ^{a}
2.5	6.13 ± 0.08 ^{a}	33.17 ± 3.92 ^{a}	27.71 ± 3.87 ^{a}	7.25 ± 1.09 ^{ab}	22.88 ± 1.23 ^{a}	26.36 ± 1.95 ^{a}
5.0	8.15 ± 1.09 ^{ab}	29.31 ± 4.31 ^{a}	30.22 ± 3.36 ^{a}	7.91 ± 0.74 ^{b}	22.27 ± 1.42 ^{a}	25.45 ± 1.03 ^{a}
7.5	7.41 ± 0.82 ^{ab}	29.69 ± 4.35 ^{a}	29.3 ± 75.96 ^{a}	6.63 ± 0.42 ^{ab}	20.74 ± 1.04 ^{a}	25.03 ± 0.50 ^{a}
10.0	9.41 ± 1.93 ^{b}	30.80 ± 5.86 ^{a}	26.39 ± 4.10 ^{a}	9.77 ± 0.54 ^{c}	20.56 ± 1.17 ^{a}	24.06 ± 0.71 ^{a}

Values are expressd as mean ± SD of triplicate measurements. Different letter in the same column indicate significant differences at p < 0.05.

Table 3 Effects of gamma irradiation on % Tyrosinase inhibition of *Carissa carandas* fruit in various solvent extraction.

kGy	% Tyrosinase inhibition		
	water	40%ethanol	methanol
0	3.13 ± 0.32 ^{a}	57.96 ± 2.56 ^{a}	57.71 ± 5.59 ^{a}
2.5	5.73 ± 0.83 ^{b}	62.90 ± 0.69 ^{a}	63.53 ± 4.99 ^{a}
5.0	4.76 ± 1.38 ^{ab}	57.47 ± 5.40 ^{a}	66.58 ± 3.35 ^{a}
7.5	5.56 ± 1.32 ^{b}	58.15 ± 1.16 ^{a}	61.31 ± 3.06 ^{a}
10.0	11.88 ± 1.68 ^{c}	58.35 ± 1.58 ^{a}	61.58 ± 6.40 ^{a}

Values are expressd as mean ± SD of triplicate measurements. Different letter in the same column indicate significant differences at p < 0.05.

ปริมาณแอนโธไซยานินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกดาหลา
Anthocyanins and Antioxidant activity of *Etlingera elatior* [Jack] R. M. Smith Extract

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1] กัลยาภรณ์ จันตรี[1] จรัสฟ้า โหมดสุวรรณ[1] นภาภรณ์ แซ่ลี้[2] ณัติฐพล ไข่แสงศรี[2], อรพิน เกิดชูชื่น[2] และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2]
Rungruang, R.[1], Chantree, K.[1], Modsuwan, J.[1], Sae-Lee, N.[2], Kaisangsri, N.[2], Kerdchoechuen, O.[2], and Laohakunjit, N.[2]

Abstract

The aim of this research was to analyze the anthocyanins and antioxidant activity from dried flower of *Etlingera elatior* [Jack] R. M. Smith extracted with ethanol and propylene glycol. Results showed that the phenolics of E. *elatior* extracted with propylene glycol (818.69±85.37 mg GAE/100g sample) were greater than ethanolic extract (210.82±8.60 mg GAE/100g sample). When identified anthocyanins by High Performance Liquid Chromatography (HPLC), it was found that anthocyanins of E. *elatior* extracted with propylene glycol and ethanol were of 5.28 and 1.65 g/100g sample, respectively. In addition, the propylene glycol E. *elatior* extract had a higher antioxidant activity analyzed by ABTS and DPPH radical scavenging method than ethanolic extract.

Keywords: anthocyanin, antioxidant, *Etlingera elatior* [Jack] R. M. Smith

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารแอนโทไซยานินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกดาหลาสายพันธุ์บัวแดงใหญ่ (แห้ง) ที่สกัดด้วยเอทานอลและพรอพไพลีนไกลคอล พบว่าปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดด้วยพรอพไพลีนไกลคอล (818.69±85.37 mg GAE/100g sample) มีปริมาณสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอล (210.82±8.60 mg GAE/100g sample) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่าสารสกัดดอกดาหลาที่สกัดด้วยเอทานอลและพรอพไพลีนไกลคอลมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ 1.65 และ 5.28 g/100g sample ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดดอกดาหลาด้วยพรอพไพลีนไกลคอลมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS และ DPPH สูงกว่าสารสกัดดอกดาหลาที่สกัดด้วยเอทานอล

คำสำคัญ: แอนโทไซยานิน สารต้านอนุมูลอิสระ ดอกดาหลา

คำนำ

ดาหลา *Etlingera elatior* [Jack] R. M. Smith หรือ 'torch ginger' อยู่ในตระกูล Zingiberaceae เป็นพืชที่สามารถพบได้ทั่วไปในโซนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และพบได้มากในทางภาคใต้ของไทย นิยมนำหน่ออ่อนและดอกอ่อนมาใช้ประกอบอาหาร เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส ยา รวมไปถึงนำมาปลูกเพื่อเป็นไม้ดอกไม้ประดับเพิ่มมากขึ้น (Chan และคณะ 2007, Khaw, 2001, Larsen และคณะ 1999, Noweg และคณะ 2003) ผล ดอก และใบถูกนำมาใช้เป็นยาพื้นบ้านของชาวมาเลเซีย และใช้ในทางการแพทย์ เมื่อเร็วๆนี้มีงานวิจัยที่พบว่าในดาหลามีสาร ฟีนอลิก และแอนโธไซยานิน ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Junqueira-Goncalves และคณะ 2015) และมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง (Haleagrahara และคณะ 2010) รวมไปถึงคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนส และไทโรซิเนส (Nithitanakool และคณะ 2014) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผิวหนังเกิดรอยเหี่ยวย่น และหมองคล้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าดาหลายังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดเนื้องอกอีกด้วย (Habsah และคณะ 2005) อย่างไรก็ตามในการสกัดสารจากพืชมักขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆหลายปัจจัย เช่น สภาพแวดล้อมที่พืชเจริญเติบโต พันธุกรรม อายุพืช กระบวนการเก็บเกี่ยว และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรรมวิธีในการสกัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อ

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กทม. 10700
[1] Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, 228-228/1-3 Sirindhorn Rd., Bangbamru, Bangplat, Bangkok 10700
[2]สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[2]Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ปริมาณและคุณภาพของสารสกัด ในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารฟีนอลิก แอนโธไซยานิน ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เอทานอล และพรอพไพลีนไกลคอล

อุปกรณ์และวิธีการ

นำดอกดาหลาสดสายพันธุ์บัวแดงใหญ่ ขนาดดอก 10x8.3 เซนติเมตร (กว้างxสูง) เก็บช่วงเดือนพฤษภาคม จากสวนดอกดาหลา จังหวัดนครปฐม ล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นขนาด ประมาณ 0.5x0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส รยะเวลา 6 ชั่วโมง นำไปปั่นให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงละเอียดขนาด 100 mesh จะได้ผงดาหลาแห้ง นำผงดาหลาแห้งมาสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ 70% เอทานอล และ 50% พรอพไพลีนไกลคอล ในอัตราส่วน 1 ต่อ 7 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง พร้อมเขย่า (Kaprasob และคณะ 2016) จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิก แอนโธไซยานิน และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ตามวิธีดังนี้

1) วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (Total phenolics) โดยใช้ Folin Ciocalteu วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate reader ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณฟีนอลิก โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน gallic acid ดัดแปลงจากวิธีของ Slinkard และ Singleton (1977)

2) วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity และ ABTS radical scavenging capacity assay นำค่าที่ได้คำนวณหาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH● และ ABTS$\bullet^{+}$ โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox (Brand และคณะ, 1995; Cai และคณะ, 2004)

3) วิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) คอลัมน์ที่ใช้ Agilent Eclipse XDB-C18 reverse phase (4.6 mm x 150 mm, 5µm) condition ที่ใช้วิเคราะห์เป็น isocratic elution system มี mobile phase 2 ชนิด โดย mobile phase A คือ 0.1% Trifluoroacetic acid in Milli-Q water และ mobile phase B คือ acetonitile (ACN) flow rate 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที นาน 25 นาที ตัวอย่างปริมาณ 100 µL ใช้ UV-visible diode-array ความยาวคลื่น 250 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณเทียบกับสารมาตรฐาน cyaniding-3-O-glucoside chloride

ผลและวิจารณ์ผล

การสกัดดอกดาหลาแห้งด้วยเอทานอล และพรอพไพลีนไกลคอล วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า การสกัดด้วยพรอพไพลีนไกลคอลมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 818.69±85.37 mg GAE/100g sample extract รองลงมาคือสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณฟีนอลิก เท่ากับ 210.82±8.59 mg GAE/100g sample extract เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินด้วย HPLC (Figure 1) พบว่าการสกัดด้วยพรอพไพลีนไกลคอลมีปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่าสกัดด้วยเอทานอล (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pujirahayu และคณะ 2014 ที่สกัดพรอพอลิส (propolis) พบว่าการสกัดด้วยพรอพไพลีนไกลคอลมีปริมาณฟลาโวนอยด์ (flavonoid content) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟีนอลิกสูงกว่าสกัดด้วยเอทานอล ทั้งนี้เนื่องจากสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบในดอกดาหลา เช่น แอนโธไซยานิน ประกอบไปด้วยสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว ส่งผลให้สารต่างๆที่สกัดด้วยพรอพไพลีนไกลคอลมีปริมาณสูงกว่าเอทานอล (Margeretha และคณะ, 2012) สำหรับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าสอดคล้องกับผลของฟีนอลิกและแอนโธไซยานิน คือการสกัดด้วยพรอพไพลีนไกลคอล (DPPH = 379.45±7.17 และ ABTS = 420.44±0.67 mM Trolox/100g sample) มีฤทธ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอล (DPPH = 120.34±0.87 และ ABTS = 152.82±23.49 mM Trolox/100g sample) (Figure 2) เนื่องจากสารฟีนอลิกมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Catherin และคณะ, 1997) ดังนั้นการที่สกัดด้วยพรอพไพลีนไกลคอลแล้วมีปริมาณฟีนอลิก แอนโธไซยานินสูงจึงส่งผลให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

สรุป

ดอกดาหลาแห้งที่สกัดด้วยพรอพไพลีนไกลคอลมีปริมาณฟีนอลิก แอนโธไซยานิน และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหัวหน้าห้องปฏิบัติการ Phytobioactive and Flavor รศ.ดร.อรพิน เกิดชูชื่น และ รศ.ดร.ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และสารเคมีในการทำวิจัย ขอขอบคุณนางสาวคณิตฌา ทองวัฒนา และนางสาวกนกวรรณ ทวีจันทร์ที่ช่วยทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Brand-William, W., Cuvelier, M.E., and Berset, C., 1995, Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, Lebensmittel Wissenschaft and Technology, 28: 25–30.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., and Corke, H., 2004, Antioxidant activity and phenolic compounds in 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer, Life Sciences, 75: 2157–2184.

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y. and Omar, M., 2007, Antioxidant and anti-bacterial activity of leaves of *Etlingera* species (Zingiberaceae) in Peninsular Malaysia, Food Chemistry, 104: 1586-1593.

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, 12(1), 6.

Junqueira-Gonçalves, M. P., Yáñez, L., Morales, C., Navarro, M., A Contreras, R., and Zúñiga, G. E., 2005, Isolation and characterization of phenolic compounds and anthocyanins from Murta (*Ugni molinae* Turcz.) fruits: Assessment of antioxidant and antibacterial activity, Molecules, 20(4), 5698-5713.

Kaprasob, R., Rungruang, R., Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N., 2016, Volatile compounds of *Etlingera elatior* Extracts by SPME gas chromatography mass spectrometry, Agricultural Science Journal, Vol. 46(3) (Suppl.): 221-224.

Khaw, S. H., 2001, The genus Etlingera (Zingiberaceae) in Peninsular Malaysia including a new species, Gard Bulletin Singapore, 53(1-2), 191-239.

Larsen, K., Ibrahim, H., Khaw, S.H., and Saw, L.G., 1999, Gingers of Peninsular Malaysia and Singapore Kota Kinabalu: Natural History Publications (Borneo).

Nithitanakool, S., Teeranachaideekul, v., Ponpanich, L., Nopporn, N., Junhunkit, T., Wanasawas, P., and Chulasiri, M., 2014, In vitro and in vivo skin whitening and anti-aging potentials of hydroglycolic extract from inflorescence of *Etlingera elatior*, JAASP, 3:314-325

Noweg, T., Abdullah, A.R., and Nidang, D., 2003, Forest plants as vegetables for communities bordering the Crocker Range National Park, ASEAN Review of Biodiversity and Environ-mental Conservation, 1-18.

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.

Pujirahayu, N., Ritonga, H., and Uslinawaty, Z., 2014, Properties and flavonoids content in propolis of some extraction method of raw propolis, International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 6: 338-340.

Margeretha, I., Suniarti, D.F., Herda, E., and Mas'ud, Z.A., 2012, Optimization and comparative study of different extraction methods of biologically active components of Indonesian propolis *Trigona* spp. Journal of Natural Product, 5: 233-242.

Catherin, R.E., Nicholas, M., and George, P., 1997, "Antioxidant properties of phenolic compounds" Trends in Plant Science, 21(4): 152-159.

Haleagrahara, N., Jackie, T., Chakravarthi, S., Rao, M., and Anupama, K., 2010, Protective effect of *Etlingera elatior* (torch ginger) extract on lead acetate: Induced hepatotoxicity in rats, Journal of Toxicological Science, 35: 663-671.

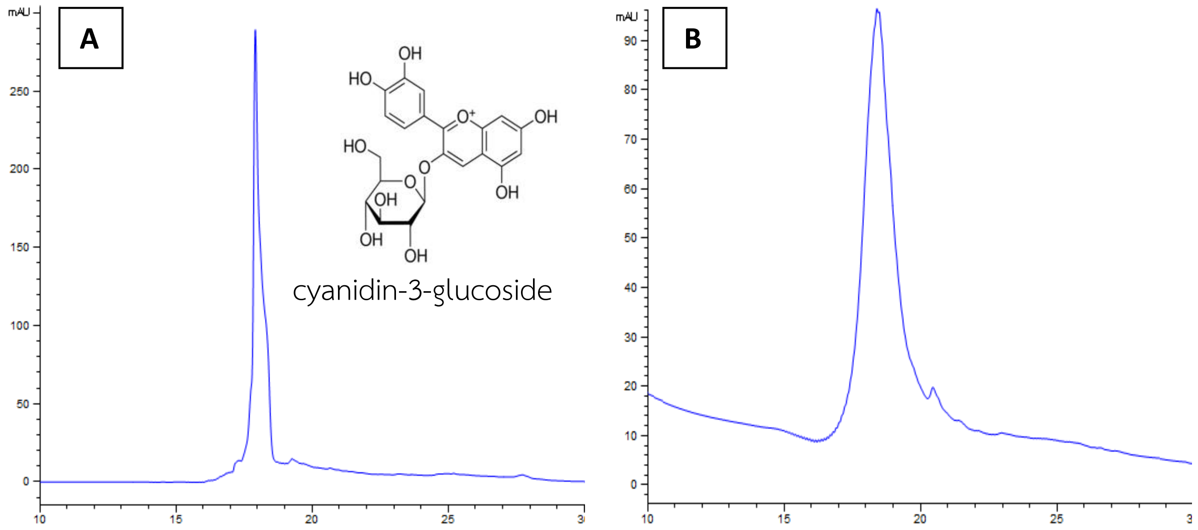


Figure 1 HPLC-DAD chromatograms of anthocyanin (cyanidin-3-glucoside) at 250 nm of (A) Standard cyanidin-3-glucoside (B) Anthocyanin Extracted by Propylene glycol.

Table 1 Results of Total phenolic content and Anthocyanin content in *Etlingera elatior* [Jack] R. M. Smith Extract.

Extracted by	Total Phenolic Content (mgGAE/100g sample extract)	cyanidin-3-glucoside content (g/100g sample extract)	Color
50% Propylene glycol	818.69±85.37	5.28	Dark pink
70% Ethanol	210.82±8.59	1.65	Red pink

Values were expressed as mean ± standard deviation (n=3)

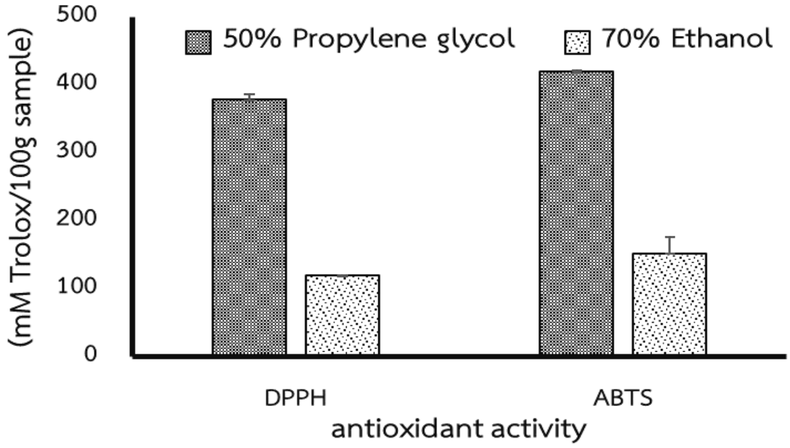


Figure 2 Results of Antioxidant activity DPPH• and ABTS•$^{+}$ of *Etlingera elatior* [Jack] R. M. Smith Extract.

ผลของพีเอชต่อการสกัดแอนโธไซยานิน และสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวทับทิมชุมแพ
Effect of pH on the Extraction of Anthocyanin and Antioxidants of Tubtim Chumphae Rice

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1] จรัสฟ้า โหมดสุวรรณ[1] นภาภรณ์ แซ่ลี้[2] ณัติฐพล ไข่แสงศรี[2], อรพิน เกิดชูชื่น[2] และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2]
Rungruang, R.[1], Modsuwan, J.[1], Sae-Lee, N.[2], Kaisangsri, N. [2], Kerdchoechuen, O. [2], and Laohakunjit, N. [2]

Abstract

Effect of pH on anthocyanin and antioxidants of Tubtim Chumphae rice extracted with 50% ethanol at various pH of 3, 5 and 7. Results showed that the highest yield (3.56%) was observed at pH 3. Anthocyanin contents were analyzed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Results showed that extracted at pH 3 had the highest amount of anthocyanin contents (10.99 g/100g crude extract), followed by pH 5 (7.65 g/100g crude extract) and pH 7 (6.18 g/100g crude extract), respectively. In addition, the crude extract at pH 3 had a higher antioxidant activity analyzed by DPPH● (100.25 mM Trolox/100g crude extract) and ABTS$^{\bullet+}$ (70.23 mM Trolox/100g crude extract) radical scavenging method, than extracted with pH 5 and 7.
Keywords: pH, anthocyanin, antioxidants, Tubtim chumphae rice

บทคัดย่อ

การสกัดแอนโธไซยานินและสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวทับทิมชุมแพ สกัดโดย 50% เอทานอล ที่ pH ต่างกัน คือ pH 3, 5 และ 7 ผลการทดลองพบว่า การสกัดที่สภาวะ pH เท่ากับ 3 ได้ปริมาณสารสกัดสูงที่สุด (ร้อยละ 3.56) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโธไซยานิน โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่า การสกัดที่สภาวะ pH 3 ให้ปริมาณสารแอนโธไซยานินสูงสุดเท่ากับ 10.99 g/100g crude extract รองลงมาคือ pH 5 (7.65 mg/100 g crude extract) และ pH 7 (6.18 g/100g crude extract) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดที่ pH 3 มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH● (100.25 mM Trolox/100g crude extract) และ ABTS$^{\bullet+}$ (70.23 mM Trolox/100g crude extract) สูงกว่าสารสกัดที่ pH เท่ากับ 5 และ 7
คำสำคัญ: พีเอช แอนโธไซยานิน สารต้านอนุมูลอิสระ ข้าวทับทิมชุมแพ

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย และเป็นสินค้าส่งออกเป็นอันดับต้นๆของโลก รวมทั้งเป็นอาหารหลักของประชากรมากกว่าครึ่งโลก ซึ่งข้าวอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารอาหารหลากหลาย รวมทั้ง คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไขมันและวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น สารโทโคไตรอีนอล (tocotrienols) สารแกมมาออริซานอล (gamma-oryzanols) และกรดเฟอรูลิก (ferulic acid) ซึ่งมีคุณสมบัติในการลด hyperglycemia และ hyperlipidemia lowering agents (Qureshi และคณะ, 2002; Zawistowski และคณะ, 2009) ส่วนในข้าวที่มีสีมักพบสารแอนโธไซยานิน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยพบบริเวณผิวของเปลือกข้าว (layer of its grain) ซึ่งสารแอนโธไซยานินเล่านี้มีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Yodmanee, และ Pakdeechanuan, 2011) และ reduces oxidative stress ของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการต้านอนุมูลอิสระ (Chiang และคณะ, 2006) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้าวทับทิมชุมแพ ซึ่งเป็นข้าวที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์จากรังสี (Semi-dwarf KDML105) กับข้าวเจ้าพันธุ์สังข์หยดพัทลุงซึ่งเป็นข้าวเจ้าที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง จนได้ข้าวสายพันธุ์บริสุทธิ์ SRN06008-18-1-5-7-CPA-20 ซึ่งเมื่อหุงสุกจะมีสีแดงใสคล้ายทับทิม ลักษณะเด่นของข้าวสายพันธุ์นี้คือ มีสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ วิตามินอี แกมมาออริซานอล และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง(ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว จังหวัดของแก่น) รวมถึงสารแอนโธไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้าน

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กทม. 10700
[1] Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, 228-228/1-3 Sirindhorn Rd., Bangbamru, Bangplat, Bangkok 10700
[2] สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[2] Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

อนุมูลอิสระสูง อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานการศึกษาสภาวะของ pH ในการสกัดข้าวทับทิมชุมแพที่เหมาะสม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะของ pH ที่มีผลต่อปริมาณแอนโธไซยานิน และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวทับทิมชุมแพ 3 โดยใช้สภาวะของ pH ที 3, 5 และ 7

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวทับทิมชุมแพ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ จังหวัดขอนแก่น มาบดเป็นผงโดยใช้เครื่องปั่นผสม (blender) ร่อนผงข้าวผ่านตะแกรงละเอียดขนาด 100 mesh จะได้ผงข้าวทับทิมชุมแพ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ดังนี้ ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl's method (AOAC, 2000) ปริมาณไขมันโดยวิธี Gravimetric solvent extraction (AOAC, 2000) ปริมาณเถ้าโดยการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600°C จนเป็นสีขาว (AOAC, 2000) ปริมาณไฟเบอร์โดยวิธี acidic detergent digestion (AOAC, 2000) และปริมาณคาร์โบไฮเดรท ดังสมการ %Carbohydrate = 100 – (%Crude protein + %Crude Fat + %Ash + %Fiber)

ส่วนที่สองนำมาสกัดด้วย 50% เอทานอล โดยปรับ pH ด้วยกรดอะซิติก 3 สภาวะคือ pH3 pH5 และ pH7 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 (ข้าวทับทิมชุมแพ:ตัวทำละลาย) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง พร้อมเขย่า จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แยกส่วนกากออก นำไปประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator) จนได้สารสกัดที่มีลักษณะข้นเหนียว (crude extract) นำสารสกัดหยาบที่ได้มาคำนวณหาร้อยละสารสกัด (% yield) โดยคำนวณจากสูตร % yield (w/w) = (น้ำหนักสารสกัดหยาบ/น้ำหนักของวัตถุดิบ) x 100 จากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิก แอนโธไซยานิน และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระต่อไป ตามวิธีดังนี้

1) วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (Total phenolics) โดยใช้ Folin Ciocalteu วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate reader ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณฟีนอลิก โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน gallic acid ดัดแปลงจากวิธีของ Slinkard และ Singleton (1977)

2) วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity และ ABTS radical scavenging capacity assay นำค่าที่ได้คำนวณหาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH● และ ABTS$●^{+}$ โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox (Brand และคณะ, 1995; Cai และคณะ, 2004)

3) วิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) คอลัมน์ที่ใช้ Agilent Eclipse XDB-C18 reverse phase (4.6 mm x 150 mm, 5µm) condition ที่ใช้วิเคราะห์เป็น isocratic elution system มี mobile phase 2 ชนิด โดย mobile phase A คือ 0.1% Trifluoroacetic acid in Milli-Q water และ mobile phase B คือ acetonitile (ACN) flow rate 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที นาน 25 นาที ตัวอย่างปริมาณ 100 µL ใช้ UV-visible diode-array ความยาวคลื่น 250 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณเทียบกับสารมาตรฐาน cyaniding-3-*O*-glucoside chloride

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวทับทิมชุมแพมีองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น ดังนี้ ปริมาณความชื้น 11.31±0.05% โปรตีน 10.66±0.17% ไขมัน 2.43±0.12% เถ้า 1.37±0.05% ไฟเบอร์ 1.77±0.09% และคาร์โบไฮเดรท 72.28±0.26% ดังแสดงใน Table 1 เมื่อนำข้าวทับทิมชุมแพมาสกัดด้วย 50% เอทานอล โดยปรับ pH ด้วยกรดอะซิติก 3 สภาวะคือ pH3 pH5 และ pH7 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 (ข้าวทับทิมชุมแพ:ตัวทำละลาย) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง พร้อมเขย่า พบว่า สารสกัดหยาบ pH 3 มีลักษณะข้นหนืด สีน้ำตาลอ่อน (Figure 1) มีร้อยละของผลผลิต (%yield) สูงสุดเท่ากับ 3.56 ในขณะที่สารสกัดหยาบ pH 5 และ pH 7 มีลักษณะข้นหนืด และสีน้ำตาล มีร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 1.04 และ 1.32 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดผลการทดลองพบว่า สภาวะสกัดที่ pH5 มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุดเท่ากับ 613.77±10.49 mgGAE/100g sample extract รองลงมาคือ pH7 และ pH3 (Table 2) สำหรับปริมาณแอนโธไซยานิน พบว่า สภาวะที่ pH ต่างกันมีผลต่อปริมาณแอนโธไซยานิน โดยการสกัดที่สภาวะ pH3 มีปริมาณแอนโธไซยานินสูงที่สุดเท่ากับ 10.99 g/100g crude extract รองลงมาคือ pH5 (7.65 g/100g crude extract) และ pH7 (6.18 g/100g crude extract) ตามลำดับ (Figure 2) ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะกรดที่ใช้สกัดมีผลในการย่อยผนังเซลล์พืชส่งผลให้แอนโธไซยานินมีปริมาณสูงขึ้น รวมถึงยังมีรายงานวิจัยที่พบว่าแอนโธไซยานินมีความคงตัวสูงเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีสภาวะเป็นกรด (Abdel-Aal และ Hucl, 2003) แอนโธไซยานินมีคุณสมบัติละลายได้ดีใสตัวทำละลายที่มีขั่ว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tewaruth และ Tananuwong, 2010 ที่พบว่าสภาวะที่มีผลต่อปริมาณแอนโธไซยานินคือ สภาวะของ pH โดยที่สภาวะ pH เท่ากับ 2 มีปริมาณแอนโธไซยานินสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสภาวะที่ pH เท่ากับ 6.8 สอดคล้องกับความสามารถในการเป็น

สารต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH● และ ABTS●$^+$ (Figure 3) พบว่า สภาวะของตัวทำละลายที่ pH3 มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH● (100.25 mM Trolox/100g crude extract) และ ABTS●$^+$ (70.23 mM Trolox/100g crude extract) สูงที่สุด รองลงมาคือสภาวะ pH5 และสภาวะ pH7 ตมลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากที่สภาวะที่เป็นกรด (pH3) มีส่วนช่วยในการทำลายผนังเซลล์พืช และทำให้แอนโธไซยานินถูกปลดปล่อยออกมา ซึ่งสารแอนโธไซยานินมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Figueiredo และ Lima, 2015) ส่งผลให้มีปฏิสัมพันธ์ตรงกันคือเมื่อแอนโธไซยานินสูงความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระก็สูงขึ้นด้วย

สรุป

ข้าวทับทิมชุมแพที่สกัดด้วย 50% เอทานอล โดยปรับ pH ด้วยกรดอะซิติก pH เท่ากับ 3 เป็นสภาวะที่ให้ร้อยละผลผลิตปริมาณแอนโธไซยานิน และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนายสำเร็จ สุนทรา ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ และดร.ชิษณุชา บุดดาบุญ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานีที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพสำหรับนำมาทำงานวิจัยในครั้งนี้ และผู้วิจัยขอขอบคุณหัวหน้าห้องปฏิบัติการ Phytobioactive and Flavor รศ.ดร.อรพิน เกิดชูชื่น และ รศ.ดร.ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และสารเคมีในการทำวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ดวยดี

เอกสารอ้างอิง

Abdel-Aal, E. M., and Hucl, P., 2003, Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 2174–2180.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Brand-William, W., Cuvelier, M.E., and Berset, C., 1995, Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, Lebensmittel Wissenschaft and Technology, 28: 25–30.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., and Corke, H., 2004, Antioxidant activity and phenolic compounds in 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer, Life Sciences, Vol. 75, pp. 2157–2184.

Chiang, A.N., Wu, H.L., Yeh, H.I., Chu, C.S., Lin, H.C., and Lee, W.C., 2006, Antioxidant effects of black rice extract through the induction of superoxide dismutase and catalase activities, Lipids, 41: 797–803.

Figueiredo, F. J., and Lima, V. L. A. G., 2015, Antioxidant activity of anthocyanins from quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*) fruits, Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 17(3): 473-479.

Fuleki, T. and Francis, F.J., 1968, “Quantitative methods for anthocyanins: Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries, Food Science, 33: 72-77.

Qureshi, A.A., Sami, S.A., and Khan, F.A., 2002, Effects of stabilized rice bran, its soluble and fibre fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus types I and II, The Journal of Nutritional Biochemistry, 13: 175–187.

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.

Tananuwong, K. and Tewaruth, W., 2010, Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice, LWT-Food Science and Technology, 43(3): 476-481.

Yodmanee, S., Karrila, T.T., and Pakdeechanuan, P., 2011, Physical, chemical and antioxidant properties of pigmented rice grownin Southern Thailand, International Food Research Journal, 18: 901–906.

Zawistowski, J., Kopec, A., and Kitts, D.D., 2009, Effects of a black rice extract (*Oryza sativa* L. Indica) on cholesterol levels and plasma lipid parameters in Wistar Kyoto rats, Journal of Functional Foods, 1: 50–56.

Table 1 Proximate compositions of Tubtim Chumphae Rice.

Proximate compositions	Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash	Crude fiber	Carbohydrate
Content (%)	11.31±0.05	10.66±0.17	2.43±0.12	1.37±0.05	1.77±0.09	72.28±0.26

Values were expressed as mean ± standard deviation (n=3)

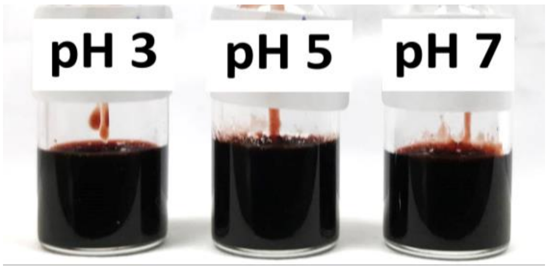


Figure 1 Crude extract of Tubtim Chumphae Rice.

Table 2 %Yield Appearance and Total Phenolic Content of Tubtim Chumphae Rice.

Condition of extracted	Total Phenolic Content (mgGAE/100g crude extract)	% Yield of extract	Appearance and Colour
pH 3	300.98±7.21	3.56	Solid sticky and Brown
pH 5	613.77±10.49	1.04	Solid sticky and Dark brown
pH 7	535.08±14.43	1.32	Solid sticky and Dark brown

Values were expressed as mean ± standard deviation (n=3)

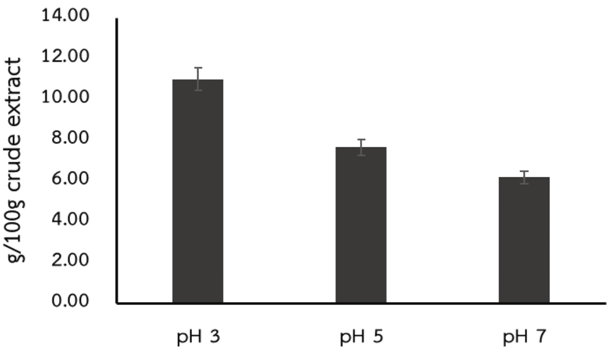


Figure 2 Effect of pH on the Extraction of Anthocyanin in Tubtim Chumphae Rice.

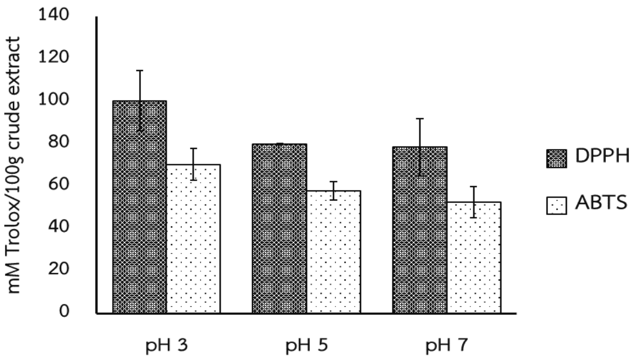


Figure 3 Effect of pH on the Extraction of Antioxidants activity (DPPH● and ABTS●$^{+}$) in Tubtim Chumphae Rice.

ปริมาณเมลาโทนินในสาหร่ายทะเลที่พบทางภาคใต้ของประเทศไทย
Melatonin in Seaweeds Found in Southern Thailand

ณัฐหทัย สุทธิวงษ์[1] นภัสวรรณ สุนทร[2] ปิยดา สุขดี[1] และ รัตนา ตันติศิริวิทย์[2]
Sutthiwong, N.[1], Sunthorn, N.[2], Sukdee, P.[1] and Tantisirivit, R.[2]

Abstract

This study was aimed to investigate melatonin content in methanolic extracts of seaweeds, which were found in southern part of Thailand including Songkhla, Phetchaburi and Prachuabkirikhan by using the High Performance Liquid Chromatography technique (HPLC). Results showed that 4 kinds of seaweeds consisting of *Hydrilla verticillata* (Linn. F.) Royle., *Porphyra vietnamensis*, *Acanthophora spicifera* (Vahl) Børgesen and *Enteromorpha intestinalis* (Linn.) Nees contained melatonin levels of 325.44 $\pm$ 3.41, 59.57 $\pm$ 5.23, 37.34 $\pm$ 2.62 and 13.85 $\pm$ 2.87 µg/g FW, respectively.

Keywords: seaweed, melatonin

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณเมลาโทนินในสารสกัดเมทานอลจากสาหร่ายทะเลที่พบทางภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดสงขลา เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ โดยการใช้เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่า สาหร่ายทะเล 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata* (Linn. f.) Royle) สาหร่ายสายใบ (*Porphyra vietnamensis*) สาหร่ายมงกุฎหนาม (*Acanthophora spicifera* (Vahl) Børgesen) และสาหร่ายไส้ไก่ (*Enteromorpha intestinalis* (Linn.) Nees) มีปริมาณเมลาโทนินเท่ากับ 325.44 $\pm$ 3.41, 59.57 $\pm$ 5.23, 37.34 $\pm$ 2.62 และ 13.85 $\pm$ 2.87 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

คำสำคัญ: สาหร่ายทะเล เมลาโทนิน

คำนำ

เมลาโทนิน (Melatonin) หรือ *N*-acetyl-5-methoxytryptamine เป็นฮอร์โมนระบบประสาทที่มีในร่างกายตามธรรมชาติ ผลิตจากต่อมไพเนียลซึ่งอยู่บริเวณกึ่งกลางของสมองส่วนซีรีบรัม (cerebrum) ซีกซ้ายและซีกขวา เมลาโทนินมีบทบาทที่สำคัญในการควบคุมและปรับเปลี่ยนระบบการทำงานของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับ (Claustrat และ Leston, 2015) ปริมาณเมลาโทนินในร่างกายอาจลดต่ำลงเนื่องจากปัจจัยที่หลากหลาย เช่น อายุที่เพิ่มขึ้น ความเครียด และการเปลี่ยนเวลาและสถานที่ ซึ่งทำให้มีอาการนอนไม่หลับ ตื่นบ่อย และร่างกายอ่อนเพลีย ส่งผลต่อชีวิตประจำวันและประสิทธิภาพในการทำงาน (Atkinson และคณะ, 2005) ปัจจุบันมีการศึกษาอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับประโยชน์ของสารนี้ทางด้านการแพทย์ โดยพบว่าการรับประทานเมลาโทนินเสริมและอาหารที่มีเมลาโทนินเป็นองค์ประกอบมีส่วนชวยลดความเครียดและช่วยในการนอนหลับ (Rogers และคณะ, 2003, Costello และคณะ, 2014) เมื่อเร็วๆ นี้ มีการค้นพบว่าพืชบางชนิดมีความสามารถในการผลิตเมลาโทนิน เช่น *Chenopodium* sp. และ *Eichhornia* sp. (Tan และคณะ, 2014) โดยหน้าที่ของเมลาโทนินในพืชเกี่ยวข้องกับระบบการสืบพันธุ์รวมถึงนาฬิกาชีวภาพ (Circadian rhythms) การปกป้องเซลล์จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและความเครียด และการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ (Arnao และ Hernádez-Ruiz, 2006) นอกจากนั้นยังมีรายงานว่าสาหร่ายทะเลบางชนิดสามารถผลิตเมลาโทนิน เช่น สาหร่ายสีน้ำตาล และสาหร่ายสีเขียว (Gade และคณะ, 2013, Tal และคณะ, 2011, Paredes และคณะ, 2009) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานการศึกษาในประเทศไทยเกี่ยวกับเมลาโทนินในสาหร่ายทะเล ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึง

[1]ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
[1]Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Mu 3, Technopolis, Khlong-ha, Khlong Luang, Pathum Thani 12120
[2]ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
[2] Expert Centre of Innovative Agriculture, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Mu 3, Technopolis, Khlong-ha, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเมลาโทนินในสาหร่ายทะเลที่พบได้ทั่วไปทางภาคใต้ของประเทศไทย สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาปริมาณเมลาโทนินในสาหร่ายทะเลที่พบทางภาคใต้ของประเทศไทย คือ จังหวัดสงขลา เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata* (Linn. f.) Royle) สาหร่ายสายใบ (*Porphyra vietnamensis*) สาหร่ายมงกุฎหนาม (*Acanthophora spicifera* (Vahl) Børgesen) และสาหร่ายไส้ไก่ (*Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees) โดยสกัดตัวอย่างสาหร่ายแต่ละชนิดด้วยเมทานอล อัตราส่วน 1:4 (w/v) ซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator KNF RC600) แล้วกรองผ่านเมมเบรน (Ministart syringe filter PTFE ∅ 0.45 μm) นำสารสกัดหยาบเข้มข้นที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณเมลาโทนินเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน (Merck; Cat no. 444300, Purity 99.9%) ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ในระบบ reverse phase ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์คาร์บอน 18 (LiChrospher RP-18 HPLC Column 5 μm, 25 cm × 4 mm) เชื่อมต่อกับเครื่อง Agilent 1260 Infinity Diode Array Detector Module G1316A (λ 280 nm) เฟสเคลื่อนที่ที่ใช้ คือ กรดอะซิติก เมทานอล และน้ำ (2:8:90 (v/v/v) และ 2:90:8 (v/v/v)) อัตราส่วน 50:50 (v/v) อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ เท่ากับ 0.2 มิลลิลิตรต่อนาที (ดัดแปลงจาก Moussaoui และ Bendriss, 2015)

ผลและวิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์ปริมาณเมลาโทนินในสารสกัดเมทานอลของสาหร่ายทะเล 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายสายใบ สาหร่ายมงกุฎหนาม และสาหร่ายไส้ไก่ (Figure 1) ด้วยเทคนิค HPLC เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน (Figure 2) พบว่าสาหร่ายหางกระรอกมีปริมาณเมลาโทนินสูงที่สุด คือ 325.44 ± 3.41 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด รองลงมาได้แก่ สาหร่ายสายใบ สาหร่ายมงกุฎหนาม และสาหร่ายไส้ไก่ ตามลำดับ (Table 1)

งานวิจัยที่ผ่านมาได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณเมลาโทนินในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น เชอร์รี่ (13×10^{-6} μg/g FW), ผักบุ้ง (12×10^{-6} μg/g FW) และ มะเขือเทศ (17×10^{-6} μg/g FW) (Kolář และ Macháčková, 2005) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเมลาโทนินที่พบในสาหร่ายทะเล 4 ชนิดกับพืชชนิดต่างๆ ข้างต้นแล้ว แสดงให้เห็นได้ว่าสาหร่ายจัดว่าเป็นแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติที่มีเมลาโทนินปริมาณสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pape และ Lüning (2006) และ Drum (2008) ที่รายงานไปในทิศทางเดียวกันว่าสาหร่ายทะเลมีความสามารถในการผลิตเมลาโทนินสูงกว่าปริมาณที่พบในพืชที่เจริญเติบโตบนบก ยกตัวอย่าง เช่น สาหร่ายสีน้ำตาล และสาหร่ายสีเขียว *Ulva lactuca* (120 μg/g FW) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปัจจัยต่างๆ เช่น ความเค็มของน้ำ ปริมาณแอมโมเนียม อุณหภูมิ และปริมาณน้ำในเซลล์สามารถส่งผลต่อปริมาณเมลาโทนินในสาหร่าย (Tal และคณะ, 2011, Wang และคณะ, 2010) ดังนั้นจึงมีความเป็นได้ว่าตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอกที่เก็บมาทำการศึกษาครั้งนี้อาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยเหล่านี้สูงกว่าตัวอย่างสาหร่ายชนิดอื่นๆ เนื่องจากแหล่งที่เก็บตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอกเป็นแอ่งน้ำเล็กๆ ถัดจากชายฝั่ง มีน้ำทะเลท่วมขังเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจทำให้ความเค็มของน้ำสูงขณะที่ระดับน้ำลง และยังทำให้ได้รับแสงแดดตลอดเวลา ส่งผลให้สาหร่ายหางกระรอกผลิตเมลาโทนินสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่นที่อยู่ในทะเล เพื่อปกป้องเซลล์จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและความเครียดจากปัจจัยดังกล่าว อย่างไรก็ตาม วิธีที่ใช้ในการสกัดและการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อปริมาณเมลาโทนินในพืชที่วิเคราะห์ได้

สรุป

การศึกษาปริมาณเมลาโทนินในสาหร่ายทะเลที่พบทางภาคใต้ของประเทศไทยครั้งนี้ ประกอบด้วยสาหร่ายทะเล 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายสายใบ สาหร่ายมงกุฎหนาม และสาหร่ายไส้ไก่ พบว่า สารสกัดเมทานอลของสาหร่ายทะเลแต่ละชนิดมีปริมาณเมลาโทนินที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ 325.44 ± 3.41, 59.57 ± 5.23, 37.34 ± 2.62 และ 13.85 ± 2.87 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

Arnao, M. B. and Hernádez-Ruiz, J., 2006, The physiological function of melatonin in plants, Plant Signaling and Behavior, 1(3): 89-95.

Atkinson, G., Jones, H., Edwards, B.J. and Waterhouse, J.M., 2005, Effects of daytime ingestion of melatonin on short-term athletic performance, Ergonomics, 48: 1512-1522.

Claustrat, B. and Leston, J., 2015, Melatonin: Physiological effects in humans, Neurochirurgie, 61(2-3): 77-84.

Costello, R.B., Lentino, C.V., Boyd, C.C., O'Connell, M.L., Crawford, C.C., Sprengel, M.L. and Deuster, P.A., 2014, The effectiveness of melatonin for promoting healthy sleep: A rapid evidence assessment of the literature, Nutrition Journal, 13(106): 1-17.

Drum R., 2008, Island herbs. [Online], Available: http://www.ryandrum.com/seaweeds.htm. [June 10, 2015]

Gade R., Tulasi M. S. and Bhai V. A., 2013, Seaweeds: A novel biomaterial, International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science, 5(2): 40-44.

Kolář J. and Macháčková I., 2005, Melatonin in higher plants: Occurrence and possible functions, Journal of Pineal Research, 39: 333-341.

Moussaoui, N. E. and Bendriss A., 2015, Analysis of melatonin by high performance liquid chromatography after solid-phase extraction (SPE/HPLC-FD), International Journal of Engineering Research and Technology, 4(2): 988-993.

Pape, C. and Lüning K., 2006, Quantification of melatonin in phototrophic organisms, Journal of Pineal Research, 41(2): 157-165.

Paredes,S. D., Korkmaz, A., Manchester, L.C., Tan, D.X. and Reiter, R.J., 2009, Phytomelatonin: A review, Journal of Experimental Botany, 60(1): 57-69.

Roger, N. L., Kennaway, D. J. and Dawson, D., 2003, Neurobehavioural performance effects of daytime melatonin and temazepam administration, Journal of Sleep Research, 12: 207-212.

Tal, O., Haim, A., Harel, O. and Gerchman Y., 2011, Melatonin as an antioxidant and its semi-lunar rhythm in green macro alga *Ulva* sp., Journal of Experimental Botany, 62(6): 1903-1910.

Tan, D.T., Zheng, X., Kong, J., Manchester, L.C., Hardeland, R., Kim, S.J., Xu, X. and Reiter, R.J., 2014, Fundamental issues related to the origin of melatonin and melatonin isomers during evolution: Relation to their biological Functions, International Journal of Molecular Science, 15: 15858-15890.

Wang, C., Zhang, S.H., Wang, P.F., Li, W. and Lu, J., 2010, Effects of ammonium on the antioxidative response in *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle plants, Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 189-195.

Table 1 Melatonin content in studied seaweeds found in Southern Thailand.

Common name (Thai)	Scientific name	Melatonin content (µg/g FW*)
สาหร่ายหางกระรอก	*Hydrilla verticillata* (Linn. f.) Royle	325.44 ± 3.41
สาหร่ายสายใบ	*Porphyra vietnamensis*	59.57 ± 5.23
สาหร่ายมงกุฎหนาม	*Acanthophora spicifera* (Vahl) Børgesen	37.34 ± 2.62
สาหร่ายไส้ไก่	*Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees	13.85 ± 2.87

* FW means fresh weight

a b c d

Figure 1 Seaweeds used in this study (a) *Hydrilla verticillata* (Linn. f.) Royle (b) *Porphyra vietnamensis* (c) *Acanthophora spicifera* (Vahl) Børgesen and (d) *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees.

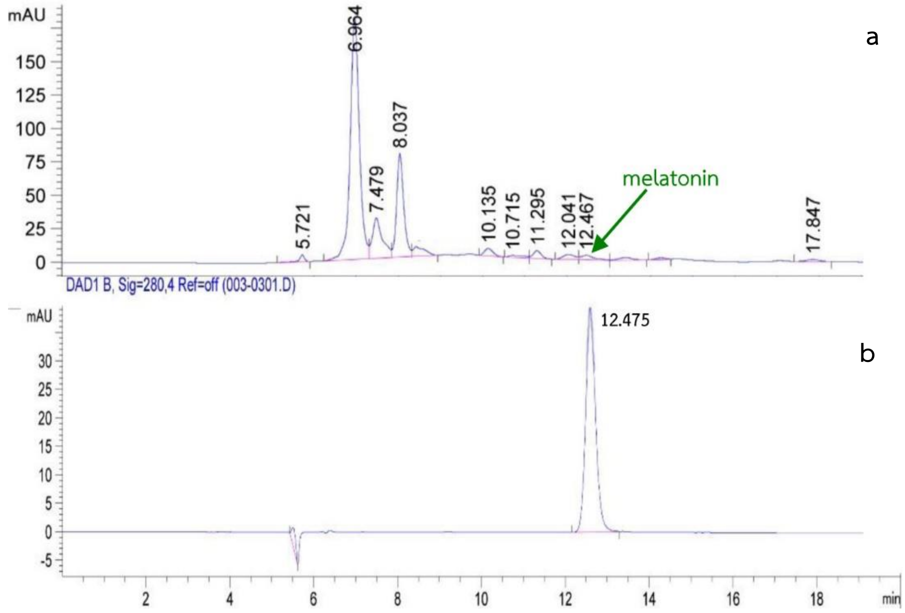


Figure 2 HPLC chromatogram of the extract of *Hydrilla verticillata* (Linn. f.) Royle (a) the standard melatonin solution (b).

คุณภาพและการยอมรับของมะม่วงมหาชนกแผ่นอบแห้งผสมแครอท ฟักทอง ข้าวโพด และมันเทศสีเหลือง
Quality and Acceptability of Dried Mahachanok Mango Leather Mixed with Carrot, Pumpkin, Corn and Sweet Potato

ทัตดาว ภาษีผล[1] ปณิดา กลมเกลี้ยง[1] และ ศิรินดา โพธิ์ทอง[1]
Paseephol, T. [1], Klomklieng, P.[1] and Photong, S.[1]

Abstract

The effect of incorporating beta-carotene-rich vegetables on quality of dried Mahachanok mango leather was conducted. Each selected vegetable such as carrot, pumpkin, corn and sweet potato was mashed and blended with mango pulp at the ratio 50:50. Sugar (16.32% w/w), pectin (1.63% w/w), and citric acid (0.41% w/w) were added to mixed puree (81.63%). The mixture was heated until total soluble solids reached 60°B, and dried at 65°C for 210 min. Results showed that all leathers had water activity of 0.50-0.55, a moisture content of 18.65-19.65% and pH of 3.58-4.11. The color of leather mixed with carrot was redder than control ($p \leq 0.05$), while sample mixed with pumpkin had similar color to control. Texture characteristics of leather mixed with pumpkin were found compared to control (shear stress 28.90 N and stickiness 22.58 g). Regarding 9-points hedonic scale testing, the color, odor, texture and taste scores of the leather mixed with pumpkin were closer to control ($p>0.05$) than the other leathers.

Keywords: Mahachanok mango, fruit leather, beta-carotene

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเติมผักที่เป็นแหล่งเบต้า-แคโรทีนต่อคุณภาพของมะม่วงมหาชนกแผ่นอบแห้ง โดยนำผักแต่ละชนิดที่คัดเลือกไว้ คือ แครอท ฟักทอง ข้าวโพด และมันเทศสีเหลือง มาบดและผสมเข้ากับเนื้อมะม่วงในอัตราส่วน 50:50 จากนั้นเติมน้ำตาล (16.32% w/w) เพคติน (1.63% w/w) และกรดซิตริค (0.41% w/w) ลงไปในเนื้อมะม่วงผสมผัก (81.63%) ให้ความร้อนจนมีของแข็งที่ละลายน้ำได้ 60 องศาบริกซ์ และอบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 210 นาที ผลการศึกษา พบว่า มะม่วงแผ่นทั้งหมดมีค่ากิจกรรมน้ำอิสระ 0.50-0.55 ปริมาณความชื้น 18.65-19.65% และค่าพีเอช 3.58-4.11 สีของมะม่วงแผ่นผสมแครอทมีสีแดงกว่าชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างที่ผสมฟักทองมีสีใกล้เคียงกับชุดควบคุม ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นผสมฟักทองยังมีความคล้ายคลึงกับชุดควบคุม (ค่าแรงเฉือน 28.90 นิวตัน และค่าความเหนียว 22.58 g ผลการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า คะแนนด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติของมะม่วงแผ่นผสมฟักทองมีความใกล้เคียงกับชุดควบคุม ($p>0.05$) มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผสมผักชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ: มะม่วงมหาชนก ผลไม้แผ่น เบต้า-แคโรทีน

คำนำ

มะม่วงพันธุ์มหาชนก (*Mangifera indica L*) เป็นมะม่วงลูกผสมระหว่างมะม่วงหนังกลางวันและมะม่วงซันเซ็ท เมื่อดิบจะมีรสเปรี้ยวมาก จึงนิยมรับประทานสุก ผลสุกผิวมีสีเหลืองอมแดง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร แร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม และโพแทสเซียม รวมทั้งวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินเอในรูปของเบต้า-แคโรทีนที่มีปริมาณ 7.83±0.01 ไมโครกรัมต่อกรัม (วัชรี วาสนา และสายสมร, 2557) มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งและป้องกันโรคหัวใจ มะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก ยังมีสมบัติเด่นในด้านสี กลิ่น และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ คือ มีสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอม รสชาติหวาน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 15 – 18 องศาบริกซ์ มีเนื้อหนาน้ำหนักประมาณ 350 – 500 กรัมต่อผล (รวี และเปรมปรี, 2542) ปัจจุบันประเทศไทยสามารถปลูกมะม่วงมหาชนกได้เป็นจำนวนมาก ให้ผลผลิตในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายนของทุกปี นอกจากการบริโภคในรูปแบบผลสด ยังมีการแปร

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ. กันทรวิชัย จ. มหาสารคาม 44150
[1]Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham, 44150

รูปเป็นมะม่วงกระป๋อง น้ำมะม่วงพร้อมดื่ม มะม่วงแช่เยือกแข็ง มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง แยมและเยลลี่มะม่วง ไวน์มะม่วง มะม่วงเค็ม มะม่วงผง เค้กมะม่วง และมะม่วงแผ่น (กวน) เป็นต้น

มะม่วงแผ่น เป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ได้จากการนำเนื้อมะม่วงสดมาตีปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีการเติมวัตถุเจือปนอาหาร เช่น น้ำตาล กรดซิตริค และสารที่ทำให้เกิดเจล จากนั้นเคี่ยวให้ความร้อนแก่ส่วนผสมทั้งหมด จนปริมาณน้ำลดลงและเทเกลี่ยเป็นแผ่นบางแล้วนำไปทำแห้ง (ชนะชัย และวิชมณี, 2552) จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหาร รับประทานง่าย พกพาสะดวก น้ำหนักเบา เก็บรักษาได้นาน มีกลิ่นรสน่ารับประทานและมีกรรมวิธีในการผลิตไม่ยุ่งยากซับซ้อน ที่ผ่านมามีงานวิจัยจำนวนหนึ่งศึกษาการแปรรูปผลไม้แผ่นจากมะม่วง ลำไย ลิ้นจี่ สับปะรด เงาะ ฝรั่ง ส้ม (รัตนา และคณะ, 2550) มัลเบอร์รี่ (ธนัชญา และปาริชาติ, 2558) บ๊วยผสมผลไม้ (รัชนีกร และอนุวัตร, 2552) เป็นต้น

จากคุณค่าทางโภชนาการและลักษณะทางประสาทสัมผัสที่น่าสนใจของมะม่วงมหาชนก งานวิจัยนี้จึงศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่นอบแห้งจากมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก โดยผสมกับผักที่เป็นแหล่งของเบต้า-แคโรทีนสูงที่มีสีส้ม เหลือง หรือแดงแตกต่างกัน 4 ชนิด ประกอบด้วย แครอท ข้าวโพดหวาน ฟักทอง และมันเทศสีเหลือง เพื่อเป็นแนวทางการแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายด้านสี กลิ่น และรสชาติ เป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค โดยมีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี-กายภาพและประสาทสัมผัส เพื่อประเมินคัดเลือกชนิดของผักที่เหมาะสมในการพัฒนาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ เริ่มจากนำเนื้อมะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็งมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง ผักที่นำมาศึกษา 4 ชนิด เตรียมโดยปอกเปลือกฟักทอง แครอทและมันเทศสีเหลือง ล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ส่วนข้าวโพดหวานนำมาฝาน จากนั้นปั่นผักแต่ละชนิด 100 กรัมกับน้ำเปล่า 4 มิลลิลิตร นาน 3 นาที จนเป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งส่วนผสมตามสูตรที่ดัดแปลงจากศูนย์ข้อมูลกลางทางกระทรวงวัฒนธรรม (2555) ได้แก่ เนื้อมะม่วงต่อผัก (1:1) 200 กรัม น้ำตาลทราย 40 กรัม เพคติน 4 กรัม และกรดซิตริค 1 กรัม วางแผนการทดลองแบบ CRD มีสิ่งทดลองควบคุมที่ใช้เฉพาะมะม่วงมหาชนกอีก 1 ชุดการทดลอง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ กรรมวิธีการผลิตการเตรียมมะม่วงมหาชนกแผ่นอบแห้งผสมผักดัดแปลงจาก ธนัชญา และปาริชาติ (2558) เริ่มจากให้ความร้อนเนื้อมะม่วงผสมผักในหม้อสองชั้นที่มีน้ำเดือดอยู่ด้านล่าง เติมน้ำตาลทรายและเพคติน เคี่ยวจนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 60 องศาบริกซ์ เทกรดซิตริคลงในขั้นสุดท้าย จากนั้นเทส่วนผสมลงในถาด เกลี่ยให้หนา 2 มิลลิเมตร อบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 210 นาที

ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและประสาทสัมผัส โดยวัดปริมาณความชื้นด้วยวิธีอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ (Novasina, Switzerland) วัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ในตำแหน่งต่างๆ กัน 5 จุด ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta รุ่นCR-400, Japan) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ วัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ตามวิธีของ Dangkrajang และคณะ (2004) รายงานค่าแรงตัดสูงสุด ในหน่วยนิวตัน (N) ที่ใช้ในตัดตัวอย่างขนาด 2.5 × 2.5 เซนติเมตร ด้วยหัววัดแบบใบมีดตัด (knife and blade) เป็นระยะทาง 20 มิลลิเมตร ที่อัตราเร็ว 2 มิลลิเมตร/วินาที และรายงานค่าความเหนียว (Stickiness) ในหน่วย g ซึ่งเป็นค่าแรงติดลบสูงสุดที่ใช้ในการถอนหัววัดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (Cylinder probe; P/6) ขึ้นจากผิวหน้าตัวอย่างเป็นระยะทาง 20 มิลลิเมตร ที่อัตราเร็ว 2 มิลลิเมตร/วินาที ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด 5= เฉยๆ และ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อประเมินคัดเลือกชนิดของผักที่เหมาะสมต่อการผลิตมะม่วงแผ่นผสมผักมากที่สุด

ผลและวิจารณ์ผล**

เมื่อนำมะม่วงแผ่นชุดควบคุมและมะม่วงแผ่นผสมผักทั้ง 4 ชนิด มาวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าพีเอช (pH) และปริมาณความชื้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แสดงดัง Table 1 โดยค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.50-0.55 อยู่ในช่วงที่มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ และยังเป็นไปตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่กฎหมายกำหนด (ศุกฤชชญา และพัชริน, 2557) ค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 3.58-4.11 มีความใกล้เคียงกันเนื่องจากการเติมกรดซิตริคลงไปในปริมาณเท่ากันทุกชุดการทดลอง แม้ว่าวัตถุดิบที่เป็นผักชนิดต่างๆ มีค่าพีเอชเริ่มต้นแตกต่างกัน ส่วนปริมาณความชื้นเมื่อเทียบกับผลไม้แผ่น

จากแอปเปิ้ลหรือผลควินซ์ (quince) ผสมกับสารสกัดจากมากี้เบอรี่ (Maqui berry) หลังการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมงจากงานวิจัยของ Torres และคณะ (2015) พบว่ามีความใกล้เคียงกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ค่า L* a* และ b* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยมะม่วงผสมแครอทมีค่าสี a* มากที่สุด สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่มีสีแดงมากที่สุด ส่วนมะม่วงแผ่นผสมฟักทองมีค่าสีใกล้เคียงกับมะม่วงแผ่นสูตรควบคุมมากที่สุด ($p>0.05$) ความแตกต่างของค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (+b*) เกิดจากการมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนและรงควัตถุอื่นๆ ในผักที่นำมาใช้ผสมแตกต่างกัน และอาจเกิดจากการมีน้ำตาลในวัตถุดิบแตกต่างกัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในขณะกวนได้มากน้อยแตกต่างกัน (ศุกฤชชญา และ พัชริน, 2557)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่นผสมผักด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9 Points Hedonic Scale แสดงใน Table 2 พบว่า มะม่วงแผ่นผสมฟักทองได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติมากกว่ามะม่วงแผ่นที่ผสมผักชนิดอื่นๆ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง และมีความใกล้เคียงกับมะม่วงแผ่นที่ไม่ผสมผัก (สูตรควบคุม) มากที่สุด ($p>0.05$) ส่วนการใช้มันเทศเป็นส่วนผสมทำให้มะม่วงแผ่นได้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะต่ำที่สุด ($p\leq0.05$) อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองและมีเนื้อสัมผัสแข็งมากเกินไป มะม่วงแผ่นผสมฟักทองยังได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด แม้ว่าไม่มีความแตกต่างในทางสถิติระหว่างตัวอย่างทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ฟักทองจึงเป็นผักที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาผสมทดแทนมะม่วงมหาชนกในการผลิตผลไม้ผสมผักแผ่นมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Table 2) ชี้ให้เห็นว่า ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนชอบเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นผสมฟักทองเนื่องจากมีเนื้อสัมผัสแข็งปานกลาง ไม่แข็งเกินไปเหมือนกับมะม่วงแผ่นผสมแครอท และมะม่วงแผ่นผสมมันเทศที่มีค่าแรงตัด (Shear stress) มากกว่ามะม่วงแผ่นชุดควบคุม และไม่อ่อนเกินไปเหมือนกับมะม่วงแผ่นผสมข้าวโพดที่มีค่าแรงตัดน้อยที่สุด ($p\leq0.05$) ส่วนค่าความเหนียว (Stickiness) ของมะม่วงแผ่นผสมผักทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกับมะม่วงแผ่นชุดควบคุม

สรุป

จากการใช้ผักที่เป็นแหล่งเบต้า-แคโรทีนแตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ แครอท ฟักทอง ข้าวโพดหวานและมันเทศสีเหลือง เติมลงไปผสมกับเนื้อมะม่วงมหาชนกในอัตราส่วน 50:50 เพื่อผลิตมะม่วงแผ่น พบว่า ชนิดของผักที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าพีเอช และค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ค่าสี (L*, a,* b*) และค่าแรงตัดมีความแตกต่างกันระหว่างชุดทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้การทดแทนด้วยฟักทองทำให้ผลิตภัณฑ์ได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติไม่แตกต่างกับมะม่วงแผ่นที่ไม่มีการเติมผักทดแทน ($p>0.05$) และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง

เอกสารอ้างอิง

ชนะชัย กรวิทยาศิลป์ และวิชมณี ยืนยงพุทธกาล, 2552, การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นม้วนกลิ่นรสเชอร์รี่ที่ใช้ผลไม้ไทยอบแห้งแทนแอปเปิ้ลอบแห้ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40 (1)(พิเศษ): 409-412.

ธนัชญา อินทร์สุวรรณ์ และปาริชาติ ศงสนันทน์, 2558, การพัฒนาผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่แผ่น, รายงานโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร ประจำปีการศึกษา 2557, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยพายัพ, 10 หน้า.

รัชนีกร กิติศิริมงคล และอนุวัตร แจ้งชัด, 2549, การศึกษาเบื้องต้นในการพัฒนาผลไม้แผ่นผสมบ๊วยและผลไม้บางชนิด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 37(2) (พิเศษ): 301-304.

รัตนา อัตตปัญโญ, สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และอนุวัตร แจ้งชัด, 2550, การวิจัยพัฒนาผลไม้กวน (ผลไม้แผ่น) เพื่อยกระดับมาตรฐานและการศึกษาการตลาด, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 439 หน้า.

รวี เสรฐภักดี และเปรมปรี ณ สงขลา, 2542, มหาชนกมะม่วงเพื่ออุตสาหกรรมส่งออกและแปรรูป, วารสารเคหเกษตร, 23(3): 64-68.

วัชรี เทพโยธิน วาสนา รุ่งตระกูลไทย และสายสมร บุตรพรม, 2557, การยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกพร้อมดื่ม, วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ: 131-140.

ศุกฤชชญา เหมะธุลิน และพัชริน ส่งศรี, 2557, การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นรสธรรมชาติจากเม่าหลวง, สารสารแก่นเกษตร, 42 (3) (พิเศษ): 112-117.

ศูนย์ข้อมูลกลางทางกระทรวงวัฒนธรรม, มะม่วงกวน [สืบค้น], htpp://www.mculture.in.th/ moc_new/album/126676/ มะม่วงกวน [12/ August/ 2016].

Dangkrajang, S., Sirichote, A. and Suwansichon, T., 2009, Development of roselle leather from roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) by-product, Asian Journal of Food and Agro-Industry, 2(04): 788-795.

Torres, C.A., Romero, L.A. and Ricardo, I.D., 2015, Quality and sensory attributes of apple and quince leathers made without preservatives and with enhanced antioxidant activity, LWT - Food Science and Technology, 62(2): 996 – 1003.

Table 1 Water activity (Aw), pH, moisture content and color of mango leather mixed with selected vegetables.

Leather	A_w ns	pH ns	Moisture (%) ns	L*	a*	b*
mango	0.55±0.06	3.67±0.04	20.87±2.05	47.74±3.12 c	10.43±3.37 bc	32.42±4.81 ab
mango-carrot	0.50±0.03	4.11±0.34	18.66±0.20	47.60±2.43 c	21.15±1.99 a	27.11±3.67 c
mango-pumpkin	0.54±0.01	3.58±0.23	19.65±3.02	46.89±2.69 c	12.42±2.64 b	29.90±3.37 bc
mango-corn	0.55±0.01	3.63±0.55	19.56±2.14	49.99±2.75 b	7.80±6.41 c	30.93±10.64 bc
mango-sweet potato	0.52±0.01	3.64±0.16	18.65±2.53	53.73±1.57 a	8.92±2.95 c	36.49±2.02 a

a-c Means with the different superscripts within the same row are significantly different (p≤0.05).

ns Not significantly different (p>0.05).

Table 2 Hedonic scores, shear stress (N) and stickiness (g) of mango leather mixed with selected vegetables.

Leather	Sensory attribute					Texture characteristic	
	Color	Odor	Texture	Taste	Overall ns	Shear stress	Stickiness ns
mango	6.20±1.68 ab	6.36±1.68 a	6.84±1.21 a	6.68±1.55 a	6.24±1.27	31.63±1.25 ab	21.70±1.13
mango-carrot	5.64±2.20 bc	5.36±1.29 b	5.84±1.60 bc	6.00±2.04 ab	6.40±1.61	38.88±4.96 ab	22.64±0.33
mango-pumpkin	6.68±1.31 a	6.36±1.11 a	6.48±1.66 ab	6.76±2.01 a	6.96±1.65	28.90±0.09 b	22.58±0.40
mango-corn	6.44±1.78 ab	5.92±1.35 b	5.84±1.82 bc	5.84±2.23 ab	6.20±1.63	20.86±2.67 c	21.71±1.81
mango-sweet potato	5.16±1.80 c	5.44±1.66 b	5.20±1.89 c	5.32±2.21 b	5.80±1.87	36.18±1.31 a	22.41±0.86

a-c Means with the different superscripts within the same row are significantly different (p≤0.05).

ns Not significantly different (p>0.05).

ผลของการเติมผงใบย่านางต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว
Effects of Bamboo Grass Powder Supplementation on Chemical and Physical Properties of Rice Noodle

ดุลย์จิรา สุขบุญญสถิตย์[1] พิราวรรณ สิงห์พร[1] และ สุพิชญา สว่างวงษ์[1]
Sukboonyasatit, D.[1], Singporn, P.[1] and Sawangwong, S.[1]

Abstract

The purpose of this study was to determine the chemical and physical properties of rice noodle supplemented with 1%, 3% and 5% of bamboo grass powder. The results showed that total phenolic content in significantly products increased as the bamboo grass powder increased. Total phenolic content of the control was 21.63 mg GAE/100g and those of supplemented rice noodle were 57.53, 105.43 and 143.40 mg GAE/100g, respectively. DPPH scavenging activities were 16.53, 27.20, 33.56 and 48.13. From physical properties analysis of rice noodles, it was found that noodles with supplements had L* and a* of colouring significantly reduced. Tension force of noodles also significantly decreased. Sensory analysis results revealed that preference of noodle colour had no difference between control and 1% supplements. No differences were found on flavour, taste, texture and overall acceptance of all treatments.

Keywords: phenolic content, DPPH inhibition, bamboo grass, noodle

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมผงใบย่านาง โดยแปรปริมาณผงใบย่านางร้อยละ 1, 3 และ 5 ผลการศึกษาพบว่า การเสริมผงใบย่านางลงในผลิตภัณฑ์ทำให้ปริมาณฟีนอลิกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยในสูตรควบคุมมีปริมาณฟีนอลิก 21.63 mg GAE/100g และผลิตภัณฑ์ที่เติมผงใบย่านางมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 57.53, 105.43 และ 143.40 mg GAE/100g ตามลำดับ ร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH ของตัวอย่างควบคุมมีค่า 16.53 และตัวอย่างที่เติมใบย่านางผงร้อยละ 1 3 และ 5 มีค่า 27.20, 33.56 และ 48.13 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่าเมื่อเติมผงใบย่านาง ส่งผลให้ค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่า L* และ a* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อวิเคราะห์แรงดึงเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่าการเติมผงใบย่านางมากขึ้น ทำให้มีค่าแรงดึงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการเติมผงใบย่านางในเส้นก๋วยเตี๋ยวสด พบว่าคะแนนความชอบในด้านสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรควบคุมและสูตรที่มีการเติมผงใบย่านางร้อยละ 1 ไม่แตกต่างกัน และคะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของทุกสูตรไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: ปริมาณสารฟีนอลิก การยับยั้งอนุมูลอิสระ ใบย่านาง เส้นก๋วยเตี๋ยว

คำนำ

เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมรับประทานเพื่อทดแทนการรับประทานอาหารหลัก ได้แก่ ข้าวหรือขนมปัง นอกจากนี้เส้นก๋วยเตี๋ยวยังเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าข้าวอีกด้วย เพื่อให้มีการเสริมคุณค่าทางอาหารให้แก่เส้นก๋วยเตี๋ยวจึงได้มีผู้ศึกษาถึงการนำวัตถุดิบชนิดอื่นมาเสริมคุณค่าทางอาหารให้แก่เส้นก๋วยเตี๋ยว ได้แก่ การใช้แป้งมันเทศในเส้นก๋วยเตี๋ยว (ยุทธนา และคณะ, 2545) และ การเสริมชาเขียวในเส้นบะหมี่ (Li และคณะ, 2012) เป็นต้น

"ย่านาง" (Ya-Nang) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Tiliacora triandra* เป็นพืชสมุนไพรของไทยที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารอีสาน ใบย่านางมีแร่ธาตุ (แคลเซียมและเหล็ก) สูง นอกจากนี้ยังมีเบต้าแคโรทีน วิตามินอี และสารประกอบฟีนอลิกอีกด้วย (Chaveerach และคณะ, 2016; Singthong และคณะ, 2014) รัชฎาพร (2554) รายงานว่าสารสกัดจากใบย่านางที่สกัดด้วยน้ำ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compound) เท่ากับ 978.99 mg GAE/100g และ

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150
[1]Department of Food Technology and Nutrition, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham, 44150

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่า 19.715 mg/ml นอกจากคุณสมบัติทางเคมีแล้วใบย่านางยังมีคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอีกด้วย โดยจากรายงานของ Sureram และคณะ (2012) พบว่าสาร bisbenzylisoquinoline alkaloids จากย่านางมีความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากเชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* ในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมใบย่านางผงในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมใบย่านางผง นำใบย่านางที่มีใบสีเขียวแก่สม่ำเสมอกัน ล้างให้สะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 15 จากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่น และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุผงใบย่านางในถุงพลาสติกปิดสนิท เพื่อนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยว ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 33.3 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 11.1 น้ำร้อยละ 55.6 และแปรปริมาณผงใบย่านางร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า นำแป้งและผงใบย่านางผสมในอ่างผสม ค่อยๆ เทน้ำลงไปประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำทั้งหมด แล้วนวดให้แป้งเข้ากันดี จากนั้นเติมน้ำที่เหลือทั้งหมด แล้วคนผสมให้เข้ากันดี เทน้ำแป้งบนถาดสี่เหลี่ยม 30x30 ตารางเซนติเมตร ที่ทาน้ำมันแล้ว ให้หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร นึ่งที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ยกถาดลงตั้งไว้ให้เย็น แล้วตัดเส้นขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging assay) ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate (DPPH) วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (Total Phenolic content) ตามวิธีของ Tsai และคณะ (2005) วิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ ตามมาตรฐาน AOAC (1995) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง วัดสี Minolta Colorimeter (รุ่น CR-400 ประเทศญี่ปุ่น) และรายงานผลในระบบ CIE L*, a*, และ b* โดยค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีแดง-สีเขียว) และค่า b* (สีเหลือง–สีน้ำเงิน) และวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA-XT2i, ประเทศอังกฤษ) โหลดเซลล์ 50 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design วิเคราะห์ 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์สถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวพร้อมใส่น้ำซุป โดยใช้ตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวลวกให้สุกในน้ำเดือด จำนวน 10 กรัม และใช้น้ำซุป 25 มิลลิลิตร ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินผลโดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale โดยคะแนน 9 คือชอบมากที่สุด และคะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผล***

คุณลักษณะทางกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมใบย่านางผง

จาก Table 1 พบว่าการเติมผงใบย่านางในเส้นก๋วยเตี๋ยว จะส่งผลให้ก๋วยเตี๋ยวมีค่า L* (ความสว่าง) ลดลงแสดงว่าตัวอย่างมีสีคล้ำขึ้น เมื่อพิจารณาค่า a* และค่า b* ตัวอย่างแป้ง พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่า a* ลดลง แต่ค่า b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากใบย่านางผงมีสีเขียวเข้มจึงส่งผลต่อสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวในลักษณะดังกล่าว

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพในด้านค่าแรงที่ใช้ในการดึงเส้นก๋วยเตี๋ยว (tension force) (Table 1) พบว่า เมื่อปริมาณผงใบย่านางเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงในการดึงเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าลดลง ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการเติมผงใบย่านางลงในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความนุ่มเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลงทำให้ค่าแรงที่ใช้ในการทดสอบลดลงด้วย

คุณลักษณะทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมใบย่านางผง

จาก Table 2 พบว่าทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิก คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และเส้นใยอาหารหยาบในตัวอย่างอาหาร มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณใบย่านางผงที่เติมลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ได้ในเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมใบย่านางผง

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ในด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมใบย่านาง ดังแสดงใน Table 3 แสดงให้เห็นว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมใบย่านางผงทุกสูตรได้รับคะแนนการทดสอบ

ความชอบในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ในช่วงระหว่าง 5.60-6.57 ซึ่งอธิบายได้ว่ามีความชอบในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเติมใบย่านางผงในระดับที่ไม่แตกต่างกันมาก จึงไม่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค แต่เมื่อพิจารณาคะแนนการทดสอบความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อมีการเติมใบย่านางผงในเส้นก๋วยเตี๋ยวมากขึ้นทำให้คะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบในด้านสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมใบย่านางผงสูตรที่เติมใบย่านางผงร้อยละ 1 พบว่าได้รับคะแนนการทดสอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องจากผู้บริโภคไม่คุ้นชินกับการบริโภคเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีสีอื่นนอกเหนือไปจากสีขาวหรือเหลืองอ่อน จึงทำให้คะแนนความชอบในคุณสมบัติด้านนี้ลดลง

สรุปผล

จากการศึกษาผลของการเติมใบย่านางผงต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวสด พบว่าการเสริมใบย่านางมีผลต่อสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวอย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลต่อการลดค่าแรงดึงของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และเส้นใยอาหารของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมใบย่านางผงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และจากการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่าการเสริมใบย่านางร้อยละ 1 ได้รับคะแนนการยอมรับในด้านสีไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสามารถเติมใบย่านางผงในเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ร้อยละ 1 โดยไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่เติมใบย่านาง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับการอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

ยุทธนา พิมลศิริผล และ กมลวรรณ แจ้งชัด, 2545, ผลของแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศต่อคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง, เอกสารการประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 4 THAIFEX&THAIMEX 2002: อาหารไทยเพื่อการพัฒนาประเทศและการส่งออก, กรุงเทพฯ, หน้า 72-80.

รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์ จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี และ จิตรา สิงห์ทอง, 2554, ฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดย่านาง เครือหมาน้อย และรางจืด, รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

AOAC, 1995, Official Method of Analysis, 16th Ed., The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, 1,588 p.

Chaveerach, A., Lertsatitthanakorn, P., Tanee, T., Puangjit, N., Patarapadungkit, N. and Sudmoon, R., 2016, Chemical constituents, antioxidant property, cytotoxicity and genotoxicity of *Tiliacora triandra*, International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research, 8:722-729.

Li, M., Zhang, J.H., Zhu, K.X., Peng, W., Zhang, S.K., Wang, B., Zhu, Y.J. and Zhou, H.M., 2012, Effect of superfine green tea powder on the thermodynamic, rheological and fresh noodle making properties of wheat flour, LWT-Food Science and Technology, 46(1):23-28.

Singthong, J., Oonsivilai, R., Oonmetta-Aree, J. and Ningsanond, S., 2014, Bioactive compounds and encapsulation of Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves, African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 11:76-84.

Sureram, S., Senadeera, S.P.D., Hongmanee, P., Mahidol, C., Ruchirawat, S. and Kittakoop, P., 2012, Antimycobacterial activity of bisbenzylisoquinoline alkaloids from *Tiliacora triandra* against multidrug-resistant isolates of *Mycobacterium tuberculosis,* Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters, 22:2902-2905.

Tsai, T.H., Tsai, P.J. and Ho, S.C., 2005, Antioxidant and anti-inflammatory activities of several commonly used spices, Journal of Food Science, 70(1):93-97.

Table 1 Physical characteristics of rice noodle supplemented with bamboo grass powder. [A]

Bamboo grass powder	L*	a*	b*	Tension force (N)
Control	64.89±2.95[a]	0.96±0.25[a]	4.13±0.63[c]	162.63±0.58[a]
1%	53.02±2.02[b]	0.94±0.22[a]	5.60±0.33[c]	135.96±7.29[b]
2%	40.02±2.80[c]	-0.36±0.17[b]	9.70±0.51[b]	115.60±14.05[c]
3%	36.11±0.74[c]	-1.13±0.15[c]	14.16±0.60[a]	100.33±6.25[c]

[A] Values are expressed as the mean ± standard deviation. Different letters in the same column indicate significant differences (p<0.05).

Table 2 Chemical characteristics of rice noodle supplemented with bamboo grass powder. [A]

Bamboo grass powder	TPC (mg.GAE/g)	DPPH (%inhibition)	Crude fibre content (%)
Control	21.63±0.32[d]	16.53±0.17[d]	0.69±0.34[c]
1%	57.53±0.45[c]	27.20±0.01[c]	1.57±0.11b[c]
2%	105.43±0.52[b]	33.56±0.05[b]	2.44±0.28[b]
3%	143.40±0.25[a]	48.13±0.03[a]	4.12±1.39[a]

[A] Values are expressed as the mean ± standard deviation. Different letters in the same column indicate significant differences (p<0.05).

Table 3 Sensory characteristics of rice noodle supplemented with bamboo grass powder [A]

Bamboo grass powder	Texture[NS]	Colour	Flavour[NS]	Taste[NS]	Overall acceptance[NS]
Control	6.00±1.98	6.40±1.99[a]	6.17±1.67	6.17±1.98	6.57±1.63
1%	5.93±1.98	6.30±1.80[a]	6.13±1.47	5.93±1.98	6.53±1.65
2%	6.07±1.64	5.37±1.49[b]	5.80±1.65	6.07±1.64	6.27±1.46
3%	5.83±1.84	5.33±2.23[b]	5.60±1.73	5.83±1.84	5.87±2.05

[A] Values are expressed as the mean ± standard deviation. Different letters in the same column indicate significant differences (p<0.05).

NS=non-significant differences. Sensory score was the average of 30 panel members using 9 point hedonic scale as follows: 9—like extremely, and 1—dislike extremely.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียนจากเศษเหลือ
Development of durian soup from byproduct

จิตรทิวา ทับนาค[1], ฐิติกาญจน์ กลักกลิ่น[1], นริศรา คำคง[1], อัจฉรา พรหมแสง[1] และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]
Thapnak, C.[1], Klankklin, T.[1], Kumkong, N.[1] , Promsang, A.[1]and Thumthanaruk, B.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the size of by product freeze dried durian, the ratio of water and durian powder and solubility temperature on physical, chemical and sensory qualities of durian soup. Results showed that S, M, L (80, 35, 14 mesh respectively) of freeze dried durian powder having slightly different physical properties. Compared to the other sizes, the "S" size showed highest values in Lightness (L* 83.27±0.19) and moisture content (6.16±3.37%). The values of total soluble solid (°Brix), pH, %titratable acidity and viscosity were not significantly different (P≥0.05). The highest preference score (7.37±1.26) of durian soup was from produced water: durian powder (4:1 w/w) using the temperature of 75 °C. The formulated durian soup also received similar sensory scores of odor and taste compared to the commercial instant durian soup sold in the market. Therefore, the byproduct durian freeze dried powder could be developed into the instant soup.

Keywords: Durian, Freeze drying, Soup

บทคัดย่อ*

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดเศษทุเรียนผงที่ผ่านการอบแห้งแบบระเหิด อัตราส่วนของน้ำต่อปริมาณผงทุเรียน และอุณหภูมิในการละลายต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสของซุปทุเรียน ผลการศึกษาพบว่าผงทุเรียนสามารถแยกออกได้เป็น 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก (S) 80 mesh กลาง (M) 35 mesh ใหญ่ (L) 14 mesh มีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันเล็กน้อย เศษทุเรียนผงขนาดเล็ก (S) มีลักษณะที่เหมาะสม มีค่าปริมาณความชื้น และค่าความสว่าง (L*) มากที่สุดเท่ากับ 6.16±3.37 และ 83.27±0.19 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเศษผงของทุเรียนขนาดอื่นพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (°Brix) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (% TA) และความหนืดไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซุปทุเรียนผงพบว่า สูตรที่ใช้น้ำต่อผงทุเรียนในอัตราส่วน 4 : 1 โดยน้ำหนักละลายที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นสูตรที่มีค่าความชอบโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.73±1.26 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียนผงสำเร็จรูปที่ขายตามท้องตลาดพบว่ามีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียนผงที่พัฒนาขึ้น ดังนั้น เศษทุเรียนผงที่ผ่านการอบแห้งแบบระเหิดสามารถนำมาพัฒนาเป็นซุปทุเรียนได้

คำสำคัญ: ทุเรียน, การทำแห้งแบบระเหิด, ซุป

คำนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) จัดเป็นราชาของผลไม้ (King of fruit) พันธุ์ที่นิยมได้แก่ หมอนทอง, ชะนี, ก้านยาว และกระดุม องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อผลทุเรียนสดปริมาณ 100 กรัมของพันธุ์หมอนทองมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุด 26.22% ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เส้นใย และเถ้า 2.26, 2,.54, 65.98, 1.91 และ 1.18 % ตามลำดับ มีปริมาณ β-carotene 41 I.U. ต่อน้ำหนักเนื้อทุเรียนสด 100 กรัม นอกจากนี้ยังเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลสูง วิตามินซี และโพแทสเซียม (สุดารัตน์, 2536) การทำแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) เป็นการทำแห้งโดยการแช่เยือกแข็งอาหารก่อน แล้วลดความดันภายใต้อุณหภูมิต่ำ เพื่อให้น้ำแข็งระเหิดเป็นไอ คุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อบแห้งแบบระเหิดขึ้นกับสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการ (Macrae, และคณะ, 1993) วิธีการนี้ทำให้อาหารแห้งที่ได้มีคุณภาพสูง และมีสมบัติในการคืนสภาพได้ดี แต่มี

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, บางซื่อ, กรุงเทพฯ 10800, ประเทศไทย
[1]Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand

ค่าใช้จ่ายสูง แต่หลังจากการทำแห้งแบบระเหิดแล้วมักจะมีเศษชิ้นส่วนของผลไม้ที่ไม่ได้ขนาดเป็นจำนวนมากที่ยังไม่นำมาใช้ประโยชน์เท่าที่ควร ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้น ซุปเป็นอาหารที่นิยมบริโภคเป็น

อาหารเช้าเหมาะที่จะเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วย เด็ก และผู้สูงอายุ มีจุดเด่นคือ มีความสะดวกรวดเร็วในการเตรียม อีกทั้งเป็นอาหารที่สามารถเก็บรักษาได้นาน ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าของผงทุเรียนที่ได้จากกระบวนการทำแห้งแบบระเหิดโดยนำเศษเหลือมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียนผงกึ่งสำเร็จรูปที่ไม่มีการเติมแต่งส่วนประกอบ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่เน้นความเป็นธรรมชาติ และความพึงพอใจของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาขนาดของตัวอย่างผงทุเรียนโดยการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 14, 16, 17, 35, 40, 50 และ 80 mesh ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณผงทุเรียน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (S) 80 mesh กลาง (M) 35 mesh ใหญ่ (L) 14 mesh ที่ทำการลดขนาดให้เหลือเพียงขนาดเดียวคือ ขนาดเล็ก (S) 80 mesh ต่อปริมาตรน้ำในการละลายได้แก่ อัตราส่วน 4:1 และ 5:1 (w/v) อุณหภูมิในการละลาย ได้แก่ อุณหภูมิ 50, 75 และ 100 องศาเซลเซียส ตรวจสอบวัดคุณสมบัติซุปทุเรียน ได้แก่ค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันตามวิธี (AOAC, 2005) การละลาย ดัดแปลงตามวิธีของ Anderson *et.al* (1969) และการพองตัว ดัดแปลงตามวิธีของ Li และ Yeh (2001) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix) ปริมาณความเป็นกรด-เบส (pH meter) ความหนืดด้วยเครื่อง Rapid viscosity analyzer การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ของทั้ง 2 สูตร ทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียนผงกึ่งสำเร็จรูป โดยวิธี 9 point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน เปรียบเทียบกับซุปทุเรียนผงทางการค้าการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ Duncan’s New Multiple Range Test โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ SPSS version 22.0

ผลและวิจารณ์ผล***

ผลการศึกษาขนาดของผงทุเรียนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซุปผงทุเรียนกึ่งสำเร็จรูป

ผงทุเรียนที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงพบว่า ขนาดใหญ่ (L) ที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 14 mesh คิดเป็น 70.91±0.17 % ของปริมาณผงทุเรียนทั้งหมด ควรกรองเศษผงที่มีขนาดเล็กกว่า เนื่องจากอาจพบสิ่งปลอมปนที่ส่งผลต่อคุณภาพ ด้านคุณสมบัติเคมีกายภาพของผงทุเรียน ค่าสี L* (ความสว่าง) ขนาดเล็ก (S) มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 83.27±0.19 เช่นเดียวกับค่า b* ค่าสีเหลือง เนื่องจากทุเรียนผงมีขนาดเล็กมากมีปริมาณความชื้นมากที่สุด (6.16 ± 3.37) สามารถดูดความชื้นได้เร็ว ค่าความอุ้มน้ำมากที่สุดเท่ากับ 8.12 % แต่ค่าการละลาย และการพองตัวของขนาดเล็กมีค่ามากกว่าขนาดใหญ่ และกลางเท่ากับ 69.31 และ 43.09 % ตามลำดับ เนื่องจากมีลักษณะภายในที่มีรูพรุนมากกว่าทำให้สามารถดูดซับน้ำได้ดี แต่การละลายน้ำ และการพองตัวจะต่ำกว่าเพราะพื้นที่ผิวสัมผัสสามารถดูดซับน้ำเข้าสู่ภายในได้ช้า การวัดความหนืดแบบรวดเร็ว (RVA) แสดงผลค่า peak viscosity, holding strength, breakdown, final viscosity, setback form through และ pasting temperature ขนาดใหญ่ (L) ค่ามากที่สุด โดยอัตราส่วนที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ 4:1 ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสมบัติของผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของซุปทุเรียนผงกึ่งสำเร็จรูป สูตรที่ใช้น้ำต่อผงทุเรียนในอัตราส่วน 4 : 1 โดยน้ำหนัก ละลายที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส พบว่า คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น การละลาย ความหวาน เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบโดยรวม 7.83 ±1.14, 7.57±1.28, 7.38±1.34, 7.68±1.03, 7.32±1.06 และ 7.73±1.26 ตามลำดับ ที่มีความเหมาะสม เนื่องจากอาจให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความเป็นซุปกึ่งสำเร็จรูปมากกว่า และนิยมรับประทานที่อุณหภูมิสูงไปจนถึงอุ่น ที่มีผลต่อรสชาติ การละลาย และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ผลของการเปรียบเทียบคุณสมบัติพบว่า ปริมาณโปรตีนและไขมันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยซุปทุเรียนผงกึ่งสำเร็จรูปทางการค้ามีค่ามากกว่าซุปผงกึ่งสำเร็จรูปที่ทำการศึกษาเท่ากับ 2.86 และ 3.19 % ตามลำดับ เนื่องจากซุปกึ่งสำเร็จรูปมีส่วนผสมอื่นๆ อย่างนมผง ครีมเทียม เกลือ และอื่น ๆ นอกเหนือไปจากผงทุเรียนที่เป็นวัตถุดิบ ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซุปกึ่งสำเร็จรูป ระบุว่า ปริมาณความชื้น ไขมัน และโปรตีนไม่น้อยกว่า 6, 8 และ 10 ตามลำดับ ผลการทดลองเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสของทั้งสองสูตรพบว่า คะแนนความชอบด้านกลิ่นของซุปทุเรียนผงกึ่งสำเร็จรูปที่ทำการศึกษามากกว่าทางการค้าเท่ากับ 7.56 ±1.44 เป็นผลมาจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่มีการเติม

ส่วนผสมใด ๆ การเติมส่วนผสมอื่น ๆ อย่างครีมเทียม และเกลือ แต่คุณลักษณะด้านรสชาติซุปทุเรียนผงกึ่งสำเร็จรูปทางการค้ามากกว่าเท่ากับ 7.95±1.43 ส่งผลทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์กลมกล่อม

สรุป

จากการศึกษาผลของขนาดเศษทุเรียนผงที่ผ่านการอบแห้งแบบระเหิดต่อการละลาย โดยขนาดเล็ก (S) 80 mesh มีลักษณะที่เหมาะสม มีค่าปริมาณความชื้น และค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด สูตรที่ใช้น้ำต่อผงทุเรียนในอัตราส่วน 4 : 1 โดยน้ำหนัก ละลายที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นสูตรที่มีค่าความชอบโดยรวมสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียนผงสำเร็จรูปที่ขายตามท้องตลาดพบว่า คุณสมบัติเคมีกายภาพ และคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ซุปทุเรียนผงที่พัฒนาขึ้น ดังนั้นเศษทุเรียนผงที่ผ่านการอบแห้งแบบระเหิดสามารถนำมาพัฒนาเป็นซุปทุเรียนได้

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณบริษัท วินเดอะเดย์ สยามเทรดเดอร์ จำกัด อนุเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาวิจัย อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือในการดำเนินให้งานวิจัยนี้บรรลุผลเป็นไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

สุดารัตน์ สุตพันธุ์, 2536, การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อทุเรียนพันธุชะนีและพันธุ์หมอนทองภายหลังการเก็บเกี่ยว, วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L. 1969, Gelatinization of corn grits by roll and extrusion – cooking, Cereal Science Today, 14: 4-12.

AOAC., 2005, Official Method of Analysis of AOAC International. 18th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 2005.8.

Flink, J.M., 1983, An introduction to freeze drying, Henning Knudsen Heto Lab Equipment A/S Birkerod, Denmark, pp. 16-40.

Li, Y.J. and Yeh, A.I., 2001, Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches, Journal of Food Engineering, 50: 141–148.

Table 1 Sensory evolution of durian soup on ratio of water and durian freeze dried powder.

Water :durian freeze dried powder ratio	Attributes					
	color	odor	solubility	sweet	texture	over all
4:1[A]	7.62 [a]±1.10	7.39[ab]±0.98	7.38 [a]±1.10	7.51 [a]±1.19	7.62 [a]±1.06	7.86 [a]±1.12
4:1[B]	7.83 [a]±1.14	7.57[a]±1.28	7.38 [a]±1.34	7.68 [a]±1.03	7.32 [a]±1.06	7.73 [a] ±1.26
5:1[A]	6.92 [c]±1.32	6.95 [b] ±1.13	6.95 [b] ±1.22	6.62 [b] ±1.11	6.38 [b] ±1.16	6.73 [c]±1.14
5:1[B]	6.81 [bc]±1.39	6.81 [b] ±1.17	6.70 [b] ±1.27	6.41 [b] ±1.28	6.30 [b] ±1.24	6.41 [c]±1.42

a,b,c… within columns represent significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Sensory evolution and physiochemical properties on durian soup.

Treatment	Color	Flavor	Texture[ns]	Overall[ns]	Moisture content[ns]	Protein content	Fat content	WHC[ns]	SW[ns]	SC[ns]
Durian soup	7.82 ±1.12	7.80[b] ±1.52	7.16 ±1.21	7.40 ±1.40	5.12 ±1.45	2.56[b] ±1.77	2.88[b] ±1.48	2.27 ±1.55	73.44 ±1.83	45.77±1.20
Commercial instant durian soup	7.99 ±1.98	7.95[a] ±1.43	7.23 ±1.33	7.45 ±1.31	5.24 ±1.87	2.86[a] ±1.98	3.19[a] ±1.60	2.29 ±1.85	73.36 ±1.88	45.75±1.27

a,b,c,… within columns represent significant difference ($p<0.05$) NS in the same column is indicated non-signification ($p>0.05$)

ผลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อมต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อม
Effect of Sugar Concentration on Physico-Chemical Property of Strawberry Preserve in Syrup

เจนจิรา ใจแข็ง[1] ณัฐนารี คุณเดชะ[2] พีรดา โชคชัยธนาวิวัฒน์[3] และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[4]
Jaikang J[1] Kundacha N[2] ChokchaiThanaviwat P[3] and Thumthanaruk B[4]

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of sugar concentration on quality of strawberry preserved in syrup. Two different formulas of three-step sucrose syrup concentrations used were 30, 40, 50 °Brix, and 40, 50, 60 °Brix. The commercial product was used as a reference. Results showed that the values of L*, C*, h° and texture of two formulas were significant differences (p≤0.05). The better quality of strawberry preserve obtained from the use of syrup concentration of 30, 40, 50 °Brix showed the color values of L* (1.49±0.40), C* (11.46±1.00) and h* (16.60±1.64) and the hardness of 144.22±0.86 g. The higher consumer preference scores of strawberry preserve in syrup were also found in this formula. However, the problem of color leaching from strawberry into the syrup and the soften texture will be needed to be solved.

Keywords: strawberry, osmotic dehydration, soften texture, preference scores

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อมต่อคุณภาพของสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อม สูตรความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่ศึกษาสองสูตรที่มีความหวานแตกต่างกัน 3 ความเข้มข้นคือ สูตรที่ 1 30, 40, 50 องศาบริกซ์ และสูตรที่ 2 40, 50, 60 องศาบริกซ์ โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเป็นชุดเปรียบเทียบ ผลการศึกษาพบว่าค่าสี L*, C*, h° และค่าเนื้อสัมผัสของทั้งสองสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คุณภาพของสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อม 30, 40, 50 องศาบริกซ์ มีคุณภาพที่ดีกว่า โดยมีค่าสี L* (1.49±0.40) C* (11.46±1.00) และ h° (16.60±1.64) และมีค่าความแข็งเท่ากับ 144.22±0.86 กรัม ผลคะแนนทางด้านการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่าสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมสูตรที่ 1 ให้คะแนนสูงกว่าสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่ควรศึกษาเพื่อแก้ไขด้านคุณภาพคือสีของสตรอเบอรี่ที่ออกมาอยู่ในน้ำเชื่อมและเนื้อสัมผัสของสตรอเบอรีที่มีค่าความแข็งลดลง

คำสำคัญ: สตรอเบอรี่ กระบวนการแช่อิ่ม เนื้อสัมผัสนิ่ม การทดสอบความชอบ

คำนำ*

สตรอเบอรี่เป็นพืชที่น่าสนใจมากชนิดหนึ่งสำหรับประเทศไทย เนื่องจากเป็นผลไม้ที่ให้ผลตอบแทนสูงในระยะเวลาอันสั้น ออกดอกออกผลได้เร็ว ผลสุกมีกลิ่นหอม รสชาติดี จำหน่ายได้ราคาแพงและมีคุณค่าทางอาหารที่สำคัญต่อร่างกายสูง เช่น มีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความดัน ช่วยลดน้ำหนัก บำรุงสายตาและระบบประสาท เป็นต้น (Sloof และคณะ, 1996; Hannum, 2004; Gunness และคณะ, 2009) ปัจจุบันสตรอเบอรี่จัดเป็นพืชที่มีความสำคัญในระดับท้องถิ่นสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้โดยการส่งออก ก่อให้เกิดธุรกิจและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องหลายประเภท การใช้ประโยชน์ผลสตรอเบอรี่ที่ผลิตได้มีดังต่อไปนี้คือ รับประทานสด ใช้ในอุตสาหกรรมการทำขนมปัง เป็นวัตถุดิบในการทำแยม เยลลี่ ผลไม้กวน สตรอเบอรี่แช่อิ่ม และมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม รวมทั้งใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากนมและโยเกิร์ต เป็นต้น (ณรงค์ชัย, 2548) การแปรรูปผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้สามารถทำได้หลายวิธีคือ การแปรรูปโดยใช้สารเคมี การแปรรูปโดยการทำแห้ง การแปรรูปโดยการหมักดอง และการแปรรูปโดยการใช้น้ำตาล โดยเฉพาะวิธีการแปรรูปโดยการใช้น้ำตาลนั้นสามารถทำได้ง่ายโดยไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีหรือเครื่องมือที่มีราคาแพงและมีราคาต้นทุนต่ำ เช่น การกวน การเชื่อม หรือการแช่อิ่ม (จินตนา, 2546) ซึ่งเป็นการแปรรูปผักผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส ทำได้โดยการแช่ชิ้นผลไม้ในสารละลายออสโมติกที่มีค่า a_w ต่ำ นิยมใช้กับน้ำเชื่อมความเข้มข้นสูง จะทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิสระหว่างผลไม้และสารละลายออสโมติก การถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นในกระบวนการออสโมซิสจะมีลักษณะ

[1]สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 ประเทศไทย
[1]Division of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand

ตรงกันข้าม กล่าวคือน้ำตาลจะแพร่เข้าไปในอาหารทำให้ปริมาณน้ำหรือความชื้นในชิ้นอาหารลดลงโดยสามารถลดได้ 50% ของปริมาณน้ำหรือความชื้นเริ่มต้น (Torreggiani, 1993) ซึ่งการออสโมซิสมีประโยชน์ในด้านการช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และเป็นวิธีที่นิยมมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อม นอกจากช่วยเพิ่มมูลค่าของสตรอเบอรี่แล้วยังช่วยเรื่องในสภาวะที่มีสตรอเบอรี่เกินความต้องการของตลาดได้อีกด้วย และสามารถนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เป็นส่วนประกอบในไอศกรีมหรือผลิตภัณฑ์ขนมอบ โดยผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมสามารถทำการแปรรูปในช่วงที่มีผลผลิตมากและเก็บไว้ใช้ได้เป็นเวลานาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ: นำผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์สตรอเบอรี่ดอย (*Fragaria Vesca*) ระยะเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 วัน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของผล 2.50 – 2.80 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยต่อผลประมาณ 3-4 กรัม มาล้างทำความสะอาด ตัดขั้วสตรอเบอรี่ออก แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 % และกรดซิตริก 0.1 % เพื่อเพิ่มความแน่นเนื้อและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วแช่ด้วยน้ำเย็นและสะเด็ดน้ำให้แห้ง

การเตรียมสตรอเบอรี่แช่อิ่ม: นำสตรอเบอรี่แช่ในน้ำเชื่อม โดยสูตรความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่ศึกษาสองสูตรที่มีความหวานแตกต่างกัน 3 ความเข้มข้นคือ 30, 40, 50 องศาบริกซ์ และ 40, 50, 60 องศาบริกซ์ เมื่อครบระยะเวลาในการแช่ในน้ำเชื่อม 3 วัน จึงนำสตรอเบอรี่แช่อิ่มบรรจุในภาชนะแบบปิดตามวิธีประยุกต์โดย (ปนิดา และคณะ, 2550) ตรวจสอบคุณภาพของน้ำเชื่อม ได้แก่ การหาค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ด้วยเครื่อง Water activity meter รุ่น AquaLab 4TE จากประเทศสหรัฐอเมริกา ค่าความหนืดสุดท้ายของน้ำเชื่อม (viscosity) แต่ละสูตรด้วยเครื่อง Viscometer Brookfield รุ่น LVDV-II+ จากประเทศสหรัฐอเมริกา ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วยเครื่อง pH meter รุ่น pH 700 Benchtop Meter จากประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับผลสตรอเบอรี่แช่อิ่ม วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab (Color Quest 45/0, CIELAB, 1986 จากประเทศออสเตรเลีย) ซึ่งจะแสดงเป็นค่าความสว่าง (L*, lightness) ค่าความเข้มสี (C*, chroma) และค่าเฉดสี (h°, hue) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ด้วยเครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA-XT2I Stable Micro System จากประเทศอังกฤษ) โดยวัดค่าความแข็ง (hardness) และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมโดยใช้ 9-point hedonic scale ซึ่งแบ่งเป็นค่าสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ Duncan’s New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ SPSS version 22.0

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อม ได้แก่ ค่าความหนืดของน้ำเชื่อม (viscosity) พบว่าในสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสูตรที่ 1 30, 40, 50 และสูตรที่ 2 40, 50, 60 องศาบริกซ์ ให้ค่าความหนืดของน้ำเชื่อมเท่ากับ 40.87 และ 82.07 cP ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยในสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 40, 50, 60 องศาบริกซ์ มีค่าความหนืดสูงกว่าสูตรที่ 1 เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลเป็นจำนวนมากและเมื่อผ่านการต้ม เคี่ยวให้ความร้อน น้ำตาลทรายสามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรักโทส ซึ่งน้ำตาลฟรักโทสให้ความหนืดมากกว่าในสภาวะที่เป็นกรด-ด่าง pH เท่ากับ 3.94±0.05 จึงส่งผลให้น้ำเชื่อมมีความหนืดที่มากกว่า และเมื่อพิจารณาค่าสีของสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมทั้งสองสูตรพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสตรอเบอรี่แช่อิ่มในสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 30, 40, 50 องศาบริกซ์ ผลิตภัณฑ์หลังจากแช่ในน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ มีค่าสี L* เท่ากับ 1.49±0.40 C* เท่ากับ 11.46±1.00 และ h° เท่ากับ 16.60±1.64 ซึ่งมีคุณภาพสีดีกว่าผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่แช่อิ่มในสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 40, 50, 60 องศาบริกซ์ ทั้งนี้อาจเกิดจากกระบวนการแพร่แบบออสโมซิสโดยเป็นการแพร่แบบไม่ใช้พลังงาน เกิดจากกลไกที่สารละลายจากบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่าโดยอาศัยแรงดันผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ดังนั้นสตรอเบอรี่แช่อิ่มในสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 30, 40, 50 องศาบริกซ์ จึงมีการแพร่ของสารละลายออกจากชิ้นของผลไม้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับสตรอเบอรี่แช่อิ่มในสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 40, 50, 60 องศาบริกซ์ จึงส่งผลให้ค่าสีมีคุณภาพที่ดีกว่า (Harris และคณะ, 1999) สำหรับค่าความแข็ง (hardness) พบว่า สตรอเบอรี่แช่อิ่มในสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 40, 50, 60 องศาบริกซ์ มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 30, 40, 60 องศาบริกซ์ เป็นผลเนื่องมาจากเมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลยิ่งเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการสูญเสียน้ำเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน (Derossi และคณะ, 2010) ทำให้เกิดการออสโมซิสเร็วขึ้นและทำให้ค่าความแข็งลดลงจาก 144.22±0.86 เป็น 97.22±0.95 กรัม นอกจากนี้พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในทุกสูตรพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่แช่อิ่มเป็นผลิตภัณฑ์ที่มี

ปริมาณน้ำตาลสูง น้ำตาลสามารถเข้าไปแทนที่น้ำในผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ส่งผลให้มีค่าปริมาณน้ำอิสระลดลงด้วย (ปนัดดา และคณะ, 2548)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนในด้านต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 30, 40, 50 องศาบริกซ์ มีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างอื่น ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับความชอบเล็กน้อย (Figure 1) แต่อย่างไรก็ตามในส่วนของสีที่ซึมออกมาอยู่ในน้ำเชื่อมและเนื้อของสตรอเบอรี่ที่มีลักษณะนิ่มหรือมีค่าความแข็งลดลง ควรมีการศึกษาเพิ่มโดยการเติมแคลเซียมแลคเตท ซึ่งมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการออสโมซิสยังคงมีโครงสร้างแข็ง ไม่นิ่มเละมาก โดยเกลือแคลเซียมจะแตกตัวให้แคลเซียมไอออน ทำให้เกิดปฏิกิริยา Crosslink ระหว่างหมู่คาร์บอนิลเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตท ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงและมีความแน่นเนื้อมากขึ้น (นิธิยา, 2549)

สรุป

จากการทดลองพัฒนาสตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมพบว่าสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่แช่อิ่มในน้ำเชื่อมคือสูตรความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 30, 40, 50 องศาบริกซ์ ซึ่งมีค่าสีของค่า L*, C*, h° และค่าเนื้อสัมผัสของสตรอเบอรี่มีคุณภาพที่ดีที่สุด เนื้อไม่นิ่มเละ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้ดองและแช่อิ่ม มผช.160/2546 คือต้องไม่เกิน 0.85 และในส่วนของค่าผลคะแนนด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบพบว่าเป็นที่ยอมรับมากที่สุดทั้งในด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังต้องมีการศึกษาต่อเนื่องถึงสมบัติทางเคมีและกลไกที่มีผลต่อคุณภาพของสตรอเบอรี่แช่อิ่มที่มีลักษณะของสีที่น่ารับประทานและมีเนื้อสัมผัสที่ไม่นิ่มเละจนเกินไปและสามารถผลิตได้ในระดับอุตสาหกรรม

คำขอบคุณ

บริษัท แอบบรา จำกัด สำหรับการอนุเคราะห์วัตถุดิบในการศึกษาวิจัย อาจารย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการประจำมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือในการดำเนินให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จินตนา ศรีผุย, 2546, การแปรรูปผักและผลไม้แช่อิ่ม, วารสารศูนย์บริการวิชาการ, พิมพ์ครั้งที่ 1. (ม.ค.-มี.ค.) : 58-64

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, 2548, การปลูกสตรอเบอรี่มูลนิธิโครงการหลวง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 91.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, เคมีอาหาร, (พิมพ์ครั้งที่ 2), กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ปนัดดา ชำนิเวสสะ, 2548, รายงานการวิจัยเรื่องผลของการลดความชื้นด้วยแรงดันออสโมติกและอัตราการแช่แข็งต่อคุณภาพของสับปะรดแช่แข็งทอดภายใต้สุญญากาศ, วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.*

ปนิดา บรรจงสินศิริ, สุภาภรณ์ พิศพันธ์ และเกศรา แซ่โค้ว, 2550, การพัฒนาผลไม้แช่อิ่มที่ให้พลังงานต่ำ, รายงานการวิจัย, กรุงเทพ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 179 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546, มาตรฐานอุตสาหกรรมผลไม้ดองและแช่อิ่ม, มผช.160.

Derossi, A., Pilli, T. D., and Severini, C., 2010, Reduction in the pH of vegetables by vacuum impregnation: A study on pepper. Journal of Food Engineering, 99, 9–15.

Gunness, P., Kravchuk, O., Nottingham, S.M., D'Arcy, B.R. and M.J. Gidley, M.J., 2009, Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental analysis. Postharvest Biology and Technology. 52: 164-172.

Hannum, S.M., 2004, Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 44: 1-17.

Harris, D., Joshi, A., Khan, P.A., Gothkar, P. and Sodhi, P.S., 1999, On-farm Seed Priming in Semiarid Agriculture: Development and Evaluation in Maize, Rice and Chickpea in India Using Participatory Methods. Exp. Agriculgeral, 35: 15-29.

Sloof, M., Tijskens, L.M.M. and Wilkinson, E.C., 1996, Concepts for modelling the quality of perishable products, Trends in Food Science and Technology. 7: 165-171.

Torreggiani,* 1993, Osmosis dehydration in fruit and vegetable processing, Food Research International, 26: 59-69.

Table 1 Physical and chemical properties of strawberry preserve in syrup.

Treatment (°Brix)	Viscosity of syrup (cP)	Color			pH	Hardness (g force)	Water activity (a_w)
		L*	C*	h°			
30, 40, 50	40.87±0.40[b]	1.49±0.40[b]	11.46±1.00[ab]	16.60±1.64[b]	3.94±0.05[a]	144.22±0.86[a]	0.80±0.03[ab]
40, 50, 60	82.07±0.06[a]	1.91±0.76[b]	14.33±0.75[a]	16.40±0.72[b]	3.86±0.02[b]	97.22±0.95[b]	0.83±0.01[ab]
Commercial	-	6.11±0.16[a]	23.35±0.71[a]	23.78±1.38[a]	3.63±0.02[c]	-	0.90±0.05[a]

a, b, c … letter in the same column is significant different at $p \leq 0.05$

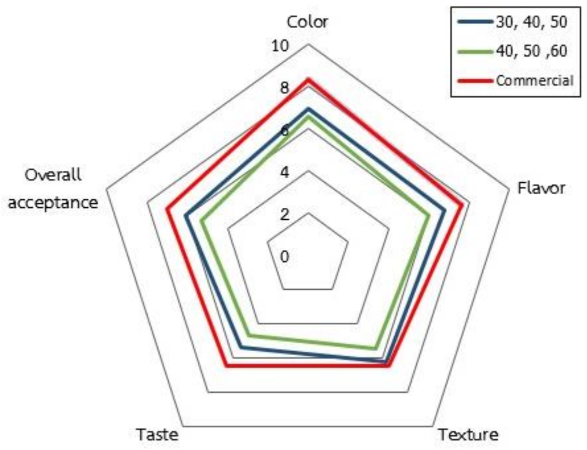


Figure 1 Sensory evaluation of strawberry preserve in syrup.

ผลของอัตราส่วนระหว่างข้าวกล้องงอกหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และข้าวไรซ์เบอรี่ ที่มีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ

The Ratio of Germinated Brown Jasmine Rice, Brown Jasmine Rice and Riceberry Affecting the Active Compounds of Snack Bar with Tom-Yum Flavour

ปนิดา บรรจงสินศิริ[1] เนาวพันธ์ ดลรุ้ง[1] กฤตลักษณ์ ปะสะกวี[1] และ จิราวัฒน์ เสถียรคมสรไกร[1]
Banjongsinsiri, P.[1], Donrung, N.[1], Pasakawee, K.[1] and Satiankomsorakrai, J.[1]

Abstract

This research aimed to study the optimum ratio of germinated brown jasmine rice (GBJR), brown jasmine rice (BJR) and riceberry (RB) affecting on Gamma-aminobutyric acid content (GABA), total phenolic content, DPPH radical scavenging activity, physicochemical properties and sensory evaluation of snack bar with tom-yum flavour. The 8 mixture design formulations were carried out. Results showed that the increasing of GBJR influenced on the increasing of GABA content, $p \leq 0.05$. The optimum rice ratio was 25.40% GBJR, 2.42% BJR and 2.42% RB. It had the high value of GABA content (2.18 mg/100 g), total phenolic content (1.43 mg GAE/g sample) and DPPH radical scavenging activity (70.40%). Moreover, the product had acceptability scores in terms of appearance, colour, flavour, texture, taste and overall liking in the range of 5.20-5.84 (7-pointed hedonic score) as in the level of "like slightly to like moderately".

Keywords: germinated brown rice, GABA, DPPH radical scavenging activity, snack bar

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมข้าวกล้องงอกหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และ ข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณสารกาบา ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และการประเมินทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ โดยออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 8 สูตร ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณข้าวกล้องงอกหอมมะลิที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณกาบาเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) อัตราส่วนข้าวที่เหมาะสม คือ ข้าวกล้องงอกหอมมะลิร้อยละ 25.40 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 2.42 และ ข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 2.42 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารสำคัญสูง ได้แก่ กาบา (2.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (1.43 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ 70.40) ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.20-5.84 คะแนน จาก 7 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก สารกาบา ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ขนมขบเคี้ยวรูปแท่ง

คำนำ

ข้าวกล้องและข้าวที่มีสีชนิดต่างๆ เป็นแหล่งของสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระ สารกลุ่มฟีนอลิก แกมมา-ออริซานอล เบต้าแคโรทีน แอนโทไซยานิน และโดยเฉพาะสารกาบา (γ-Aminobutyric acid; GABA) ซึ่งพบมากในข้าวกล้องงอก (Mori และคณะ 1999; Sompong และคณะ, 2011) ปริมาณสารเหล่านี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่สายพันธุ์ชนิดของข้าว สภาวะการปลูกและการขัดสีข้าว (จิราภรณ์ และคณะ, 2557) จากงานวิจัยพบว่า สารกาบาทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทที่รักษาสมดุลในสมอง ทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย (Zhang และคณะ, 2007) การรับประทานข้าวกล้องงอกอย่างต่อเนื่องสามารถป้องกันอาการปวดหัวและโรคหัวใจ ลดความดันโลหิต ลดอาการท้องผูก และควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Komatsuzaki และคณะ, 2007) คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งหรือที่เรียกกันว่า ซีเรียลบาร์ (cereal bar) จัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่กำลังเติบโตและมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ด้วยลักษณะ

[1]ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
[1]Expert Centre of Innovative Health Food (InnoFood), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) 35 M.3 Technopolis, Khlong ha, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

ผลิตภัณฑ์ที่สามารถพกพาไปรับประทานได้สะดวก สามารถทดแทนมื้ออาหารหลักได้ในช่วงเวลาที่เร่งรีบ ในประเทศไทยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาขนมขบเคี้ยวรูปแท่งมากมายๆ อาทิเช่น อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและผลไม้แห้ง (กมล และคณะ, 2548) อาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร (ปาริสุทธิ์, 2550) ผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมใบชะพลูอัดแท่ง (สุธิดา, 2553) ผลิตภัณฑ์บาร์พลังงานต่ำจากส่วนผสมของข้าวกล้อง สับปะรดและสารสกัดจากหญ้าหวาน (ธิดารัตน์และปิยพร, 2559) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมข้าวกล้องงอกหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิแดงและข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญ คุณภาพทางเคมีกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าว 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวกล้องงอกหอมมะลิ (60-84%) ข้าวกล้องหอมมะลิแดง (8-20%) และข้าวไรซ์เบอรี่ (8-20%) โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 8 สูตร (Table 1) วิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ 1. การเตรียมวัตถุดิบ โดยนำข้าวกล้องงอกหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และข้าวไรซ์เบอรี่แช่ในน้ำ 20 นาที หุงให้สุกในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:2, 2:5 และ 2:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ นำข้าวไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ($^{\circ}$ซ) เป็นเวลา 15-24 ชั่วโมง แล้วทอดที่อุณหภูมิประมาณ 200 $^{\circ}$ซ และอบที่อุณหภูมิ 70 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ 2. การผลิตขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ กวนผสมน้ำ น้ำผึ้ง และเวย์โปรตีน ในกระทะเป็นเวลา 5 นาที ใส่ส่วนผสมที่เหลือลงไปผสมให้เข้ากัน ตักใส่พิมพ์พลาสติกอัดขึ้นรูป ใช้มีดตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้างxยาวxหนา 3x10x1 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พร้อมตัวดูดซับออกซิเจน และปิดผนึกภายใต้ระบบสุญญากาศ ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณสารกาบา (ดัดแปลงจากวิธีของ Karladee และ Suriyong, 2012) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Blois, 1958) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu (ดัดแปลงจากวิธีของ Miliauskas และคณะ, 2004) วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น IR -35, Germany และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity: a_w) ด้วยเครื่องยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น 4TE, USA และการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ (7-Point hedonic scale กำหนดให้ คะแนน 1= ไม่ชอบมาก และคะแนน 7 = ชอบมาก) โดยใช้ผู้ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 25 คน ในการประเมินผลความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผล*

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำที่มีอัตราส่วนของข้าวกล้องงอกหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิแดง และข้าวไรซ์เบอรี่ที่แตกต่างกัน (Figure 1A) พบว่า อัตราส่วนของข้าวที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณสารกาบา ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาร DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) ซึ่งปริมาณสารสำคัญที่พบในข้าวแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ สภาพแวดล้อมในการปลูกและกรรมวิธีการขัดสีข้าว (จิราภรณ์, 2557) โดยผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีปริมาณสารกาบาอยู่ในช่วง 1.25-2.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สังเกตได้ว่าปริมาณสารกาบาแปรผันตรงกับปริมาณของข้าวกล้องงอกหอมมะลิที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวกล้องงอกหอมมะลิเป็นแหล่งของสารกาบา เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Komatsuzaki และคณะ (2007) พบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการงอกจะมีปริมาณสารกาบาสูงกว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการงอก 2 เท่า ทั้งนี้พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Figure 1C) สังเกตจากการเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลืองของอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งเป็นผลจากการให้ H-atom แก่อนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียร (Bhalodia และคณะ, 2011) อาจเนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด (1.67 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง) (Figure 1B) เนื่องจากมีสัดส่วนของข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีสารแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง (Karladee และ Suriyong, 2012) ซึ่งเป็นกลุ่มของฟลาโวนอยด์เป็นสารในกลุ่มฟีนอลิกที่พบได้มากตามธรรมชาติ โดยปริมาณความชื้นและค่า a_w มีค่าสอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องผัก ผลไม้และธัญพืชอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559) โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง (Table 2)

สรุป

อัตราส่วนของข้าวที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณสารกาบา ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนข้าวที่เหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ คือ ข้าวกล้องงอกหอมมะลิร้อยละ 25.40 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 2.42 และ ข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 2.42 เป็นสูตรที่ให้ปริมาณสารสำคัญสูงและได้คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่สนับสนุนทุนการวิจัย ตลอดจนอำนวยความสะดวกตลอดการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมล แจ้งชัด อนุวัตร แจ้งชัด และ ประชา บุญญสิริกูล, 2548, การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและผลไม้แห้ง, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 สาขาสัตว์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, 1-4 ก.พ. 2548, กรุงเทพฯ, หน้า 578-585.

จิราภรณ์ กระแสเทพ, มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และมัณฑนา นครเรียบ, 2557, สารกาบ้า สารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าว, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับพิเศษการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคามครั้งที่ 10, หน้าที่ 88-96.

ปาริสุทธิ์ สงทิพย์, 2550, การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธิดารัตน์ ลบภู่ และปิยพร บัวคำ, 2559, การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาร์พลังงานต่ำจากส่วนผสมของข้าวกล้อง สับปะรด และสารสกัดจากหญ้าหวาน, FST CMU Research Exercise, หน้าที่ 1-16.

สุธิดา กิจจาวรเสถียร, 2553, ผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมใบชะพลูอัดแท่ง, วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559, มผช. 902/2559, เรื่องผัก ผลไม้และธัญพืชอัดแท่ง, กรุงเทพฯ.

Bhalodia, N.R., Nariya, P.B., Acharya, R.N. and Shukla, V.J., 2011, Evaluation of in vitro antioxidant activity of flowers of *Cassia fistula* Linn., International Journal of PharmTech Research, 3(1): 589-599.

Blois, M.S., 1958, Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, Nature, 181: 1199 – 1200.

Karladee, D. and Suriyong, S., 2012, γ-Aminobutyric acid (GABA) content in different varieties of brown rice during germination, ScienceAsia, 38(1): 13-17.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T., 2007, Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice, Journal of Food Engineering, 78: 556-560.

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and van Beek, T.A., 2004, Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts, Food Chemistry, 85(2): 231-237.

Mori, H., Kawabata, K., Yoshimi, N., Tanaka, T., Murakami, T., Okada, T., and Murimi, H., 1999, Chemopreventive effect of ferulic acid on oral and rice germ on large bowel carcinogenesis, Anticancer Research, 19: 3775-3778.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G. and Berghofer, E., 2011, Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka, Food Chemistry, 124: 132-140.

Zhang, H., Yao, H.Y. and Chen, F., 2007, Genotype and environmental effects on the relationship between alpha-amylase activity and seedling growth in rice, Bioscience Biotechnology Biochemistry, 5(70): 1160-1165.

Table 1 The formulation of snack bar with tom-yum flavour in this experiment.

Ingredient	Percent weight by weight							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Germinated brown jasmine rice (GBJR)	25.38	21.75	18.13	21.75	19.94	21.75	21.75	23.56
Brown jasmine rice (BJR)	2.42	3.32	6.04	5.14	5.14	4.23	2.42	3.32
Riceberry (RB)	2.42	5.14	6.04	3.32	5.14	4.23	6.04	3.32
Dehydrated tomatoes	45.32	45.32	45.32	45.32	45.32	45.32	45.32	45.32
Dried mixture (kaffir lime leaves: galangal: lemon grass, 1:1:1, w/w/w)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
Water	9.06	9.06	9.06	9.06	9.06	9.06	9.06	9.06
Honey	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16
Whey protein	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
Tom-yum seasoning powder	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72

Table 2 Physicochemical properties and sensory scores of snack bar with tom-yum flavor.

Formula of snack bar	Physicochemical properties		Sensory attribute					
	Moisture content^{ns} (%)	Water activity; a_w	Appearance^{ns}	Colour	Flavour	Texture^{ns}	Taste^{ns}	Overall liking
1	5.10±0.22	0.52 ± 0.02^{e}	5.84±0.88	5.96 ± 0.96^{a}	5.76 ± 0.95^{a}	5.20±0.89	5.60±0.94	5.84 ± 0.83^{a}
2	4.73±0.98	0.44 ± 0.04^{cd}	5.64±0.70	5.72 ± 0.74^{ab}	5.16 ± 0.90^{b}	5.12±0.97	5.44±0.82	5.44 ± 0.77^{ab}
3	5.10±0.14	0.46 ± 0.01^{d}	5.80±0.80	5.80 ± 0.80^{ab}	5.44 ± 0.75^{ab}	5.68±0.97	5.64±0.93	5.68 ± 0.68^{ab}
4	5.16±0.92	0.43 ± 0.01^{bc}	5.44±0.83	5.32 ± 0.86^{b}	5.48 ± 0.78^{ab}	5.36±0.83	5.16±0.96	5.16 ± 0.88^{b}
5	5.06±0.57	0.41 ± 0.01^{abc}	5.80±0.82	5.84 ± 0.75^{ab}	5.36 ± 0.95^{ab}	5.24±0.88	5.36±0.91	5.48 ± 0.82^{ab}
6	4.25±0.44	0.40 ± 0.00^{ab}	5.80±0.76	5.68 ± 0.80^{ab}	5.32 ± 0.95^{ab}	5.36±0.86	5.56±0.92	5.68 ± 0.90^{ab}
7	4.98±0.47	0.39 ± 0.01^{a}	5.88±0.91	5.88 ± 0.99^{ab}	5.56 ± 0.90^{ab}	5.60±1.06	5.64±0.79	5.76 ± 0.81^{a}
8	5.12±0.06	0.52 ± 0.01^{e}	5.80±0.90	5.72 ± 1.11^{ab}	5.68 ± 0.83^{ab}	5.48±0.79	5.68±0.78	5.64 ± 0.84^{ab}

Remark: Each value is expressed as mean ± S.D.

$^{a-b}$Means with the different letters in the same column were significantly different ($p\leq0.05$), ns= No significantly different ($p>0.05$)

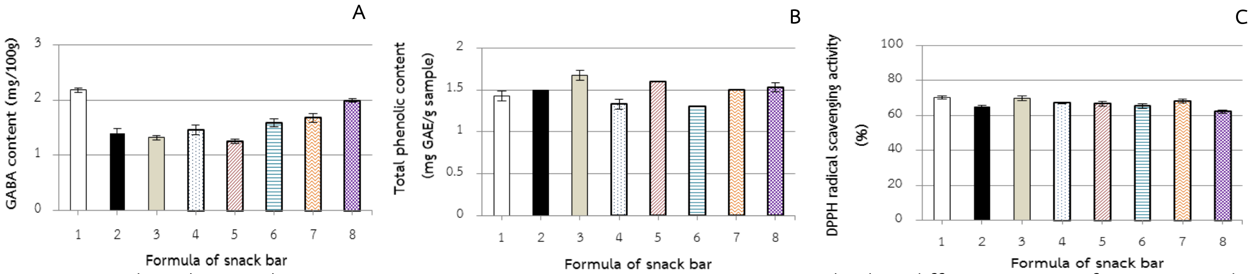


Figure 1 The chemical compounds of Tom-Yum flavour snack bar with the different ratio of germinated brown Jasmine rice (GBJR), brown Jasmine rice (BJR) and Riceberry (RB); (A) GABA content (B) Total phenolic content and (C) DPPH radical scavenging activity

Figure 2 The developed tom-yum flavour snack bar with the ratio of 25.40% GBJR, 2.42% BJR and 2.42% RB.

ผลของแป้งพรีเจลาติไนซ์ต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของแผ่นอมมะขามป้อม
Effect of Pregelatinized Starch on the Physical-chemical Characteristics of Indian Gooseberry strip

วริพัสย์ อารีกุล[1] ทักษพร อุดมวงศ์ศิริ[1] และ ภัทนิภา มงคลบุตร[1]
Varipat Areekul[1], Taksaporn Udomwongsiri[1] and Patnipa mongkolsuk[1]

Abstract

The effect of type and concentration of two pregelatinized starch contents (FA6707 and FA608) and glucose syrup content on the quality of Indian gooseberry strip were studied. The strips were analyzed for their physical and chemical characteristics including moisture content, solubility, color values, thickness, vitamin C content and DPPH free radical scavenging assay. The strips were transparent yellow. Moisture content, solubility, L*, color difference (ΔE), thickness, vitamin C content and DPPH free radical scavenging assay ranged from 12.46 -13.86%, 45.51 – 79.84%, 42.59 - 56.45, 29.02 - 42.05 0.19 - 0.38 mm, 13.67 – 24.66 mg/100g and 20.48 – 75.60 mg AAE/g, respectively. Type of pregelatinized starches affected on color value and DPPH activity. In addition, increasing the starch content tended to decrease the solubility and vitamin C content while the thicker of strip was increased. When glucose syrup content increased, the solubility and thickness increased but the vitamin C content and DPPH activity decreased.

Keywords: Pregelatinized starch, physical-chemical characteristics, Indian gooseberry strip

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของชนิดและปริมาณแป้งพรีเจลาติไนซ์ 2 ชนิด (FA6707 และ FA608) และ แบะแซ ในการผลิตแผ่นอมมะขามป้อม เมื่อทดสอบแผ่นอมด้านคุณลักษณะทางกายภาพ และเคมี ได้แก่ ความชื้น การละลาย ความหนา ค่าสี ปริมาณวิตามินซี และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging assay (DPPH activity) พบว่า แผ่นอมมีสีเหลืองลักษณะค่อนข้างใส มีค่าร้อยละความชื้นระหว่าง 12.46 -13.86 ร้อยละการละลาย 45.51 – 79.84 ความหนา 0.19 - 0.38 มิลลิเมตร ความสว่าง (L*) 42.59 - 56.45 ความแตกต่างของสี (ΔE) 29.02 – 42.0, วิตามินซี 13.67 – 24.66 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ DPPH activity 20.48 – 75.60 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อกรัม โดยชนิดของแป้ง พรีเจลาติไนซ์มีผลต่อ ค่าสี และ DPPH activity นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณแป้งพรีเจลาติไนซ์มีแนวโน้มให้ความสามารถในการละลายและปริมาณวิตามินซีลดลง แต่ความหนาของแผ่นอมมากขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณแบะแซมีผลให้ความสามารถในการละลาย ความหนาเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณวิตามินซี และ DPPH activity ลดลง

คำสำคัญ: แป้งพรีเจลาติไนซ์ คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ แผ่นอมมะขามป้อม

คำนำ

มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* Linn,) เป็นผลไม้รูปร่างกลม เนื้อหนา มีรสฝาด เปรี้ยว ขมและหวาน ผลไม้ชนิดนี้ยังมีสรรพคุณทางยา เช่น แก้หวัด ละลายเสมหะ ช่วยระบาย บำรุงหัวใจ แก้เลือดออกทางไรฟัน และ ลดไขมัน/น้ำตาลในเลือด (อรนุช, 2548) ผลมะขามป้อมสด นิยมรับประทานผลสด จะทำให้ชุ่มคอ ลดการระคายเคือง หรือ รับประทานในผลิตภัณฑ์ เช่น ผลแช่อิ่ม นอกจากนี้ ยังพบอยู่ในกลุ่มยาแผนโบราณ เช่น เม็ดอม ยาน้ำ ผงชงดื่ม หรือ ผลแห้ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก สารสำคัญในมะขามป้อม ได้แก่ วิตามินซี วิตามินเอ แทนนิน และ ใยอาหาร วิตามินซีจากผลสดนี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิตามินสังเคราะห์ถึง 12 เท่า ส่วนแทนนินที่สำคัญได้แก่ emblicanins A และ B ซึ่งสารชนิดนี้มีประสิทธิภาพที่แรงกว่า วิตามินซี และถูกอ้างสรรพคุณในเชิงการแพทย์ (สุพจน์, 2532)

มะขามป้อมเป็นผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวและ ฝาด ทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการบริโภคผลสด การผลิตผลิตภัณฑ์มะขามป้อมแบบแผ่นอมมะขามป้อมละลายเร็วชนิดรับประทานได้ เพื่อใช้ลดอาการระคายเคืองในลำคอ และ ทำให้ชุ่มคอ เหมาะกับผู้บริโภคที่ปัจจุบัน เริ่มให้ความสนใจกับการดูแลสุขภาพด้วยผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสะดวก และสามารถเก็บรักษาได้นาน จึง

---

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง 10520
[1] Faculty of Argo-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520

อาจเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมะขามป้อม พร้อมๆ กับการอนุรักษ์พันธุ์ไว้ สืบต่อไป อย่างไรก็ตามการทำแผ่นอมมะขามป้อมนั้น ไม่สามารถกวนเนื้อผลไม้ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มที่เหนียวและบางได้โดยตรง จำเป็นต้องเติมแป้งพรีเจลาติไนซ์เพื่อให้แผ่นอมมีคุณลักษณะที่ดีขึ้น โดยคัดเลือกจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ใช้สำหรับอาหารที่เป็นกรด ให้เนื้อสัมผัสที่เรียบ นุ่ม ใส มันวาว และที่สำคัญละลายได้ในปาก ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณแป้ง และ แบะแซ* ของแป้งพรีเจลาติไนซ์ 2 ชนิด (FA6707 และ FA608) ในการผลิตแผ่นอมมะขามป้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

มะขามป้อมนำมาฝานให้เป็นแผ่นบางๆ จากนั้น นำไปทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แล้วจึงบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง เรียกว่า ผงมะขามป้อม ส่วนน้ำมะขามป้อม ได้จากการปั่นผสมส่วนเนื้อด้วยเครื่องแยกกาก แล้วจึงนำไปแช่แข็งจนกว่าจะใช้

ขั้นตอนและส่วนประกอบของแผ่นอมมะขามป้อมดัดแปร (ตัวอย่างควบคุม) จาก วิมล และคณะ (2549) มีส่วนผสม (ร้อยละ) ดังนี้ แป้ง (2.0) คาร์ราจีแนน (1.7) เจลาติน (0.7) แบะแซ (10) เพคติน (0.35) มอลโตเดร็กติน (0.35) แอสปาแทม (0.05) ผงมะขามป้อม (1.35) น้ำมะขามป้อม (43.5) และ น้ำ (40) นำส่วนผสมที่แห้งผสมให้เข้ากัน แล้วจึงผสมกับส่วนผสมที่เป็นของเหลว จากนั้นวางลงในลังถึงที่ควบคุมอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส คนส่วนผสมเป็นระยะๆ จนกว่าจะเกิดสารละลายใส และ มีความข้นหนืด แล้วจึง เทส่วนผสมลงในเครื่องรีด รีดให้เป็นแผ่นบางที่มีความหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร แล้วนำไปแช่ในตู้แช่แข็งประมาณ 15 นาที จากนั้น ทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ตัดแผ่นอมเป็นชิ้นขนาด 3 x 3 เซนติเมตร และเก็บไว้ในกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะวิเคราะห์

แผนการทดลอง แบ่งเป็นปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ แป้งดัดแปร 2 ชนิดได้แก่ แป้ง FA608 (A) และ FA6707 (B) จากบริษัทสยามโมดิฟายด์สตาร์ช ที่ปริมาณแป้งร้อยละ 2, 3.5 และ 5 และ ปริมาณแบะแซ ที่ร้อยละ 10, 20 และ 30 ของสูตรส่วนผสม รวมตัวอย่างแผ่มอมมะขามป้อมทั้งหมด 18 ตัวอย่าง จากนั้น นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทางกายภาพ และ เคมีดังนี้

- ความชื้น (AOAC 925.10, 2000)
- ความสามารถในการละลาย โดยการละลายแผ่นอมในน้ำ ที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 20 วินาที และนำส่วนที่เหลือไปหาน้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับการหาความชื้น
- ความหนาของแผ่นอม ด้วย เวอร์เนีย คาลิเปอร์
- การวัดสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Quest XE ตามระบบ CIE Lab แล้ววิเคราะห์หา ค่าความแตกต่างของสี (Color difference, ΔE) เปรียบเทียบกับแผ่นอมควบคุม โดยสูตรแผ่นอมควบคุมที่มีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 83.74, -1.01 และ 4.35 ตามลำดับ
- ปริมาณวิตามินซี (AOAC 967.21, 2000)
- ความสามารถในการทำลายอนุมูล DPPH (free radical scavenging assay, DPPH activity) ดัดแปลงจาก Brand-Williams และคณะ (1995) โดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผล***

แผ่นอมมะขามป้อมที่ได้ มีลักษณะค่อนข้างใส มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นมะขามป้อมเล็กน้อย โดยมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 12.46 – 13.86 (Table 1) ทั้งนี้ แป้งดัดแปรเป็นแป้งที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบบางส่วน จึงทำให้อุ้มน้ำและเก็บความชื้นได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของแป้ง และปริมาณแป้งพบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณแบะแซมีแนวโน้มให้ความชื้นในแผ่นอมมีค่าลดลง ซึ่งการเพิ่มปริมาณแบะแซ จากร้อยละ 10 เป็น 30 จำเป็นต้องลดปริมาณน้ำในสูตรลง จึงน่าจะเป็นสาเหตุหลักของการลดลงของความชื้นในผลิตภัณฑ์

ความสามารถในการละลายของแผ่นอมมะขามป้อม พบว่า ร้อยละความสามารถในการละลายอยู่ระหว่าง 45.51 ถึง 79.84 นอกจากนี้ ยังพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของแป้งจากร้อยละ 2.0 เป็น 5.0 ทำให้ความสามารถในการละลายลดลง ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณแป้งจะทำให้จำนวนเม็ดแป้งหรือ อะไมโลสเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการฟอร์มโครงร่างตาข่ายที่แข็งแรง ทำให้แตกหลุดและละลายออกมาได้ต่ำกว่า ทำให้แผ่นอมละลายน้ำได้ลดลง อย่างไรก็ตาม การใช้แป้ง B (FA6707) ร้อยละ 5 และเพิ่มปริมาณแบะแซเป็นร้อยละ 30 อาจทำให้โครงสร้างของแป้งเปลี่ยนแปลงไป และ ละลายที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสได้ดีขึ้น ส่วนชนิดของแป้งและปริมาณแบะแซ ไม่มีผลไปในทางใดทางหนึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้ง และแบะแซทำให้แผ่นอมมีความหนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากแผ่นอมมีปริมาณของแข็งมากขึ้น ทำให้ การยุบตัวของโครงสร้างแป้ง

ในระหว่างการทำแห้งเกิดขึ้นน้อยกว่า โดยเฉพาะสูตรที่มีแป้งและแบะแซสูงที่สุด มีความหนาอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.38 มิลลิเมตร ส่วนสูตรที่มีแป้งและแบะแซต่ำที่สุด จะมีความหนา 0.18-0.19 มิลลิเมตร

สำหรับค่าสี (Table 2) พบว่า ค่าความสว่างของแผ่นอม อยู่ระหว่าง 42.59 -56.45 ทั้งนี้ น้ำมะขามป้อมที่ใช้นั้น ได้จากการเครื่องปั่นแยกกาก จึงมีความขุ่น เมื่อเติมลงไป ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะขุ่นมากขึ้น ส่วนค่าความแตกต่างของสี (ΔE) พบว่ามีค่าสูง และ ไม่มีแนวโน้มไปทางใดทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งและแบะแซทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง ทั้งนี้ วิตามินซีเป็นวิตามินที่ไวต่อความร้อน และการเพิ่มส่วนของของแข็งทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง จึงเกิดการสลายตัวได้ดีกว่า นอกจากนี้ ในการวิเคราะห์ยังจำเป็นต้องละลายแผ่นอม การที่ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยของแข็งจำนวนมาก ทำให้การละลายลดลง จึงอาจทำให้เกิดการสลายตัวของวิตามินในขั้นตอนการเตรียมวิเคราะห์ได้ ทั้งนี้ การดัดแปรโครงสร้างของแป้งอาจทำให้ไม่สามารถปกป้องสารสำคัญ หรือในทางตรงกันข้าม อาจจับหรือห่อหุ้มสาระสำคัญ ทำให้ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ที่ใช้ทดสอบได้

ความสามารถในการทำลายต้านอนุมูลอิสระ หรือ DPPH activity มีค่าอยู่ระหว่าง 30.54 -75.60 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซีต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยพบว่าแผ่นอมมะขามป้อมจากแป้ง A มีค่า DPPH activity สูงกว่าจากแป้ง B อีกทั้งการใช้แบะแซร้อยละ 10 จะมี DPPH activity สูงกว่า โดยการเพิ่มปริมาณแบะแซ ส่งผลให้ค่า DPPH activity ลงลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองนี้ สอดคล้องกับปริมาณวิตามินซี (Table 2)

สรุป

แผ่นอมจากแป้งดัดแปรทั้งสองชนิดสามารถใช้ผลิตแผ่นอมมะขามป้อมได้ การเพิ่มปริมาณแป้งพรีเจลาติไนซ์และแบะแซทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ไม่พึงประสงค์มากขึ้น แผ่นอมจากแป้ง FA608 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ แบะแซร้อยละ 20 และแผ่นอมจากแป้ง FA6707 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3.5 และ แบะแซร้อยละ 30 ทำให้แผ่นอมมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ยืดหยุ่น และไม่แตกหักง่าย ซึ่งจะต้องดำเนินการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเป็นลำดับถัดไป

เอกสารอ้างอิง

สุพจน์ อัศวพันธุ์ธนกุล 2532, มะขามป้อม ผลไม้ที่ดีที่สุด, ข่าวสารสมุนไพร, 39 ประจำเดือน กันยายน – พฤศจิกายน 2532.

สมศักดิ์ ภักดีวราภรณ์. 2544, การผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง วิทยานิพนธ์, สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ.

อรนุช เกษประเสริฐ 2548, มะขามป้อม ยาและอาหารสุขภาพ, กสิกร 2:75-80.

วิมล ศรีสุข วัลลา ตั้งรักษาสัตย์ มัทธนี อนันตพงษ์ อัญชลี ชุติไพจิตร นันทวัน บุญยะประภัศร และอารมณ์ พงษ์พันธุ์, 2549, แผ่นฟิล์มละลายเร็วชนิดรับประทานได้จากสมุนไพรเพื่อระงับกลิ่นปาก, สมุนไพร, 13:1-15.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International 17th edition, Association of Official Analytical Chemist.

Brand- William W., Cuelier M. and Berset M.E. 1995, Use of free radical methods to evaluate antioxidant activity, LWT - Food Science and Technology, 28:25-36.

Table 1: Moisture content, solubility and thickness of Indian Gooseberry strip prepared from different types and concentrations of starches.

Type of starch	Conc. (%)	Glucose syrup (%)	Moisture content (%)	Solubility (%)	Thickness (mm)
A (FA608)	2.0	10	13.15±1.16^{ab}	61.63±0.26^{f}	0.19±0.00^{c}
		20	13.21±1.09^{ab}	79.04±0.12^{p}	0.24±0.01^{d}
		30	12.78±1.57^{ab}	58.49±0.11^{e}	0.26±0.01^{f}
	3.5	10	13.86±0.40^{b}	65.21±0.12^{i}	0.19±0.01^{c}
		20	13.31±1.43^{ab}	66.39±0.10^{k}	0.26±0.00^{f}
		30	12.58±0.22^{a}	62.20±0.09^{g}	0.30±0.01^{h}
	5.0	10	13.82±0.68^{b}	55.51±0.23^{c}	0.25±0.00^{e}
		20	13.53±0.67^{ab}	52.43±0.11^{b}	0.27±0.01^{g}
		30	12.75±0.77^{ab}	78.15±0.08^{o}	0.33±0.01^{i}
B (FA6707)	2.0	10	13.39±0.32^{ab}	63.08±0.08^{h}	0.18±0.01^{b}
		20	12.69±1.28^{ab}	58.42±0.13^{e}	0.19±0.01^{c}
		30	13.26±0.63^{ab}	67.85±0.08^{l}	0.30±0.01^{h}
	3.5	10	12.74±1.43^{ab}	57.68±0.22^{d}	0.18±0.00^{b}
		20	12.46±1.15^{a}	66.83±0.21^{k}	0.19±0.00^{c}
		30	13.25±0.64^{ab}	79.84±0.14^{p}	0.33±0.01^{i}
	5.0	10	13.41±0.70^{ab}	57.10±0.09^{d}	0.17±0.01^{a}
		20	13.14±0.81^{ab}	45.51±0.14^{a}	0.27±0.00^{g}
		30	13.08±0.65^{ab}	76.53±0.24^{m}	0.38±0.01^{j}

Data within a column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2: Color value, vitamin C content and antioxidant activity of Indian gooseberry strip prepared from different types and concentrations of starches.

Type of starch	Conc. (%)	Glucose syrup (%)	L*	ΔE*	Vitamin C (mg/100g)	DPPH activity (mg/g d.b)
A (FA608)	2.0	10	51.44±0.01^{l}	33.30±0.01^{c}	23.74±0.39^{j}	57.99±1.67^{k}
		20	54.54±0.01^{n}	29.35±0.01^{a}	19.50±0.14^{g}	53.34±1.31^{j}
		30	45.34±0.01^{f}	38.87±0.01^{j}	17.31±0.90^{e}	30.54±2.11^{e}
	3.5	10	42.59±0.02^{b}	42.05±0.02^{q}	23.08±0.11^{j}	75.60±1.25^{n}
		20	45.11±0.01^{e}	39.02±0.01^{k}	18.08±0.97^{eg}	53.98±2.35^{j}
		30	45.18±0.05^{e}	39.86±0.05^{m}	13.40±0.13^{a}	52.47±0.71^{ij}
	5.0	10	47.15±0.01^{i}	38.68±0.01^{i}	21.69±0.61^{i}	75.54±1.90^{n}
		20	45.83±0.02^{g}	38.55±0.02^{h}	16.30±0.31^{d}	42.26±1.01^{g}
		30	47.27±0.05^{j}	37.13±0.04^{f}	13.54±0.50^{a}	21.50±1.09^{b}
B (FA6707)	2.0	10	45.22±0.01^{f}	39.13±0.01^{l}	20.66±1.20^{gi}	49.10±4.11^{h}
		20	43.31±0.01^{c}	40.74±0.01^{o}	16.16±0.26^{d}	27.08±1.75^{d}
		30	56.45±0.01^{o}	29.02±0.01^{a}	15.33±0.12^{c}	19.52±0.34^{a}
	3.5	10	42.90±0.01^{a}	40.99±0.01^{p}	24.77±0.42^{k}	65.40±1.67^{m}
		20	43.86±0.01^{d}	40.10±0.01^{n}	19.50±0.46^{g}	30.36±1.26^{e}
		30	49.50±0.01^{k}	34.45±0.01^{e}	14.47±0.33^{b}	23.81±0.35^{c}
	5.0	10	46.68±0.01^{h}	37.22±0.01^{g}	24.66±0.23^{k}	62.45±1.17^{l}
		20	53.99±0.01^{m}	30.27±0.01^{b}	15.12±0.34^{cd}	33.26±1.17^{f}
		30	51.14±0.03^{l}	34.08±0.02^{d}	13.67±0.20^{a}	20.48±0.77^{ab}

Data within a column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 257-260 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 257-260 (2561)

ผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบและข้าวเกรียบกระจับ
Frying and Crisp Crackers Products from Water Chestnut (*Trapa bispinosa* Roxb.)

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

Abstract*

Water chestnut (*Trapa biapinosa* Roxb.) is an aquatic annual plant, which its edible part has a sharp spinous horn with white flesh. Boiled fruit, 1 mm thick sliced was deep fried at 180 °C. Its moisture, protein, fat, ash, fiber and carbohydrate contents were 1.54, 12.27, 20.18, 2.64, 1.75 and 63.16 %, respectively. The compression force was 303.88 g, and L* a* and b* were 47.39, 7.71 and 24.64, respectively. Four from water chestnut was then mixed with the crispy flour (wheat 20% and cassava 80%) to develop the new crispy product. Results showed that suitable ratio of water chestnut flour and crispy flour was 20:80, giving the highest score of acceptance (56% out of 50 panelists). After deep frying, the crispy product had moisture, protein, fat, ash, fiber and carbohydrate contents of 1.34, 4.13, 22.49, 0.62, 0.48 and 72.28 %, respectively. The compression force was 609.30 g. The color (L* a* and b*) was 55.93, -0.34 and 10.03, respectively. The microscopic observation showed an even distribution of air bubbles in the crispy product.

Keywords: water chestnut, crispy product, flour, deep frying

บทคัดย่อ

กระจับ (*Trapa biapinosa* Roxb.) จัดเป็นวัชพืชน้ำ ส่วนที่รับประทานได้คือผล มี 2 เขา ปลายเขางอ และแหลม เนื้อในจะมีสีขาว เมื่อนำเนื้อผลกระจับต้มสุกหั่นเป็นแผ่นบาง 1 มิลลิเมตร ไปทอดแบบน้ำมันท่วม ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนมีสีเหลืองพบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ 1.54 12.27 20.18 2.64 1.75 และ 63.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าแรงกด 303.88 กรัม และค่า L* a* และ b* เท่ากับ 47.39 7.71 และ 24.64 ตามลำดับ เมื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกระจับโดยแปรสัดส่วนของแป้งกระจับต่อแป้งข้าวเกรียบ (สาลี 20% และมันสำปะหลัง 80%) พบว่า การใช้แป้งกระจับต่อแป้งข้าวเกรียบในอัตราส่วน 20:80 และทอดนาน 14 วินาที ได้รับการยอมรับมากที่สุด (56 เปอร์เซ็นต์ จากผู้ทดสอบ 50 คน) พบว่า มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต 1.34 4.13 22.49 0.62 0.48 และ 72.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าแรงกด 609.30 กรัม ค่า L* a* และ b* เท่ากับ 55.93 -0.34 และ 10.03 ตามลำดับ และขนาดรูพรุนมีความสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: กระจับ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ แป้ง ทอดกรอบ

คำนำ*

กระจับ หรือ water chestnut (*Trapa bispinosa* Roxb.) จัดเป็นวัชพืชน้ำที่มีผลหรือฝักจมลงใต้ดิน ลักษณะของผลหรือฝักเป็นสีดำเปลือกหนาคล้ายเขาควาย พบในทวีปเอเชีย แอฟริกา และแถบยุโรปตะวันออก ในประเทศไทยพบว่ามี 4 ชนิด คือ กระจับที่ผลมีสองเขา ได้แก่กระจับเขาแหลมและกระจับเขาทู่ ส่วนกระจับที่ผลมีสี่เขา ได้แก่กระจับและกระจ่อม (เต็ม, 2544) กระจับที่นิยมนำมารับประทานโดยการต้มหรือนึ่งให้สุก คือกระจับเขาแหลมที่มีสองเขา เนื้อในผลกระจับมีประโยชน์อย่างมากถ้านำมารับประทานสด จะเป็นยาดับร้อนดับกระหาย ผลที่ต้มสุกแล้วจะเป็นยาช่วยย่อย ทั้งนี้เนื้อกระจับยังอุดมไปด้วยวิตามิน โปรตีน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม เนื่องจากกระจับเป็นวัชพืชน้ำที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง เมื่อปลูกไปแล้ว 2-3 เดือนจะมีการเจริญเติบโตเต็มผิวน้ำ สร้างปัญหาให้กับเกษตรกรในการเก็บเกี่ยวเพราะผลของกระจับมีลักษณะเป็นเขาแหลมและแข็ง ทำให้การเก็บเกี่ยวค่อนข้างลำบากอีกทั้งยังมีราคาที่ต่ำ ทำให้กระจับยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายมากนัก

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.ประชาราษฎร์ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[1]Department of Agro-industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok 1518 Pracharat 1 Road,Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

งานวิจัยนี้เล็งเห็นความสำคัญของกระจับ ซึ่งเป็นวัชพืชน้ำพื้นบ้านของไทยและมีวัตถุประสงค์ในการนำเนื้อผลของกระจับเขาแหลม (*Trapa bispinosa* Roxb.) มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบและข้าวเกรียบกระจับเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของกระจับและส่งเสริมให้กระจับมีบทบาทในอุตสาหกรรมอาหารมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบ โดยการนำผลกระจับมาล้างน้ำให้สะอาด ต้มในน้ำเดือดนาน 20-25 นาที พักให้เย็นแล้วนำมากะเทาะเปลือกออก หั่นเป็นแผ่นบางประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ทำการทดลองหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบไล่ความชื้น โดยที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 30 45 และ 60 นาทีก่อนนำไปทอด เปรียบเทียบกับกระจับที่ไม่ผ่านการอบ (control) นำไปทอดแบบน้ำมันท่วม ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนมีสีเหลือง ทดสอบความชอบโดยรวมและวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกระจับ เตรียมแป้งกระจับ (water chestnut flour) โดยการนำกระจับมาปอกเปลือก และขูดเยื่อสีน้ำตาลออก หั่นเป็นแผ่นหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร นำมาแช่ในสารละลาย 0.1% KMS และ 0.5% citric acid เป็นเวลา 30 นาที อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช (Singh และคณะ, 2011) จากนั้นนำแป้งกระจับที่เตรียมได้มาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกระจับ ทดลองหาอัตราส่วนแป้งกระจับทดแทนที่เหมาะสม โดยใช้แป้งกระจับทดแทนแป้งผสม (แป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 80:20) ร้อยละ 10 20 และ 30 นวดผสมกับน้ำร้อน ทำการทดลองโดยไม่ปรุงรสและปรุงรสโดยเติมน้ำตาล เกลือ พริกไทยป่น และกระเทียมบด นำใส่พิมพ์และนึ่งเป็นเวลา 45 นาที นำไปแช่ตู้เย็น 24 ชั่วโมง หั่นก้อนแป้งเป็นชิ้นบางและอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วินาที

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและความชอบโดยรวมผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบและข้าวเกรียบกระจับ โดยใช้ nine point-hedonic scale test นำตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหารและคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (1995) วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analysis) โดย Instron Texture Analyzer วิเคราะห์ค่าสี (L* a* b*) ตามวิธี Hunter associates laboratory (1997) และลักษณะรูพรุนของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบด้วยกล้องสเตอริโอ

ผลและวิจารณ์ผล

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบ พบว่าปริมาณความชื้นของแผ่นกระจับต้มสุกที่ผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน โดยแผ่นกระจับที่ไม่ผ่านการอบไล่ความชื้น (control) มีความชื้นเริ่มต้น 60.35 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นกระจับจะมีความชื้นลดลงมากขึ้นเมื่อผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มมากขึ้น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ความชื้นของแผ่นกระจับลดลงเหลือ 10.75 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) กระจับทอดกรอบหั่นเป็นแผ่นบาง 1 มิลลิเมตร ไม่ผ่านการอบไล่ความชื้น ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนมีสีเหลืองได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด (42 เปอร์เซ็นต์ จากผู้ทดสอบ 50 คน) ผลวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ 1.54 12.27 20.18 2.64 1.75 และ 63.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าแรงกด 303.88 กรัม และค่า L* a* และ b* เท่ากับ 47.39 7.71 และ 24.64 ตามลำดับ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกระจับ พบว่าการใช้แป้งกระจับต่อแป้งข้าวเกรียบในอัตราส่วน 20:80 และทอดนาน 14 วินาที ทั้งสูตรปรุงรสและไม่ปรุงรส ได้รับการยอมรับมากที่สุด (56 เปอร์เซ็นต์ จากผู้ทดสอบ 50 คน) ผลวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต 1.34 4.13 22.49 0.62 0.48 และ 72.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าแรงกด 609.30 กรัม ค่า L* a* และ b* เท่ากับ 55.93 - 0.34 และ 10.03 ตามลำดับ และขนาดรูพรุนมีความสม่ำเสมอ

การแปรรูปผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบ พบว่ากระจับที่ไม่ผ่านการอบไล่ความชื้น (control) มีความชื้นเริ่มต้น 60.35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทอดจะมีความกรอบและไม่แข็ง แต่แผ่นกระจับจะมีความชื้นลดลงมากขึ้นเมื่อผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มมากขึ้น การอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ความชื้นของแผ่นกระจับลดลงเหลือ 10.75 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) เนื่องจากปริมาณน้ำภายในแผ่นกระจับระเหยออกไป และการนำกระจับไปต้มจะทำเกิดการเจลาตินไนซ์ ทำให้น้ำเข้าไปภายในเม็ดแป้งเกิดการดูดน้ำมากขึ้น จึงเกิดการพองตัวของแป้ง (วิจิตร, 2537 อ้างโดย ปรย, 2552) เป็นผลทำให้กระจับต้มสุกนั้นมีความชื้นเริ่มต้นที่สูง และการนำอาหารไปทำแห้งเพื่อลดปริมาณความชื้นของอาหารก่อนนำไปทอดจะทำให้

กระบวนการทอดใช้เวลาสั้นลง และช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารที่ได้ (ปรย, 2552) การนำแผ่นกระจับต้มสุกไม่ผ่านการอบไล่ความชื้นและผ่านการอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน มาทอดแบบน้ำมันท่วม โดยใช้น้ำมันปาล์มทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส (อรอนงค์ และคณะ, 2554) พบว่าลักษณะของผิวหน้ากระจับทอดกรอบเรียบสม่ำเสมอและมีสีเหลือง โดยทั่วไปการทอดแบบน้ำมันท่วมจะใช้อุณหภูมิในช่วง 150-220 องศาเซลเซียส (นุช, 2545; Sagay และ Dana, 2003 อ้างโดย กนกวรรณ, 2547) ควรเลือกอุณหภูมิสูงโดยใช้เวลาทอดให้น้อยที่สุด แต่ก็ไม่ควรสูงมากเกินไป เพราะจะทำให้ผิวด้านนอกของอาหารเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วทั้งที่อาหารภายในยังไม่สุก (กนกวรรณ, 2547)

จากการนำแป้งกระจับทดแทนแป้งผสม (แป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 80:20) 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ นวดผสมกับน้ำร้อน สูตรไม่ปรุงรสและปรุงรสโดยเติม น้ำตาล เกลือ พริกไทยป่น และกระเทียมบด นำมาทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วินาที พบว่า สีของข้าวเกรียบเข้มขึ้นเมื่อมีการเติมปริมาณแป้งกระจับมากขึ้น เนื่องจากแป้งกระจับมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง การพองตัวของข้าวเกรียบเกิดขึ้นในขณะที่แป้งมีความชื้นต่ำ เป็นการสร้างไอน้ำและทำให้แก๊สขยายตัวในก้อนแป้งสุก ไอน้ำและอากาศจะถูกกักเก็บอยู่ภายในจนเกิดแรงดันที่สูงมาก เมื่อแผ่นแป้งอ่อนตัวลง ไอน้ำและแก๊สจะหนีออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวและเหลือเป็นโครงสร้างรูพรุนไว้ (สุดารัตน์, 2547 อ้างโดย ปิยภรณ์ และคณะ, 2554)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบ พบว่ากระจับทอดกรอบที่ไม่ผ่านการอบไล่ความชื้น (control) เป็นที่ยอมรับมากที่สุด เนื่องจากระดับความแข็ง (กรอบ) ของผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับค่าแรงกดจึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกระจับ พบว่าการใช้แป้งผสมต่อแป้งกระจับที่อัตราส่วน 80:20 เป็นที่ยอมรับมากที่สุด เนื่องจากความหนาแน่นของข้าวเกรียบกระจับมีผลต่อความกรอบ ซึ่งข้าวเกรียบที่ดีควรมีเนื้อสัมผัสที่มีความแน่นเนื้อสูง และมีรูพรุนสม่ำเสมอ (รัชนีพร, 2546)

สรุป

ผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบหั่นเป็นแผ่นบาง 1 มิลลิเมตร ไม่ผ่านการอบและทอดแบบน้ำมันท่วม ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนมีสีเหลือง มีความชอบโดยรวมมากที่สุด ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ 1.54 12.27 20.18 2.64 1.75 และ 63.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าแรงกด 303.88 กรัม และค่า L* a* และ b* เท่ากับ 47.39 7.71 และ 24.64 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกระจับ โดยใช้อัตราส่วนของแป้งกระจับต่อแป้งข้าวเกรียบ 20:80 และทอดนาน 14 วินาที ได้รับการยอมรับมากที่สุด ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต 1.34 4.13 22.49 0.62 0.48 และ 72.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าแรงกด 609.30 กรัม ค่า L* a* และ b* เท่ากับ 55.93 -0.34 และ 10.03 ตามลำดับ และขนาดรูพรุนมีความสม่ำเสมอ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ประจำปี 2560 ขอบคุณ รศ.วันชัย จันทรวงศ์ และ รศ.ดร.วลัยรัตน์ จันทรวงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกระจับในการทำวิจัยเบื้องต้น และขอบคุณผู้ช่วยวิจัยคุณณัฐพล จันทร์เนียม คุณอภิญญา จันทร์แจ่มและคุณแพรวพรรณ พระพานะ ที่ให้ข้อมูลเบื้องต้นในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ปรย เสาวลักษณ์, 2552, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เมล็ดขนุนทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยภรณ์ สุริยะ, ณิชมน ธรรมรักษ์, สุปราณี แก้วเทียม, ริมฤทัย โภคารัตน์ และ กรผกา อรรคนิตย์, 2554, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบถั่วแปจ่อ, ในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติแม่โจ้-แพร่ วิจัย ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, หน้า 276-283.

รองรัตน์ รัตนาธรรมวัฒน์, 2546, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งเผือก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ ศรีพวาทกุล, ปิยพงษ์ เอกวัฒ และ สุรินทร์ นามไว, 2554, การปรับปรุงคุณภาพข้าวเกรียบกล้วยหอม, การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 23, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, หน้า 49-54.

AOAC, 1995, Official Method of Analysis, 16th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Arilington, Virginia.

Singh, G. D., Riar, C. S., Saini, C., Bewa, A. S., Sogi, D. S., and Saxena, D. C., 2011, Indian water chestnut flour-method optimization for preparation, its physicochemical, morphological, thermal, pasting properties and its potential in cookies preparation, Journal of Food Science and Technology, 44:665-672.

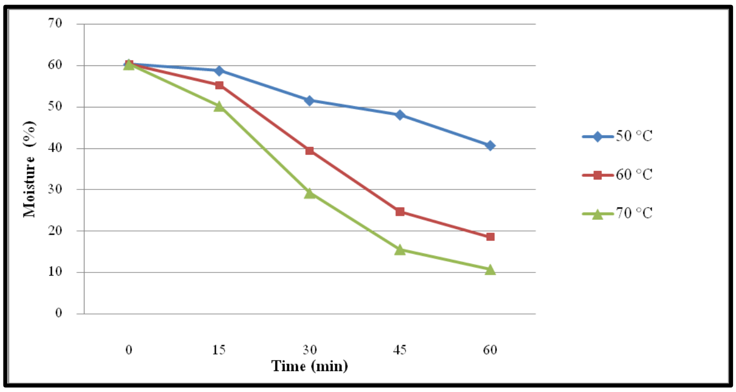


Figure 1 Graph between time and moisture content (%).**

Table 1 Proximate analysis.***

คุณภาพทางเคมี	**กระจับดิบ**	**ผลิตภัณฑ์กระจับทอดกรอบ**	**ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกระจับ**
ความชื้น(%)	48.69±0.53	1.54±0.04	1.34±0.03
โปรตีน(%)	13.07±0.01	12.27±0.05	4.13±0.09
ไขมัน (%)	0.75±0.02	20.18±0.16	22.49±0.42
เถ้า(%)	3.02±0.04	2.64±0.03	0.62±0.03
กากใยอาหาร (%)	1.27±0.02	1.75±0.03	0.48±0.03
คาร์โบไฮเดรต (%)	91.72	63.16	72.28

ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพของใบสะระแหน่สด (*Mentha cordifolia* Opiz.) บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effects of Hot Water Treatment on Storage Quality of Fresh Mint (*Mentha cordifolia* Opiz.) Packed in Low Density Polyethylene Bag during Low Temperature Storage

ณัชชา บัวเทศ[1] และ ธรรมรัตน์ ปราณอมรกิจ[1]
Buathet, N.[1] and Pranamornkith, T.[1]

Abstract

The potential of combined effects of hot water treatments (HWT) and low density polyethylene (LDPE) bag on quality of fresh mint (*Mentha cordifolia* Opiz.) was investigated. Mint was dipped in water at 38±1 or 42±1°C for 30 or 15 sec respectively, then dipped in water for 2 minutes at 0°C, while the control was only dipped in water (0°C, 2 minutes). All samples were dried and packed in sealed LDPE bags before storage at 10°C, 90-95 %RH, 9 days. The results showed that control mint showed significant weight and chlorophyll loss before mint dipped at 38±1°C. Heat injury was found in mint dipped at 42±1°C after 2-3 days. The HWT at 38±1°C was found to extend storage life of mint to 9 days whereas control mint could be stored for only 5 days.

Keywords: chlorophyll, heat injury, modified atmosphere packaging, quality

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของการจุ่มใบสะระแหน่ (*Mentha cordifolia* Opiz.) ในน้ำร้อนก่อนการเก็บรักษาร่วมกับการบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพใบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ นำใบสะระแหน่จุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 38±1 หรือ 42±1 องศาเซลเซียส นาน 30 และ 15 วินาที ตามลำดับ จากนั้นจุ่มน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส 2 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (จุ่มน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส 2 นาที) ทำให้แห้งและบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่ปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 นาน 9 วัน พบว่าใบสะระแหน่ในชุดควบคุมสูญเสียน้ำหนักและปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าชุดที่จุ่มน้ำที่อุณหภูมิ 38±1 องศาเซลเซียส 30 วินาที อย่างมีนัยสำคัญ สะระแหน่ที่จุ่มน้ำที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส เสียหายเนื่องจากได้รับอุณหภูมิสูงเกินไป ภายใน 2-3 วัน ชุดการทดลองที่ดีที่สุดคือ การจุ่มน้ำที่อุณหภูมิ 38±1 องศาเซลเซียส 30 วินาที ในถุงพลาสติก ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ ยืดอายุการเก็บรักษาใบสะระแหน่ได้นาน 9 วัน ส่วนชุดควบคุมเก็บรักษาได้เพียง 5 วัน

คำสำคัญ: คลอโรฟิลล์, ความเสียหายเนื่องจากพืชได้รับอุณหภูมิสูงเกินไป, สภาพบรรยากาศดัดแปลง, คุณภาพ

คำนำ**

พืชวงศ์มินต์ (Mentha) เป็นที่รู้จักกันทั่วไป อยู่ในวงศ์ Lamiaceae มีคุณค่าทางด้านสมุนไพรและมีกลิ่นหอม โดยพืชวงศ์มินต์มีมากกว่า 25 สปีชี่ส์ สามารถเติบโตได้ในพื้นที่ต่างๆ เช่น ทวีปยุโรปและเอเชีย ออสเตรเลีย และอเมริกาใต้ (Dorman และคณะ, 2003) สะระแหน่ (*Mentha cordifolia* Opiz.) หรือมินต์ไทย เป็นพืชที่มีศักยภาพใช้เป็นยารักษาโรคและถูกนำมาใช้ในการประกอบอาหารไทยหลายชนิด รวมทั้งสามารถบริโภคในรูปชาสมุนไพรได้ (Pakdeechote และคณะ, 2011) พืชสมุนไพรที่ใช้สำหรับการประกอบอาหารเหล่านี้มีข้อจำกัดทางการค้าเนื่องจากเป็นพืชที่เสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย รวดเร็ว และมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Cantwell และ Reid, 1993) Barbosa และคณะ (2016) รายงานว่าเปปเปอร์มินต์ (*Mentha piperita* L.) ที่ไม่ได้บรรจุในบรรจุภัณฑ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่ายสั้นเพียง 6 ชั่วโมง ส่วน Klein และ Lurie (1992) รายงานว่าการจุ่มผลิตผลเกษตรด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 38-60 องศาเซลเซียส นาน 2-60 นาที สามารถควบคุมการงอกของสปอร์และการพัฒนาของโรคที่เกิดจากเชื้อราในเมลอน สตรอเบอรี่ และ มะเขือเทศ ได้ ซึ่งการใช้ความร้อนกับผลิตผลเกษตรก่อนการเก็บรักษา ช่วยชะลอการสุกของผลไม้และกระตุ้นความต้านทานต่อการเกิดโรคอีกด้วย จากรายงาน โดย Mangaraj และคณะ

[1]สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ. เชียงราย 57100
[1]School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, 333 Moo1, Thasud, Muang, Chiang Rai 57100

(2009) ระบุว่าการเก็บรักษาผลิตผลสดในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere packaging; MAP) เป็นเทคนิคการเก็บรักษาผลิตผลสดเพื่อดัดแปลงระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายในภาชนะบรรจุนั้น เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลของก๊าซภายในภาชนะบรรจุ โดยมีระดับก๊าซ O_2 ที่ต่ำและก๊าซ CO_2 ที่สูงเพียงพอต่อการเก็บรักษาผลิตผลสดโดยไม่ก่อให้เกิดการเสียหายกับผลิตผล งานวิจัยนี้มีประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการจุ่มใบสะระแหน่สดในน้ำที่อุณหภูมิ (38±1 หรือ 42±1 องศาเซลเซียส) และจุ่มในเวลาที่แตกต่างกัน (30 หรือ 15 วินาที ตามลำดับ) จากนั้นจุ่มในน้ำเย็นอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส 2 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ที่จุ่มในน้ำเย็นอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส 2 นาที) ทุกชุดการทดลองบรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่ปิดสนิท เพื่อจะได้ทราบถึงผลของการใช้น้ำร้อนร่วมกับการบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของใบสะระแหน่สดระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ**

สะระแหน่สดถูกเก็บเกี่ยวช่วงเช้าในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 ที่สวนเกษตรกรในเขตตำบลบ้านดู่ จังหวัดเชียงราย ขนส่งกลับมาที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ภายใน 1 ชั่วโมง ทำการคัดใบที่มีตำหนิออก ตัดก้านให้มีความยาว 20 เซนติเมตร ล้างด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 65 ส่วนในล้านส่วน จากนั้นสะระแหน่สดถูกจัดเป็นชุด โดยใส่ในแต่ละชุดการทดลองซึ่งมีการใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ร่วมกับการบรรจุสะระแหน่สดในถุงชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำปิดสนิท น้ำร้อนถูกเตรียมโดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ Memmert รุ่น WB 22 D-91126 Schwabach FRG, Germany ขนาด 21 ลิตร การทดลองนี้มี 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1). ชุดควบคุม (จุ่มน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที 2). จุ่มน้ำที่อุณหภูมิ 38±1 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที และ 3.) จุ่มน้ำที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที โดยทุกชุดการทดลอง ทำร่วมกับการบรรจุตัวอย่างในถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและปิดถุง ตัวอย่างทั้งหมดถูกนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 แต่ละชุดการทดลองทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 กรัม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) บันทึกข้อมูลในวันที่ 0, 1, 3, 5, 7 และ 9 ของการเก็บรักษา โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ น้ำหนักสด ปริมาณรงควัตถุคลอโรฟิลล์ (Spectrophotometer, Thermo scientific, model G10S UV VIS) อัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน (ที่ 23°C) (gas chromatograph, Agilent, model 7890, USA) นาน 9 วัน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ IBM SPSS Statistic Software Version 20, USA.

ผลและวิจารณ์ผล***

ผลการศึกษาพบว่า สะระแหน่สดที่เก็บรักษาในทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักตลอดการทดลอง โดยสะระแหน่สดในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดร้อยละ 4.53 ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากสะระแหน่สดที่จุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที เก็บในถุงพลาสติกปิดสนิท มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 4.27 หลังจาก 9 วัน ส่วนสะระแหน่สดที่จุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 38±1 องศาเซลเซียส 30 วินาที และเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิท มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ โดยสูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 1.74 ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (Figure 1a) Wu และ Li, (2001) รายงานว่าบรอคโคลี่จุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 38-46 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน และ Barbosa และคณะ, (2016) รายงานว่าเปปเปอร์มินต์ บรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด PET ช่วยลดการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาด้วย

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสะระแหน่สดในทุกชุดการทดลองมีการลดลงตลอดเวลาหลังการเก็บรักษา สะระแหน่สดที่จุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที มีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยมีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างมีนัยสำคัญหลังจากเก็บรักษานาน 7 วัน เมื่อเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา เท่ากับร้อยละ 35 ในขณะที่ชุดควบคุมมีการสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน เท่ากับร้อยละ 18 และมีการสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างรวดเร็วในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ซึ่งเท่ากับร้อยละ 46 เมื่อเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา ส่วนสะระแหน่สดที่จุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 38±1 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที และเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิท พบว่าสภาพการเก็บรักษานี้ชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ดีหลังจากเก็บรักษานาน 7 และ 9 วัน โดยมีการลดลงร้อยละ 21 และ 38 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา (Figure 1b) สอดคล้องกับ Álvares และคณะ, (2007) รายงานว่าการเก็บรักษา parsley ในบรรจุภัณฑ์จะมีการสะสมของก๊าซ CO_2 และการลดลงของก๊าซ O_2 ภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งไปลดการผลิตและกิจกรรมของก๊าซเอธิลีนและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ ในขณะที่ Wu และ Li, (2001) รายงานว่าการจุ่มบรอคโคลี่ในน้ำร้อนที่

อุณหภูมิที่อุณหภูมิระหว่าง 42-48 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้ ส่วนสะระแหน่สดในการทดลองนี้ที่จุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที และเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิท พบว่าใบมีการหลุดล่วงและเกิดใบเหลืองหลังจากเก็บรักษา 2-3 วัน โดยมีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างรวดเร็วภายหลังจากวันที่ 5 ของการเก็บรักษา

อัตราการหายใจของชุดควบคุมที่จุ่มในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส 2 นาที มีแนวโน้มต่ำกว่าชุดการทดลองที่จุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 38±1 หรือ 42±1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในช่วงแรกของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่าง 8 วันแรกของการเก็บรักษา (Table 1) ในขณะที่อัตราการผลิตเอธิลีนของสะระแหน่สดที่จุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 38±1 องศาเซลเซียส 30 วินาที และเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิทมีระดับสูงขึ้นกว่าทุกชุดการทดลองในช่วง 2 วันแรก หลังจากนั้นชุดการทดลองของสะระแหน่สดที่จุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส 15 วินาที และเก็บในถุงพลาสติกมีแนวโน้มสูงกว่าทุกชุดการทดลองในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาซึ่งมีการหลุดร่วงของใบเกิดขึ้นมากในช่วงนี้ (Table 1) อัตราการหายใจของสะระแหน่ในการทดลองนี้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับที่ Cantwell และ Reid, (1993) รายงานไว้ว่าอัตราการหายใจของมินต์ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส เท่ากับ 40 และ 140 ml CO_2 kg^{-1} h^{-1} ตามลำดับ ส่วนอัตราการผลิตเอธิลีนของมินต์ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.26 และ 1.70 nl C_2H_4 g^{-1} h^{-1} ตามลำดับ

สรุป

การจุ่มสะระแหน่สดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที ร่วมกับการบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 สามารถช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาใบสะระแหน่ โดยยังมีคุณภาพดีหลังจากเก็บรักษานาน 9 วัน

เอกสารอ้างอิง

Álvares, V.S., Finger, F.L., de A. Santos, R.C., da Silva Negreiros J.R. and Casali, V.W.D., 2007, Effect of pre-cooling on the postharvest of parsley leaves, Journal of Food, Agriculture and Environment, 5(2):31-34.

Barbosa, C.K.R., Fonseca, M.C.M., Silve, T.P., Finger, F.L., Casali, V.W.D. and Cecon, P.R., 2016, Effect of hydrocooling, packaging, and cold storage on the post-harvest quality of peppermint (*Mentha piperita* L.), Revista Brasileira de Plantas Medicinais 18(1):248-255.

Cantwell, M.I. and Reid, M.S., 1993, Postharvest physiology and handling of fresh culinary herbs, Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 1(3):93-127.

Dorman, H.J., Kosar, M., Kahlos, K., Holm Y. and Hiltunen, R., 2003, Antioxidant prosperities and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties and cultivars, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(16):4563-4569.

Klein, J.D. and Lurie, S., 1992, Heat treatments for improved postharvest quality of horticultural crops, HortTechnology, 2:316-320.

Mangaraj, S., Goswami, T. K. and Mahajan, P.V., 2009, Applications of plastic films for modified atmospherepackaging of fruits and vegetables: A review, Food Engineering Reviews, 1(2):133-158.

Pakdeechote, P., Kukongviyapan, U., Berkban, W., Prachaney, P., Kukongviriyapan, V., and Nakmareong, S., 2011, *Mentha cordifolia* extract inhibits the development of hypertension in L-NAME-induced hypertensive Rats, Journal of Medicinal Plants Research, 5(7):1175-1183.

Wu, P. and Li, W., 2001, Effect of hot water treatment on postharvest shelf life and quality of broccoli, ACIAR Proceedings on Postharvest Handling of Fresh Vegetables, May 9-11, 2001, Beijing, Republic of China, pp. 117-120.

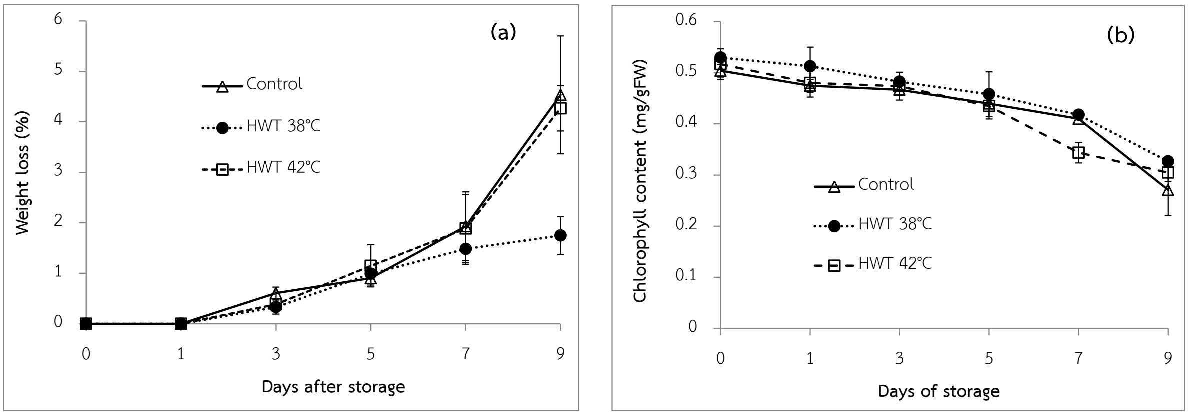


Figure 1 Percentage of weight loss (a) and chlorophyll content (b) for mint (*Mentha cordifolia* Opiz.) packed in sealed LDPE bags and stored at 10°C, 90-95 %RH, 9 days. Control (solid line, △), hot water treatment (HWT) at 38±1°C, 30 sec (dotted line, ●) and HWT at 42±1°C, 15 sec (dashed line, □). All treatments were then dipped in cold water at 0°C, 2 min, and dried at 5°C for 2 hours before storage. (Data represent means ± SE).

Table 1 Respiration and ethylene production rate of mint (*Mentha cordifolia* Opiz.) packed in sealed LDPE bags and stored at 10°C, 90-95 %RH, 9 days. Control (solid line, △), hot water treatment (HWT) at 38±1°C, 30 sec (dotted line, ●) and HWT at 42±1°C, 15 sec (dashed line, □). All treatments were then dipped in cold water at 0°C, 2 min, and dried at 5°C for 2 hours before storage. (Data represent means ± SE). The measurement was performed at 23°C. Respiration rate at initial day was 140.54±13.93 ml CO_2 kg^{-1} h^{-1} and ethylene production was not detected at initial day.**

Treatment	Respiration rates (ml CO_2 kg^{-1} h^{-1})						
	Days of storage						
	1	2	3	5	7	8	9
Control	**93.17±11.53**	**73.32±1.25**	**118.30±8.38**	**148.94±19.26**	**152.78±23.52**	**176.1±6.88**	**142.29±6.12a**
HT38	128.12±16.12	125.96±8.43	116.48±11.16	138.90±12.43	161.01±11.98	140.79±2.76	141.13±2.73a
HT42	139.42±13.94	128.56±15.44	129.53±0.84	116.74±2.19	173.51±15.49	150.88±13.47	103.53±3.35b
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
Treatment	**Ethylene production rates (nl C_2H_4 g^{-1} h^{-1})**						
	Days of storage						
	1	2	3	5	7	8	9
Control	nd	nd	1.77±0.15	1.76±0.22	2.45±0.05	1.77±0.15b	1.77±0.15
HT38	2.37±0.11a	3.99±0.42a	2.00±0.26	2.64±0.49	5.91±0.31	2.12±0.16ab	2.32±0.02
HT42	nd	2.37±0.11b	2.32±0.16	4.83±1.41	2.20±0.08	2.32±0.16a	1.71±0.16
F-test	*	*	NS	NS	NS	*	NS

nd = not detected and NS = non-significant.

Means within columns followed by the same letter, or without a letter, are not significantly different by DMRT.

* Significant F test at $P<0.05$

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของมะม่วงสายพันธุ์ต่างๆ
Study of Morphological Characteristics and Chemical Compositions of Various Mango Cultivars

อรพินธุ์ สฤษดิ์นำ[1]
Saritnum, O.[1]

Abstract***

Study of morphological characteristics and chemical compositions of mango 6 cultivars showed Monduankaw cultivar had the fruit shape index in 0.57. In Mahachok cultivar, it had the fruit width, fruit length and fruit thickness in 73.27, 147.76, 69.47 millimeter, respectively. It also had the fruit weight in 388.20 gram. For the measure of peel fruit color, fruit firmness, total soluble solid (TSS) and titratable acidity (TA), when the mango was ripening, fruit firmness and titratable acidity (TA) were decreased but total soluble solid (TSS) was increased. The peel fruit color* showed Namdokmaisithong cultivar had L value in 63.55, a value in 9.11, and b value in 45.55. Mahachok cultivar had the fruit firmness in 1.31 kilogram per square centimeter. Keawyai-Kammuangya cultivar had the total soluble solid (TSS) in 23.06 percent brix. Monduankaw cultivar had the titratable acidity (TA) in 3.89 percent. Namdokmai-No.4 had the ratio of TSS/TA in 48.23.

Keywords: mango, morphology, cultivar

บทคัดย่อ**

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของมะม่วง 6 สายพันธุ์ พบว่า ดัชนีรูปร่างผลมะม่วงพันธุ์มันเดือนเก้า เท่ากับ 0.57 ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของผลมะม่วง พันธุ์มหาโชค คือ 73.27, 147.76, 69.47 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักผล คือ 388.20 กรัม เมื่อผลมะม่วงมีการสุกเพิ่มขึ้น ค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีค่าลดลง ส่วนค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผล พบว่า พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง มีค่า L เท่ากับ 63.55 ค่า a เท่ากับ 9.11 และค่า b เท่ากับ 45.55 พันธุ์มหาโชค มีค่าความแน่นเนื้อ เท่ากับ 1.31 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พันธุ์เขียวใหญ่-งามเมืองย่า มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 23.06 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ พันธุ์มันเดือนเก้า มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เท่ากับ 3.89 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์น้ำดอกไม้-เบอร์4 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เท่ากับ 48.23

คำสำคัญ: มะม่วง สัณฐานวิทยา สายพันธุ์

คำนำ***

มะม่วงเป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีการปลูกมากทั่วทั้งประเทศไทย เนื่องจากผลผลิตมะม่วงของไทยมีคุณภาพดี จึงเป็นที่ยอมรับของตลาดภายในและภายนอกประเทศ (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2556; วรชาติ, 2548) จากข้อมูลการส่งออกมะม่วงในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม 2559 ประเทศไทยส่งออกมะม่วงสด 29,067 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 991 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) มะม่วงจึงเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพต่อการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร และเพิ่มมูลค่าการส่งออกให้กับประเทศไทย นอกจากนี้ มะม่วงยังให้คุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณวิตามินซี และสารแคโรทีนอยด์ ที่มีความสำคัญต่อร่างกาย โดยเฉพาะสารเบต้า–แคโรทีนที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ในร่างกาย

เนื่องจากคุณภาพของผลผลิตมะม่วงขึ้นอยู่กับการดูแลรักษาของผู้ผลิต สภาพแวดล้อม กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ตลอดจนพันธุกรรมของมะม่วง มะม่วงแต่ละสายพันธุ์อาจมีขนาดผล และลักษณะอื่นๆ ของแต่ละสายพันธุ์ที่แตกต่างกันไป งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของมะม่วงจำนวน 6 สายพันธุ์ สำหรับใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุงพันธุ์มะม่วงต่อไป

[1] สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[1] Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiangmai 50290

อุปกรณ์และวิธีการ****

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของมะม่วง จำนวน 6 สายพันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์น้ำดอกไม้-เบอร์4 พันธุ์เขียวใหญ่-งามเมืองย่า พันธุ์มหาโชค พันธุ์มันเดือนเก้า พันธุ์มหาชนก และ พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ปลูกรวบรวมไว้ ณ ฟาร์มสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มีสิ่งทดลอง 6 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ผล ทำการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงในระยะผลสุก ตรวจสอบผลมะม่วงในห้องปฏิบัติการสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ บันทึกข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- ขนาดผล (Fruit size)

ทำการวัดขนาดผล โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) วัดด้วยค่าความกว้าง (Fruit width) ความยาว (Fruit length) และ ความหนา (Fruit thickness) ของแต่ละผล นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยของผลในแต่ละซ้ำ

ทำการชั่งน้ำหนักผล (Fruit weight) โดยนำผลมาชั่งน้ำหนักในแต่ละผล นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยของผลในแต่ละซ้ำ

- ดัชนีรูปร่างผล (Fruit shape index)

โดยการคำนวณจากสูตรดัชนีรูปร่างผล

Fruit shape index = Fruit width / Fruit length

- ความแน่นเนื้อ (Fruit firmness)

ทำการวัดค่าความแน่นเนื้อของแต่ละผล นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยของผลในแต่ละซ้ำ

- สีเปลือกผล (Color of fruit peel)

ทำการวัดค่าสีเปลือกผล โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) วัดด้วยค่าความสว่าง (L-value) ค่าการสูญเสียสีเขียว (a-value) และค่าการเพิ่มขึ้นของสีเหลือง (b-value) ของแต่ละผล นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยของผลในแต่ละซ้ำ

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid; TSS)

ทำการวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยนำน้ำมะม่วงที่คั้นได้ จำนวน 1-2 หยด มาหยดลงบนเครื่องวัดความหวานแบบดิจิตอล (Digital Refractometer) นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยของผลในแต่ละซ้ำ

- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA)

ทำการไทเทรตน้ำมะม่วงคั้น จำนวน 10 มิลลิลิตร โดยใช้ NaOH 0.1 N เป็น indicator จนถึงจุดยุติ (end point) นำค่าที่ได้มาคำนวณด้วยสูตรปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

% Titratable Acidity = ([ml NaOH used] x [N NaOH] x [milliequivalent factor] x [100]) / (ml sample)

โดย ml NaOH used คือ ปริมาณสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (ml); N NaOH คือ ความเข้มข้นในหน่วยนอร์มอลของสารละลาย NaOH (N); milliequivalent factor คือ milliequivalent weight Malic Acid ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.067; ml sample คือ ปริมาณตัวอย่างน้ำมะม่วงคั้นที่ใช้ไทเทรต (ml)

- ค่าอัตราส่วน TSS:TA

ทำการคำนวณจากสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยจะแสดงรสชาติของมะม่วงค่าที่มากขึ้น แสดงว่าผลมะม่วงมีรสหวานเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับรสเปรี้ยว

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA analysis และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ผลและวิจารณ์ผล****

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของมะม่วงจำนวน 6 สายพันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์น้ำดอกไม้-เบอร์4 พันธุ์เขียวใหญ่-งามเมืองย่า พันธุ์มหาโชค พันธุ์มันเดือนเก้า พันธุ์มหาชนก และ พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง พบว่า มะม่วงแต่ละสายพันธุ์มีขนาดผลที่แตกต่างกัน โดยผลมะม่วงที่มีขนาดใหญ่ จะมีน้ำหนักผลมาก เมื่อวัดด้วยค่าความกว้าง ความยาว และ ความหนา ของผลมะม่วง พันธุ์มหาโชค มีความกว้าง 73.27 มิลลิเมตร ความยาว 147.76 มิลลิเมตร และความหนา 69.47 มิลลิเมตร ซึ่งให้ขนาดผลใหญ่ มีน้ำหนักผลสูงสุด คือ 388.20 กรัม มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด คือ 1.31 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกัน

ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นๆ (Table 1) ทำให้เกิดความแตกต่างของแต่ละสายพันธุ์ เนื่องจากการแบ่งเซลล์ภายในผล การสร้างเมล็ดภายในรังไข่ อาจจะมีผลต่อขนาดผล และอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่แตกต่างกัน เช่น การเก็บเกี่ยวขณะที่ผลยังมีการแบ่งเซลล์ภายในผล หรืออายุหลังการเก็บเกี่ยวยังไม่ครบ ซึ่งอาจจะมีขนาดผลที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้ อาจขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย อาทิเช่น พื้นที่ปลูก การปลูก การดูแลรักษา การให้น้ำให้ปุ๋ย ภูมิอากาศ อุณหภูมิ หรือแร่ธาตุที่พืชต้องการ ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโต การติดดอก ติดผล ขนาด และคุณภาพของผลมะม่วงได้ (ทนงค์ศักดิ์, 2548) สำหรับดัชนีรูปร่างผลมะม่วงทั้ง 6 สายพันธุ์ พบว่า มีค่าดัชนีรูปร่างผลต่างกัน โดยพันธุ์มันเดือนเก้า มีค่าดัชนีรูปร่างผลที่สูงสุด คือ 0.57 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1) และให้ค่าการเปลี่ยนสีของเปลือกผลที่มากด้วย โดยค่าความสว่าง (L-value) ของสีเปลือกผลมะม่วง จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุก และเริ่มลดลงเมื่อผลเริ่มสุกงอม เนื่องจากการเปลี่ยนสีเปลือกจากมะม่วงดิบ (สีเขียว) เป็นมะม่วงสุก (สีเหลือง, L-value เพิ่มขึ้นมากกว่าสีเขียว) และสุกงอม (สีเหลืองน้ำตาล, L-value ลดลง) ค่าการสูญเสียสีเขียว (a-value) เมื่อ a-value ที่เป็นบวก สีจะเปลี่ยนไปในทิศทางสีแดง และ a-value ที่เป็นลบ สีจะเปลี่ยนไปในทิศทางสีเขียว และค่าการเพิ่มขึ้นของสีเหลือง (b-value) เมื่อ b-value ที่เป็นบวก สีจะเปลี่ยนไปในทิศทางสีเหลือง และ b-value ที่เป็นลบ สีจะเปลี่ยนไปในทิศทางสีน้ำเงิน จากงานวิจัยนี้ พบว่า พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง มีค่าความสว่างสูงสุด (L-value) คือ 63.55 เมื่อมีการสุกเพิ่มขึ้นจะสูญเสียสีเขียวแต่ยังไม่ถึงสีแดงสูงที่สุด คือ +9.11 ซึ่งมีค่าการสูญเสียสีเขียวสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ และมีการเพิ่มขึ้นของสีเหลืองสูงที่สุด คือ 45.55 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) นอกจากนี้ การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วง พบว่า พันธุ์เขียวใหญ่-งามเมืองย่า มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด คือ 23.06 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ พันธุ์มันเดือนเก้า มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงสุด คือ 3.89 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาคำนวณค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่า พันธุ์น้ำดอกไม้-เบอร์4 ให้ค่าสูงสุด คือ 48.23 แสดงถึงรสชาติของมะม่วงที่มีความหวานมากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2)

ศักยะ และคณะ (2555) รายงานว่า เมื่อมีการสุกเพิ่มมากขึ้น ค่าความถ่วงจำเพาะมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่าสีเปลือกจะสว่างขึ้น (L-value เพิ่มขึ้น) ค่าการสูญเสียสีเขียวจะโน้มจากค่าสีเขียวไปสู่ค่าสีแดง (a-value) และค่าการเพิ่มขึ้นของสีเหลืองจะโน้มจากค่าสีน้ำเงินไปสู่ค่าสีเหลือง (b-value) ส่วนความแน่นเนื้อจะมีลักษณะลดลง ค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้เพิ่มขึ้น ผลมะม่วงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีอายุการเก็บเกี่ยวของผลที่แตกต่างกัน จึงอาจทำให้ข้อมูลในการศึกษาบางส่วนคลาดเคลื่อน ดังนั้น ในการคัดเลือกผลมะม่วงจึงควรพิจารณาอายุหลังการเก็บเกี่ยวของแต่ละสายพันธุ์ และขนาดผลของแต่ละสายพันธุ์ที่มีขนาดเท่าๆ กัน

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของมะม่วง 6 สายพันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในด้านการปรับปรุงพันธุ์นั้น หากต้องการมะม่วงที่มีขนาดผลใหญ่ น้ำหนักมาก และมีความแน่นเนื้อ พันธุ์มหาโชค จะมีขนาดผลใหญ่ มีน้ำหนักผลมาก และมีความแน่นเนื้อสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ และหากต้องการมะม่วงที่มีความหวาน คือ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS:TA) พันธุ์น้ำดอกไม้-เบอร์4 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ

สรุป

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของมะม่วง 6 สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์มหาโชค มีขนาดผลใหญ่ มีความกว้าง ความยาว ความหนาของผล คือ 73.27, 147.76, 69.47 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าน้ำหนักผล และความแน่นเนื้อสูงสุด พันธุ์มันเดือนเก้า มีค่าดัชนีรูปร่างผลสูงสุด คือ 0.57 พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง มีสีเปลือกผลสูงสุด โดยมีค่าความสว่าง (L-value) ค่าการสูญเสียสีเขียว (a-value) ค่าการเพิ่มขึ้นของสีเหลือง (b-value) คือ 63.55, 9.11, 45.55 ตามลำดับ พันธุ์เขียวใหญ่-งามเมืองย่า มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) สูงสุดคือ 23.06 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ พันธุ์มันเดือนเก้า มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) สูงสุดคือ 3.89 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์น้ำดอกไม้-เบอร์4 มีค่าอัตราส่วน TSS:TA สูงสุด คือ 48.23 แสดงถึงรสชาติมะม่วงที่มีรสหวานมากกว่ารสเปรี้ยว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ฟาร์มสาขาไม้ผล ห้องปฏิบัติการสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ทนงค์ศักดิ์ คำคูณ, 2548, ลักษณะสัณฐานวิทยาและเคมีของส้มมะนาวจุก, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

วรชาติ เกษมบุญสุขศรี, 2548, ผลของวัสดุดูดซับและปริมาณโปแตสเซียมเปอร์มังกาเนตต่ออายุการเก็บรักษาของมะม่วงน้ำดอกไม้, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2556, มะม่วง การผลิต และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, สำนักหอสมุดแห่งชาติ, เชียงใหม่, 836 หน้า.

ศักยะ สมบัติไพรวัน, เทวรัตน์ ทิพยวิมล และกระวี ตรีอำนรรค, 2555, การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, 4-5 เมษายน 2555, เชียงใหม่, หน้า 518-525.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559, สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559, โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

Table 1 Morphological characteristics of mango 6 cultivar.

Treatment	Fruit width (mm)	Fruit length (mm)	Fruit thinkness (mm)	Fruit weight (g)	Fruit shape index	Fruit firmness (kg/cm^2)
Namdokmai-No.4	63.15[bc 1/]	129.79[ab]	57.41[b]	249.82[b]	0.48[b]	0.85[ab]
Keawyai-Kammuangya	68.32[ab]	136.45[ab]	61.17[b]	325.69[ab]	0.50[b]	0.80[ab]
Mahachok	73.27[a]	147.76[a]	69.47[a]	388.20[a]	0.49[b]	1.31[a]
Monduankaw	66.91[ab]	115.77[c]	61.76[b]	288.24[ab]	0.57[a]	0.61[b]
Mahachanok	60.40[c]	143.36[a]	58.48[b]	305.80[ab]	0.41[c]	0.57[b]
Namdokmaisithong	60.99[bc]	122.50[bc]	56.38[b]	229.71[b]	0.49[b]	0.57[b]
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. %	5.99	7.99	4.99	20.57	7.11	40.17

[1/] **Mean in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.01$) by DMRT.**

Table 2 Chemical compositions of mango 6 cultivars

Treatment	L-value	a-value	b-value	Total Soluble Solid; TSS (% brix)	Titratable Acidity; TA (%)	TSS:TA
Namdokmai-No.4	52.96[b 1/]	-2.11[bc]	34.93[ab]	21.67[ab]	0.50[b]	48.23[a]
Keawyai-Kammuangya	44.94[c]	-6.40[c]	25.48[bc]	23.06[a]	1.22[b]	23.74[bc]
Mahachok	44.64[c]	-4.81[c]	23.21[c]	20.57[ab]	0.54[b]	38.63[ab]
Monduankaw	61.35[a]	+5.70[ab]	43.57[a]	17.90[b]	3.89[a]	7.51[c]
Mahachanok	57.01[b]	+6.02[ab]	42.58[a]	19.27[ab]	0.72[b]	28.25[ab]
Namdokmaisithong	63.55[a]	+9.11[a]	45.55[a]	20.90[ab]	2.75[ab]	17.67[bc]
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. %	4.27	356.84	16.81	9.63	87.36	41.31

[1/] **Mean in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.01$) by DMRT.**

ผลของสารละลายไคโตซานผสมโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโนต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ที่ปนเปื้อนในผักและผลไม้

Effect of Chitosan Mixed with Nanoscale Clay Solution on Inhibition of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. Contamination of Fruits and Vegetables

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2] และ พริมา พิริยางกูร[3]
Poubol, J.[1], Boonyarithongchai, P.[2] and Phiriyangkul, P.[3]

Abstract

This research was studied on the effect of chitosan mixed with nanoscale clay on the inhibition of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. that have been reported to contaminate in fruits and vegetables. Chitosan at 0 (control), 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% were mixed with 5% nanoscale clay. A 10 µl of solutions were dropped on 5 mm diameter filter paper disc that placed on the surface of Eosin Methylene Blue Agar (EMB) and Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD) after spreading with 0.1 ml suspension of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. (10^5 Log CFU/ml), respectively. They were incubated at $35\pm2^{\circ}$C for 24 ± 3 h. Microbial growth inhibitions based on a clear zone of the disc were determined. All mixture of chitosan revealed a clear zone of *Escherichia coli* with the maximum growth inhibition was 0.5% chitosan, whereas it could inhibit *Salmonella* sp. as compared to another concentration that could not inhibited.

Keywords: chitosan, nanoscale clay, inhibition, microbial

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของไคโตซานผสมเคลย์ระดับนาโนต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ที่มีรายงานพบการปนเปื้อนในผักและผลไม้ โดยผสมไคโตซานร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กับเคลย์ระดับนาโนร้อยละ 5 จากนั้นหยดสารละลายผสม 10 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ที่วางอยู่บนผิวหน้าอาหาร Eosin Methylene Blue Agar (EMB) และ Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD) ซึ่งผ่านการเกลี่ยด้วยสารแขวนลอยของเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. (10^5 Log CFU/ml) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 24 ± 3 ชั่วโมง ตรวจวัดความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อโดยดูจากขนาดของวงใสรอบกระดาษกรอง ผลการทดลองพบว่าการใช้ไคโตซานผสมทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ได้ โดยการใช้ไคโตซานผสมร้อยละ 0.5 สามารถยับยั้งการเจริญได้สูงที่สุด ในขณะที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* sp. ได้ เมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น ๆ ที่ไม่สามารถยับยั้งได้

คำสำคัญ: ไคโตซาน เคลย์ระดับนาโน การยับยั้ง จุลินทรีย์

คำนำ

Escherichia coli และ *Salmonella* sp. เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่ตรวจพบมากในผลิตผลสดทางการเกษตรทั้งที่จำหน่ายในประเทศและที่ส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ มีรายงานการนำไคโตซานมาประยุกต์ใช้กับผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิด เนื่องจากไคโตซานเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และยังมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ จึงนิยมใช้ในการเคลือบผิวผักและผลไม้สด (Devlieghere และคณะ, 2004; El-Ghaouth 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]สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[2]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King's Mongkut University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[3]สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[3]Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

1991; El Ghaouth และคณะ; 1992; Li และ Yu, 2001; Romanazzi และคณะ, 2002) โดยพบว่าไคโตซานช่วยชะลอการเน่าเสียและยืดอายุการเก็บรักษาสตอเบอร์รี (El Ghaouth และคณะ, 1991) พีช (Du และคณะ, 1997) องุ่น (Romanazzi และคณะ, 2002) และเชอร์รี่ (Romanazzi และคณะ, 2003) แต่อย่างไรก็ตามการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นสูงมีผลทำให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น และความกรอบในหน่อไม้ฝรั่งลดลงมากกว่าการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นต่ำกว่า (จุฑาทิพย์ และพนิดา, 2554) และมีรายงานว่าการประยุกต์ใช้สารเคลือบผิวไคโตซานโดยนำไปผสมกับโพลีเมอร์เคลย์ในระดับนาโน (clay nanocomposite) มีผลในการช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและการทนต่อความร้อนของฟิล์ม (Xu และคณะ, 2006) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้โพลีเมอร์เคลย์ในระดับนาโนผสมกับ alginate และน้ำมันหอมระเหย ช่วยให้ฟิล์มที่ได้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Alboofetileh และคณะ, 2014) แต่ยังไม่มีรายงานการประยุกต์ใช้ chitosan ผสมกับโพลีเมอร์เคลย์ในระดับนาโนต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาคุณสมบัติของไคโตซานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ผสมกับโพลีเมอร์เคลย์ในระดับนาโนต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp.

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารละลายไคโตซานผสมโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโน

การทดลองนี้ใช้ไคโตซานชนิด low molecular weight (Sigma-Aldrich, USA) โดยเตรียมสารละลายชนิดที่ 1 คือ ไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปผสมกับสารละลายชนิดที่ 2 คือ สารละลายโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโน (montmorillonite; MMT, Sigma-Aldrich, USA) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ดีที่สุดในการขึ้นรูปฟิล์ม chitosan/clay nanocomposite film (Xu และคณะ, 2006) โดยละลาย MMT ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิห้อง โดยผสมแบบ vigorously stirring เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นผสมสารละลายทั้งสองชนิดให้เข้ากันแบบ continuously stirring เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารละลายไคโตซานผสมโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโน

การศึกษาการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ทำโดยวิธี agar diffusion โดยใช้ปากคีบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วคีบกระดาษกรองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ไปวางลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methylene Blue Agar (Himedia, India) และ Xylose Lysine Deoxycholate Agar (Himedia, India) ซึ่งผ่านการเกลี่ยด้วยเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. (10^5 Log CFU/ml) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นหยดสารละลายไคโตซานผสมโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโนปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรอง แล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35$\pm$2 องศาเซลเซียส นาน 24$\pm$3 ชั่วโมง ตรวจวัดความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อโดยดูจากขนาดของวงใสรอบกระดาษกรอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผล***

การใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ผสมกับโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโนความเข้มข้นร้อยละ 5 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli* บนอาหาร Eosin Methylene Blue Agar ได้ โดยพบว่ามีวงใสเกิดขึ้นบริเวณรอบกระดาษกรองที่ผ่านการหยดด้วยสารละลายผสมไคโตซาน (Figure 1) และเมื่อวัดความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli* พบว่ามีขนาดของวงใสรอบกระดาษกรองเท่ากับ 19.8, 28.3, 21.3, 27.3 และ 18.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1) โดยการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ผสมกับโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโนสามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ได้สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (0% chitosan + 5% MMT) รองลงมาคือการใช้สารละลายผสมที่มีไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 1.0 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้สารละลายผสมที่มีไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 2.0 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ได้ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม มีรายงานว่าการใช้สารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ได้ โดยมีขนาดของวงใสรอบกระดาษกรองเท่ากับ 10.1, 7.4 และ 3.24 มิลลิเมตร ตามลำดับ (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2557) และการใช้ MMT เพียงอย่างเดียวสามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ได้ (Maryan และคณะ, 2013) จากการทดลองนี้การประยุกต์ใช้สารละลายไคโตซานผสมกับโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโนพบว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ทั้งนี้เนื่องจาก MMT จะไปจับกับผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้ความสามารถในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารลดลง จึงทำให้เชื้อแบคทีเรียตายได้ (Wu และคณะ, 2011)

Figure 2 แสดงผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* sp. บนอาหาร Xylose Lysine Deoxycholate Agar ซึ่งพบว่าการใช้สารละลายผสมที่มีไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.5 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* sp. ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* sp. ได้ (ขนาดวงใสเท่ากับ 0 มิลลิเมตร) โดยมีขนาดวงใสรอบกระดาษกรองเท่ากับ 14.2 มิลลิเมตร (Table 1) ในขณะที่การใช้สารละลายผสมที่มีไคโตซานความเข้มข้นอื่นๆ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* sp. ได้ โดยไม่พบว่ามีวงใสเกิดขึ้นรอบกระดาษกรอง ทั้งนี้การใช้ MMT เพียงอย่างเดียว (control) ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* sp. ได้ ดังนั้นเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับสารละลายไคโตซาน จึงอาจมีผลไปลดประสิทธิภาพของไคโตซานในการยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* sp.

สรุปผล

การใช้สารละลายไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นผสมกับโพลีเมอร์เคลย์ระดับนาโน สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli* ได้ โดยการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ได้ดีที่สุด และสามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* sp. ได้ เมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น ๆ ที่ไม่สามารถยับยั้งได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.) ประจำปีงบประมาณ 2559 และได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2560 ขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, 2554, สารเคลือบผิวไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 569-572.

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และพริมา พิริยางกูร, 2557, ผลของสารละลายไคโทซานต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp., วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(3/1) (พิเศษ): 69-72.

Alboofetileh, M., Rezaei, M., Hosseini, H. and Abdollahi, M., 2014, Antimicrobial activity of alginate/clay nanocomposite films enriched with essential oils against three common foodborne pathogens, Food Control, 36: 1-7.

Devlieghere, F., Vermeulen, A. and Debevere, J., 2004, Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables, Food Microbiology, 21:703-714.

Du, J. M., Gemma, H. and Iwahori, S., 1997, Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit, Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 66: 15–22.

El Ghaouth, A., Arul, J., Grenier, J. and Asselin, A., 1992, Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits, Journal of Phytopathology, 82: 398–402.

El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R., and Boulet, M., 1991, Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries, Journal of Food Science, 56: 1618–1620.

Li, H. and Yu, T., 2001, Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit, Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 269–274.

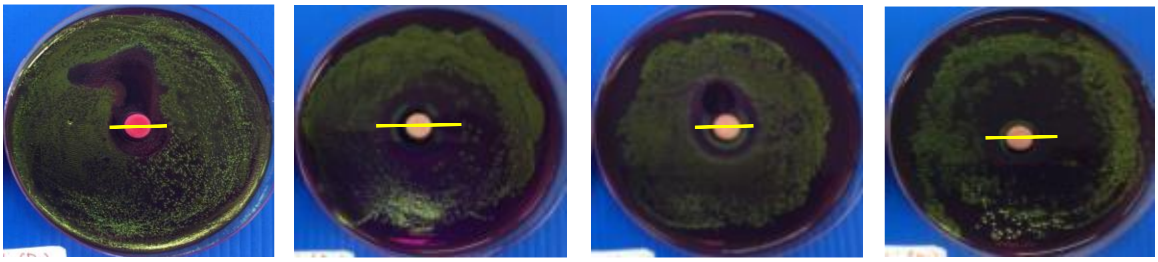
Maryan, A.S., Montazer, M., Rashidi, A. and Rahimi, M.K., 2013, Antibacterial properties of clay layers silicate: a special study of montmorillonite on cotton fiber, Asian Journal of Chemistry, 25:2889.

Romanazzi, G., Nigro, F. and Ippolito, A., 2003, Short hypobaric treatments potentiate the effect of chitosan in reducing storage decay of sweet cherries, Postharvest Biology and Technology, Vol.29:73–80.

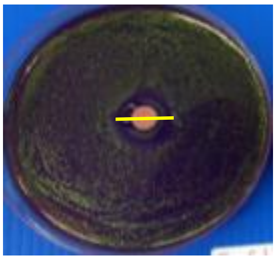
Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Di Venere, D. and Salerno, M., 2002, Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes, Journal of Food Science, 67:1862–1867.

Wu, T., Xie, A.G., Tan, S.Z. and Cai, X., 2011, Antimicrobial effects of quaternary phosphonium salt intercalated clay minerals on *Escherichia coli* and *Staphylococci aureus*, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 86:323-236.

Xu, Y., Ren, X. and Hanna, M.A., 2006, Chitosan/clay nanocomposite film preparation and characterization, Journal of Applied Polymer Science, 99: 1684-1691.



0% Chitosan 0.5% Chitosan 1% Chitosan 1.5% Chitosan



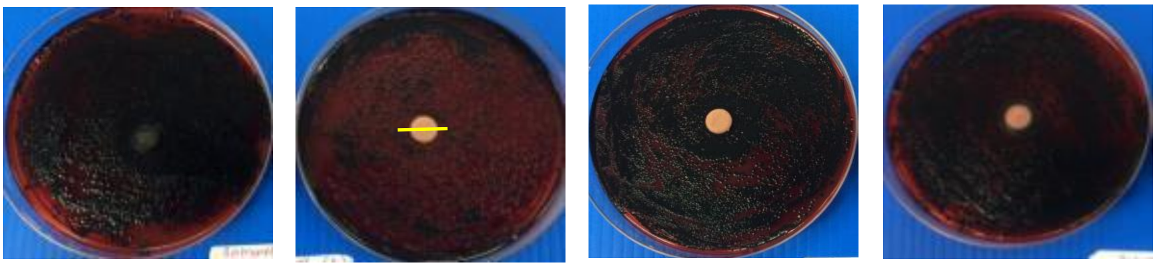
2.0% Chitosan

Figure 1 Inhibition zone of chitosan (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2%) mixed with 5% nanoscale clay on *Escherichia coli* growths on agar surfaces of Eosin Methylene Blue Agar. Petri dishes were incubated at 35±2°C for 24±3 hr. Horizontal line indicated inhibition diameter.

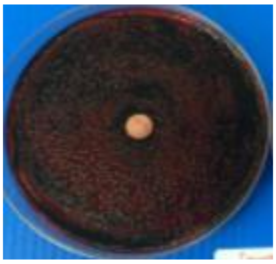
Table 1 Inhibition zone* (mm) of chitosan (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2%) mixed with 5% nanoscale clay on *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. growths on agar surfaces incubated at 35±2°C for 24±3 hr.

Bacterial species	Chitosan (%)				
	0	0.5	1.0	1.5	2.0
Escherichia coli	19.8^{bc}	28.3^{a}	21.3^{b}	27.3^{a}	18.4^{c}
Salmonella sp.	0^{b}	14.2^{a}	0^{b}	0^{b}	0^{b}

* Means in the same column followed by the same lowercase letters have no significant difference ($p \leq 0.05$).



0% Chitosan 0.5% Chitosan 1% Chitosan 1.5% Chitosan



2.0% Chitosan

Figure 2 Inhibition zone of chitosan (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2%) mixed with 5% nanoscale clay on *Salmonella* sp. growths on agar surfaces of Xylose Lysine Deoxycholate Agar. Petri dishes were incubated at 35±2°C for 24±3 hr. Horizontal line indicated inhibition diameter.

ผลของระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชี (*Coriandrum sativum* L.)

Effect of harvesting stages on physical and chemical properties of coriander (*Coriandrum sativum* L.)

อังคณา จันทรพลพันธ์[1] เกศกนก ลครพล[1] และ สุภาวดี เทียบดอกไม้[1]
Chantaraponpan, A.[1], Lakhonphon, K.[1] and Thiabdokmai, S.[1]

Abstract

The aim of this investigation was to determine the effect of four different harvest stages, 45, 50, 55 and 60 days after sowing on physical and chemical properties of coriander (*Coriandrum sativum* L.). There was significant effect of harvest stages on weight, length and color parameters (chroma and hue angle) of coriander (p<0.05). Bioactive compounds (vitamin C, Chlorophyll A, Chlorophyll B, total chlorophyll and total phenolic compounds) of coriander studied in this investigation were increased with increasing harvesting date (p<0.05). Antioxidant capacity of coriander was determined using the DPPH assay and it was found that late stage harvesting coriander possessed the highest DPPH scavenging ability (p<0.05). In addition, correlation between increasing of coriander harvesting date and weight, length, chlorophyll A, total chlorophyll, vitamin C, total phenolic compounds and antioxidant capacity were positively significant (p<0.01).
Keywords: physical properties, phenolic compounds, chlorophyll, vitamin C

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยว 4 ช่วงคือการเก็บเกี่ยวที่เวลา 45, 50, 55 และ 60 วันหลังการหว่านเมล็ดต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชี (*Coriandrum sativum* L.) ผลการทดลองพบว่าอายุในการเก็บเกี่ยวมีผลต่อน้ำหนัก ความยาว และค่าสี (chroma และ hue angle) ของผักชี (p<0.05) ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (วิตามินซี คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารฟีนอลิกทั้งหมด) ของผักชีเพิ่มขึ้นเมื่ออายุในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น (p<0.05) ความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของผักชีซึ่งตรวจวัดโดย DPPH assay มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น (p<0.05) พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชีพบว่าอายุการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนัก ความยาว ปริมาณคลอโรฟิลล์ A ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของผักชี (p<0.01)
คำสำคัญ: คุณสมบัติทางกายภาพ สารประกอบฟีนอลิก คลอโรฟิลล์ วิตามินซี

คำนำ**

ผักชี (*Coriandrum sativum* L.) เป็นพืชที่บริโภคได้ทั้งต้น เช่น ใบ ก้านใบ และราก มีจุดเด่นสำคัญคือกลิ่นและสีสันที่สวยงาม นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ด้านอาหารและยาเนื่องจากประกอบด้วยสารอาหารหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และเส้นใย และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ป้องกันการเสื่อมสภาพของร่างกาย ด้วยความโดดเด่นทั้งด้านกลิ่นและสรรพคุณทางอาหารและยาทำให้ผักชีได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งใน และต่างประเทศ อายุในการเก็บเกี่ยวเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและคุณภาพของพืชผักหลายชนิด กัลย์ กัลยาณมิตร (2554) รายงานว่าใบมะรุมที่มีอายุความแก่แตกต่างกันตั้งแต่ 20-60 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นตามอายุความแก่ของใบมะรุม ในปี พ.ศ. 2556 อังคณา น้อยสุวรรณ และคณะ ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผักกาดฮีน (*Brassica juncea* L. Czern and Cossn) 15, 20, 25 และ 30 วัน หลังจากหว่านเมล็ดต่อองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผักกาดฮีน ผลการทดลองพบว่าผักกาดฮีนที่เก็บเกี่ยว

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
[1]Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Kantharawichai District, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150
***

ในเวลา 15 วันหลังจากหว่านเมล็ดมีปริมาณเถ้า และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น วิตามินซีสูงกว่าเมื่อเก็บเกี่ยวหลังจากหว่านเมล็ดเป็นเวลา 20, 25 และ 30 วัน เช่นเดียวกับพืชชนิดอื่นๆ ผักชีที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในช่วงระยะเวลาแตกต่างกันอาจมีผลให้คุณภาพและปริมาณสารสำคัญต่างๆ แตกต่างกัน แต่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักชี โดยเฉพาะปริมาณสารสำคัญในผักชีที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชี เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับเกษตรกรได้ทราบถึงอายุการเก็บเกี่ยวผักชีที่เหมาะสมเพื่อให้มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

1. ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของผักชี ปลูกผักชีระหว่างเดือนสิงหาคม 2559 ถึงเดือนกันยายน 2559 โดยใช้เมล็ดผักชีสายพันธุ์สายสมร ของบริษัทอีสท์ เวสท์ ซีด จำกัดซึ่งซื้อมาจากตลาดเมืองมหาสารคาม ปลูก ณ บ้านหัวขัว ตำบลโนนราษี อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคามในแปลงปลูกขนาด 90 x 120 เซนติเมตร หว่านปุ๋ยคอกกลบเมล็ดพันธุ์ และให้น้ำในตอนเย็นทุกวัน เก็บเกี่ยวผักชีหลังการหว่านเมล็ดเป็นเวลา 45, 50, 55 และ 60 วัน เพื่อนำไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักและความยาว (อังคณา และคณะ, 2556) ค่าสี Chroma และ Hue angle ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter CR 400 ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Folin-Ciocalteu Method และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของ DPPH (DPPH radical scavenging activity) ดัดแปลงจากวิธีของ Dasgupta และ De (2004)

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพของผักชี และคุณสมบัติทางเคมีของผักชี โดยใช้ Pearson Correlation Coefficients ของค่าเฉลี่ยที่คำนวณโดยใช้โปรแกรม SPSS version 22.0 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผล***

ผักชีจากการเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 45, 50, 55 และ 60 วันหลังการหว่านเมล็ดมีลักษณะและรูปร่างดังแสดงใน Figure 1 นำผักชีดังกล่าวไปตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชีดังผลการทดลองดังแสดงใน Table 1 น้ำหนักและความยาวของผักชีมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุในการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) (Figure 1) ค่าสี Chroma และ Hue angle ของผักชีจากการเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 45, 50, 55 และ 60 วันหลังการหว่านเมล็ดมีค่าแตกต่างกันตามอายุในการเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน ($p \leq 0.05$) คุณสมบัติทางเคมีของผักชีจากการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุแตกต่างกันมีความแตกต่างกัน (Table 1) ผักชีที่ได้จากการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวที่ 45 ถึง 60 วันมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 89.19 - 90.98% ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของ DPPH ของผักชีมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ผักชีที่ได้จากการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 45 วันมีปริมาณวิตามินซีเป็น 9.25 mg/100 g FW และเพิ่มมากขึ้นถึง 3.7 เท่าเมื่อเก็บเกี่ยวที่ 60 วัน 40.26 mg/100 g FW (Table 1) การเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์อาจใช้เป็นดัชนีคุณภาพในการเก็บเกี่ยวผักชีได้เนื่องจากอายุการเก็บเกี่ยวผักชีในระยะ 45-60 วัน เป็นระยะที่มีการสะสมคลอโรฟิลล์จากปริมาณน้อยที่สุดจนถึงระยะที่มีการสะสมมากที่สุดก่อนจะเข้าสู่ระยะการสลายตัว สารประกอบฟีนอลิกมีความสามารถเป็นสารในการต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ และส่วนใหญ่พบในผักและผลไม้ งานวิจัยนี้พบว่าผักชีที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 45, 50, 55 และ 60 วัน มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูง โดยพบถึง 156.77, 198.00, 195.07, และ 212.50 mg GAE/100 gFW ตามลำดับ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ในปี ค.ศ 2014 Msaada และคณะ ศึกษาสารสกัดจากผักชีสามสายพันธุ์ได้แก่ Tunisian, Syrian และ Egyptian เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวสกัดพบว่าผักชีทั้งสามสายพันธุ์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมอยู่ในช่วง 0.94 ± 0.05 - 1.09 ± 0.02 mg/GAE/g DW และรายงานว่าสารประกอบฟีนอลที่พบในผักชีได้แก่ chlorogenic acid, ferulic acid, O-coumaric acid, gallic acid, cafeic acid, vanillic acid, coumarine, luteolon, rutin trihydrate, apigenin และ naringin ผักชีที่อายุการเก็บเกี่ยว 45, 50, 55 และ 60 วัน มีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH เป็น 13.52, 23.08, 27.36 และ 48.81% ตามลำดับ เพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้นของผักชี ในการทดลองครั้งนี้ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยการดักจับอนุมูลอิสระของ DPPH ด้วยกรดแกลลิก โดยพบว่ากรดแกลลิกที่มีความเข้มข้น 5 และ 10 mg/ml มีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH เป็น 51.60 และ 59.34% ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บเกี่ยวของผักชีและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชี พบว่าอายุการเก็บเกี่ยวของผักชีมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับน้ำหนักและความยาวของผักชี ($r=0.91$ และ 0.95 ตามลำดับ $p \leq 0.01$) นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ

ของผักชี (r=0.90, 0.79 และ 0.92 ตามลำดับ p≤0.01) นั่นคืออายุการเก็บเกี่ยวของผักชีที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

สรุป**

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผักชีที่ได้จากการเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 45, 50, 55 และ 60 วันหลังการหว่านเมล็ด พบว่าน้ำหนักและความยาวของผักชีมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น (p≤0.05) ผักชีที่มีอายุ 45, 50, 55 และ 60 วัน มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 88.19 - 90.98% มีปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 9.25 - 40.26 mg/100 g FW โดยอายุมีผลต่อปริมาณวิตามินซี (p≤0.05) ผักชีที่มีอายุ 45, 50, 55 และ 60 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ A, คลอโรฟิลล์ B และคลอโรฟิลล์รวมเพิ่มขึ้นตามอายุของผักชี โดยพบคลอโรฟิลล์ A อยู่ในช่วง 0.087±0.001 - 0.463±0.087 mg/100 g FW คลอโรฟิลล์ B อยู่ในช่วง 0.066±0.001 - 0.269±0.085 mg/100 g FW และคลอโรฟิลล์รวมอยู่ในช่วง 0.153±0.002 - 0.732±0.243 mg/100 g FW ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชีโดยใช้ Pearson correlation coefficients พบว่าอายุในการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนัก ความยาว ปริมาณคลอโรฟิลล์ A ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ (r= 0.91, 0.95, 0.61, 0.86, 0.90, 0.79 และ 0.79 ตามลำดับ) ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการเก็บเกี่ยวผักชีที่อายุแตกต่างกันคือ 45, 50, 55 และ 60 วันหลังการหว่านเมล็ดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชี ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถช่วยในการเลือกระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผักชีที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปบริโภคของผู้บริโภคแต่ละบุคคลต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

อังคณา น้อยสุวรรณ, กัญญวรา ชุมกาแสง, และ อารยา ชัยปัญหา, 2556, ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผักกาดเขียวพันธุ์ผักกาดฮีน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44 (3) (พิเศษ):217-220.

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

Dasgupta, N. and B. De., 2004, Antioxidant activity of *Piper betle* L. leaf extract in vitro, Food Chemistry, 88: 219–224.

Msaada K., Jemia M.B., Salem N., Bachrouch O., Sriti J., Tammar S., Bettaieb I., Jabri I., Kefi S., Limam F. and Marzouk B., 2014, Antioxidant activity of methanolic extracts from three coriander (*Coriandrum sativum L.*) fruit varieties, Arabian Journal of Chemistry, 10 (2): S3176-S3183.

Figure 1 Coriander harvested 45, 50, 55 and 60 days after sowing.

Table 1 Effect of harvest stages on physical and chemical properties of coriander.

Properties	Harvesting stages (day)			
	45	50	55	60
Weight (g)	0.32±0.03[a]	0.67±0.08[b]	1.76±0.29[c]	2.59±0.40[d]
Height (cm)	14.81±0.71[a]	16.79±0.18[b]	21.14±0.56[c]	25.38±1.14[d]
Color parameter				
Chroma	29.66±1.64[b]	32.75±3.32[c]	27.78±1.63[ab]	26.33±0.54[a]
Hue angle	122.26±0.20[a]	123.26±0.92[a]	122.14±0.84[ab]	124.30±0.36[b]
Moisture content (%)	89.41±0.67[ab]	88.19±0.57[a]	89.81±0.58[b]	90.98±0.04[b]
Vitamin C (mg/100 g FW)	9.25±2.53[a]	12.41±1.88[a]	20.51±5.87[b]	40.26±2.80[c]
Chlorophyll A (mg/100 g FW)	0.087±0.001[a]	0.116±0.003[a]	0.250±0.042[b]	0.463±0.087[c]
Chlorophyll B (mg/100 g FW)	0.066±0.001[ab]	0.046±0.000[a]	0.114±0.02[b]	0.269±0.085[c]
Total Chlorophyll (mg/100 g FW)	0.153±0.002[a]	0.162±0.004[a]	0.364±0.089[b]	0.732±0.243[c]
Phenolic content (mg GAE/100 g FW)	156.77±2.97[a]	198.00±4.02[b]	195.07±8.25[b]	212.50±1.50[c]
DPPH radical scavenging activity (%)	13.52±4.64[a]	23.08±1.05[b]	27.36±1.00[b]	48.81±3.90[c]

Means within a column with different letters are significantly different by DMRT (P< 0.05).

Table 2 Pearson correlation coefficents for the relationship between harvesting stages and physical and chemical properties of coriander.*

	Age	Chlorophyll A	Chlorophyll B	Total Chlorophyll	Vitamin C	Phenolic content	DPPH
Age	1.00**	0.61**	-0.62**	0.86**	0.90**	0.79**	0.92**
Weight	0.91**	-0.00	0.07	0.69*	-0.01	0.05	0.01
Length	0.95**	0.08	0.15	0.11	0.03	0.06	0.02
Chroma	-0.54**	-0.57**	-0.60**	-0.59**	-0.64**	-0.22	-0.48*
Hue	0.61**	0.58**	0.57**	0.58**	0.69**	0.42*	0.55**
Moisture content	0.55*	-0.33	-0.38	-0.35	-0.24	0.06	-0.24
Chlorophyll A	0.61**	1.00**	0.93**	0.99**	0.94**	0.61**	0.91**
Chlorophyll B	-0.62**	0.93**	1.00**	0.97**	0.88**	0.48*	0.83**
Total Chlorophyll	0.86**	0.99**	0.97**	1.00**	0.94**	0.57**	0.90**
Vitamin C	0.90**	0.94**	0.88**	0.94**	1.00**	0.61**	0.94**
Phenolic content	0.79**	0.61**	0.48*	0.57**	0.61**	1.00**	0.68**
DPPH	0.92**	0.91**	0.83**	0.90**	0.94**	0.68**	1.00**

* and ** indicate significant differences at P<0.05 and P<0.01 probability level, respectively.

ผลขององค์ประกอบของน้ำที่ใช้ปลูกต่อสมบัติทางเคมีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี
Effect of Water Composition Used for Cultivation on Chemical Properties of Wheatgrass Juice

ทัตดาว ภาษีผล[1] ดาราวรรณ กันฮะ[1] และสุภาพร ผาหล้า[1]
Paseephol, T. [1], Kanha, D.[1] and Phala, S.[1]

Abstract

This study investigated the influence of water composition used for cultivation on bioactive compounds content and antioxidant activity of wheatgrass juice. Germinated seeds of wheatgrass were cultivated in soil and were sprayed with four different water compositions (tap water, mineral water, 50 mM brine and plain water with 500 µM ascorbic acid added) twice a day. The chemical analysis results of 10-days old grass found that juice from grass sprayed with ascorbic acid added water contained the highest amount of vitamin C (15.34 mg/100 ml) at p≤0.05. On the other hand, all juices had no different contents of total chlorophyll, total carotenoid and total phenolics (p>0.05), ranging from 13.91 to 17.73 mg/ml, 0.36 to 0.51mg/ml and 701.87 to 910.27 µg gallic acid/ml, respectively. Also, the inhibition percentages for scavenging DPPH radical of all samples were also found similar (77.70-78.89%).

Keywords: wheatgrass juice, bioactive compounds, vitamin C

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบของน้ำที่ใช้ในการปลูกต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี โดยนำเมล็ดข้าวสาลีที่มีรากงอกแล้วมาเพาะในดินปลูก และฉีดพ่นด้วยน้ำที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน 4 ชนิด (น้ำประปา น้ำแร่ น้ำเกลือความเข้มข้น 50 มิลลิโมล่าร์ และน้ำเปล่าผสมกรดแอสคอร์บิคความเข้มข้น 500 ไมโครโมล่าร์) จำนวน 2 ครั้ง/วัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำคั้นต้นอ่อนอายุ 10 วัน พบว่า น้ำคั้นจากต้นอ่อนที่รดด้วยน้ำผสมกรดแอสคอร์บิคมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด (15.34 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ที่ p≤0.05 ในทางตรงกันข้าม น้ำคั้นทุกตัวอย่างมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์รวมและสารฟีนอลิกรวมไม่แตกต่างกัน (p>0.05) มีค่าระหว่าง 13.91-17.73 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร 0.36-0.51 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 701.87-910.27 ไมโครกรัมกรดแกลลิก/มิลลิลิตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระดีพีพีเอชของน้ำคั้นทั้งหมดที่มีค่าใกล้เคียงกัน (77.70-78.89%)

คำสำคัญ: น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ วิตามินซี

คำนำ***

ต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass) เป็นต้นกล้าที่เจริญมาจากเมล็ดข้าวสาลี ในระยะที่เมล็ดเริ่มงอก โปรตีนในเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนกว่า 17 ชนิดที่ร่างกายดูดซึมได้ง่าย นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ ซี และอี ที่อยู่ในรูปสารละลาย และแร่ธาตุในกลุ่มเหล็ก โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม เป็นต้น ในต้นอ่อนข้าวสาลียังประกอบไปด้วยเอนไซม์หลายชนิดที่เป็นส่วนประกอบหลักของกลไกการทำงานในร่างกาย เอนไซม์ที่สำคัญ เช่น อะไมเลส (Amylase) ไซโตโครม ออกซิเดส (Cytrochrome oxidase) ไลเปส (Lipase) โปรติเอส (Protease) และ Superoxide dismutase (SOD) ที่มีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดจากการเผาผลาญภายในเซลล์ (Mujorriya และ Bodla, 2011) น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลียังมีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) สูง ซึ่งคลอโรฟิลล์จะมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายฮีโมโกลบินจึงช่วยให้สมองและเนื้อเยื่อของร่างกายมีออกซิเจนเพียงพอ ช่วยระบบการไหลเวียนของโลหิต ระบบย่อยอาหารให้เป็นปกติ และช่วยในการขับสารพิษออกจากร่างกาย (นิภาภรณ์ และคณะ, 2558) ปัจจุบันผู้สนใจสุขภาพจำนวนมากจึงนิยมบริโภคน้ำคั้นจากต้นกล้าข้าวสาลี

ต้นอ่อนข้าวสาลีเจริญได้ดีในสภาวะที่มีอากาศถ่ายเทและมีแสงอ่อนเพียงพอ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง ซึ่งจะทำให้ได้ต้นอ่อนที่มีใบอวบหนา ถ้าปลูกในที่ที่มีแสงไม่เพียงพอ ต้นอ่อนจะมีสีที่ซีด ใบผอมบาง ถ้าปลูกในที่มีแสงแดดมากเกินไป จะทำให้

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ. กันทรวิชัย จ. มหาสารคาม 44150
[1]Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham, 44150
***

ลำต้นผอม ปลายใบมีสีเหลืองไหม้ (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544) นอกจากแสง น้ำนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญของพืชชนิดนี้ โดยต้นอ่อนข้าวสาลีเป็นพืชที่ต้องการน้ำมาก แต่ไม่ต้องการสภาพน้ำขัง หรือดินเปียกชื้นที่ยาวนาน หากเกิดน้ำขังจะทำให้รากเน่าและเกิดเชื้อราได้ง่าย การผลิตน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่มีคุณภาพดี มีสารสีคลอโรฟิลล์สูง จึงต้องเตรียมจากเมล็ดข้าวสาลีที่มีคุณภาพการงอกที่ดี มีกระบวนการปลูกในสภาวะและเวลาที่เหมาะสม

ก่อนหน้านี้มีรายงานเกี่ยวกับการศึกษาผลของสายพันธุ์และเวลาในการปลูกต้นกล้าข้าวสาลีที่มีต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำคั้นข้าวสาลี (นิภาภรณ์ และคณะ, 2558) แต่ข้อมูลคุณภาพจากอิทธิพลอื่นๆยังมีจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบของน้ำที่ใช้ในการปลูก**ต่อคุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีอายุ 10 วัน ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจปลูกต้นอ่อนข้าวสาลีเพื่อบริโภคในครัวเรือนในการเลือกน้ำที่ใช้ปลูกให้ได้รับประโยชน์ต่อสุขภาพมากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ**

การเพาะปลูกต้นอ่อนทานตะวัน เริ่มจากนำเมล็ดสาลี 50 กรัม มาล้างน้ำให้สะอาด แช่ในเอทานอล 70% นาน 2 นาที ตามด้วยแช่ในน้ำปริมาณ 150 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6-8 ชั่วโมง ในที่ที่มีแสงน้อย คลุมเมล็ดที่ผ่านการแช่น้ำด้วยผ้าขาวบางที่ชุบน้ำพอหมาด เพาะไว้ในที่มืด นาน 24 ชั่วโมง จนรากเริ่มงอก (อัมพร และคณะ, 2544; เนตรชนก และชวนพิศ, 2555) จากนั้นนำไปปลูกในตะกร้าพลาสติกขนาดกว้าง×ยาว×ลึก เท่ากับ 30x40x3 เซนติเมตร ที่มีดินร่วนจำนวน 4 ตะกร้าๆ ละ 500 กรัม ในแต่ละตะกร้าฉีดพ่นด้วยน้ำแต่ละชนิด คือ น้ำประปา (สิ่งทดลองควบคุม) น้ำแร่** (มีแร่ธาตุประกอบด้วย ไบคาร์บอเนต 227 มิลลิกรัม/ลิตร แคลเซียม 52.94 มิลลิกรัม/ลิตร ซิลิก้า 49.6 มิลลิกรัม/ลิตร แมกนีเซียม 6.41 มิลลิกรัม/ลิตร ซัลเฟต 4 มิลลิกรัม/ลิตร โซเดียม 3.58 มิลลิกรัม/ลิตร คลอไรด์ 2 มิลลิกรัม/ลิตร โพแทสเซียม 1.35 มิลลิกรัม/ลิตร ฟลูออไรด์ 0.39 มิลลิกรัม/ลิตร) น้ำเกลือความเข้มข้น 50 มิลลิโมล่าร์ และน้ำเปล่าผสมกรดแอสคอร์บิค ความเข้มข้น 500 ไมโคร โมล่าร์ จนชุ่ม (100 มิลลิลิตร) ในขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นวันที่ 1 ของการปลูก จากนั้นนำผ้าขาวบางมาปิดหน้าภาชนะและวางไว้ให้พ้นแสงแดดนาน 2 วัน สำหรับในวันที่ 3 ของการปลูก ให้ย้ายตะกร้าปลูกต้นอ่อนข้าวสาลีไปวางในตำแหน่งที่แสงส่องถึง (พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และคณะ, 2554) และทิ้งไว้จนครบ 10 วัน ในแต่ละวันกำหนดให้ฉีดพ่นน้ำชนิดแตกต่างกันให้ทั่วกัน 2 ครั้ง/วัน ครั้งละ 50 มิลลิลิตร (จำนวน 3 ซ้ำ)

เมื่อต้นอ่อนเจริญครบตามกำหนดเวลาตัดต้นอ่อนมาล้างด้วยน้ำสะอาดคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นแบบความเร็วรอบต่ำ จากนั้นนำน้ำคั้นมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี โดยวัดปริมาณวิตามินซีด้วย 2, 6-dichlorophenol titrimetric methodรายงานในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำคั้น วัดปริมาณรงควัตถุด้วยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตเมตริก ใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลายและวัดการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 662, 645 และ 470 นาโนเมตร (สัณห์, 2551) รายงานปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำคั้น วัดปริมาณฟีนอลิกรวม ด้วย Folin-Ciocalteau colorimetric method รายงานในหน่วยไมโครกรัมของกรดแกลลิก ต่อ100 มิลลิลิตรน้ำคั้น และวัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน ด้วย DPPH free radical scavenging method รายงานฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเป็นร้อยละการยับยั้ง ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผล*

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณรงควัตถุ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นของต้นอ่อนข้าวสาลีอายุ 10 วัน ที่ใช้น้ำในการปลูกที่แตกต่างกัน 4 ชนิด แสดงได้ใน Table 1 และ 2

จาก Table 1 น้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลีทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แสดงว่าชนิดของน้ำที่ใช้รดไม่ส่งผลต่อปริมาณรงควัตถุของต้นอ่อนข้าวสาลี ในขณะที่นิภาภรณ์, นฤมล, สาวิตรี และจิรภา (2558) ศึกษาคุณภาพน้ำคั้นจากต้นกล้าข้าวสาลี 3 สายพันธุ์ที่ระยะเวลาการปลูก 7, 9 และ 14 วัน พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างสายพันธุ์และระยะเวลาในการปลูกมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณแคโรทีนอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

Table 2 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิค ปริมาณฟีนอลิกรวม และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่รดด้วยชนิดของน้ำแตกต่างกัน 4 ชนิด จะเห็นได้ว่า น้ำคั้นที่ได้จากต้นอ่อนที่ปลูกด้วยน้ำเปล่าผสมกรดแอสคอร์บิค 500 μM มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ประมาณ 3.6-4.0 เท่า ส่วนการใช้น้ำประปา น้ำแร่และน้ำเกลือความเข้มข้น 50 มิลลิโมล่าร์ ทำให้น้ำคั้นมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ

Burguieres และคณะ Shetty (2007) ที่ศึกษาการใช้กรดโฟลิกและกรดแอสคอร์บิค ที่ความเข้มข้น 0-500 ไมโครโมล่าร์ เป็นสารส่งเสริมการเจริญของถั่วลันเตา พบว่า กรดแอสคอร์บิคความเข้มข้น 500 ไมโครโมล่าร์ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเมล็ดและประสิทธิภาพการงอกได้มากที่สุด และทำให้มีวิตามินซีในถั่วลันเตาสูง

การใช้น้ำในการปลูกที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกรวมของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี ($p>0.05$) แม้ว่าการใช้น้ำเกลือทำให้มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด ตามด้วยการใช้น้ำแร่ น้ำเปล่าผสมกรดแอสคอร์บิคและน้ำประปา (ชุดควบคุม) ในขณะที่งานวิจัยของ Burguieres และคณะ (2007) พบว่า การใช้กรดโฟลิกความเข้มข้น 50 ไมโครโมล่าร์ และวิตามินซีความเข้มข้น 500 ไมโครโมล่าร์ นอกจากช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเมล็ดและประสิทธิภาพการงอกได้มากที่สุด ยังทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดในวันที่ 8 และในวันที่ 10 ด้วย

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในน้ำคั้น พบว่า ชนิดของน้ำที่ใช้ในการปลูกแตกต่างกัน 4 ชนิด ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูล DPPH มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 77.70-78.89% ($p>0.05$) ในขณะที่งานวิจัยของ Lim และคณะ (2012) เห็นผลด้านบวกของความเค็มที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ไม่มากกว่า 50 มิลลิโมล่าร์ ที่มีต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า แม้ว่าการใช้น้ำเปล่าผสมกรดแอสคอร์บิคทำให้มีปริมาณวิตามินซีในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีสูงที่สุด แต่น้ำคั้นมีการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ใกล้เคียงกับชุดการทดลองอื่นๆ อาจเป็นไปได้ว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเกิดจากการทำงานร่วมกันของสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) อื่นๆ ที่เกิดในต้นอ่อนข้าวสาลีตามธรรมชาติ นอกเหนือจากกรดแอสคอร์บิค ทั้งสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มกรดฟีนอลิคและอะมิโนฟีนอล (Kulkarni และคณะ, 2006) วิตามินอี แคโรทีน รวมทั้งสารต้านออกซิเดชันกลุ่มที่เป็นเอนไซม์ เช่น glutathione reductase (GR) superoxide dismutase (SOD) และ ascorbic peroxidase (APX) เป็นต้น (Mujorriya และ Bodla, 2011)

สรุปผล

การฉีดพ่นต้นอ่อนข้าวสาลีในระหว่างการเจริญด้วยน้ำที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน 4 ชนิด คือ น้ำประปา น้ำแร่ น้ำเกลือความเข้มข้น 50 มิลลิโมล่าร์ และน้ำเปล่าผสมกรดแอสคอร์บิคความเข้มข้น 500 ไมโครโมล่าร์ ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณกรดฟีนอลิคทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี อย่างไรก็ตามการฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่าผสมกรดแอสคอร์บิคทำให้น้ำคั้นมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้แก่ต้นอ่อนข้าวสาลี

เอกสารอ้างอิง

นิภาภรณ์ บัวใหล, นฤมล วังการี, สาวิตร มีจุ้ย และจิรภา พงษ์จันตา, 2558, ผลของสายพันธุ์ข้าวสาลีและเวลาการปลูกที่มีต่อคุณภาพน้ำคั้นต้นกล้าข้าวสาลี, สัมมนาวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ครั้งที่ 8 ประจำปี 2558, หน้า 258 -269.

เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์ และชวนพิศ อรุณรังสิกุล, 2555, เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 เพื่อทำน้ำคั้นใบข้าว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(2)(พิเศษ):185-188.

พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ, สุนทร ดุริยะประพันธ์, ทักษิณ อาชวาคม, สายันต์ ตันพานิช, ชลธิชา นิวาสประกฤติ และปรียานันท์ ศรสูงเนิน,2544, ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ลำดับที่ 10: ธัญพืช, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 257 หน้า.

สัณห์ ละอองศรี, 2551, การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบชาสด, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39(3) (พิเศษ): 178-181.

อัมพร แซ่เอียว, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, จวงจันทร์ ดวงพัตรา และอนุวัตร แจ้งชัด, 2554, คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดพืชงอกและแป้งจากเมล็ดพืชงอก, เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ, หน้า 465-471.

Burguieres, E., McCue, P., Kwon, Y.I. and Shetty, K., 2007, Effect of vitamin c and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity, Bioresource Technology, 98: 1393–1404.

Kulkarnil, S.D., Tilak, J.C., Acharya, R., Rajurkar, N.S., Devasagayam, T.P.A. and Reddy, A.V.R., 2006, Evaluation of the antioxidant activity of wheatgrass (*Triticum aestivum L.*) as a function of growth under different conditions, Phytotherapy Research, 20: 218-227.

Lim, J.H., Park, K.J., Kim, H.J., 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.

Mujorriya, R. and Bodla, R.B., 2011, A study on wheat grass and its nutritional value, Food Science and Quality Management, 2: 1-9.

Table 1 Chlorophyll and carotenoid contents of wheatgrass juice.

Treatment	Chlorophyll A[ns] (mg/ml)	Chlorophyll B[ns] (mg/ml)	Total chlorophyll[ns] (mg/ml)	Total carotenoid[ns] (mg/ml)
Tap water	7.81±1.91	6.08±1.63	13.91±3.56	0.36±0.03
Mineral water	8.61±1.17	7.01±1.51	15.62±2.68	0.43±0.13
50 mM brine	9.50±1.50	8.22±2.55	17.73±4.05	0.47±0.08
500 µM ascorbic acid added water	8.81±2.19	7.86±3.59	16.67±5.77	0.51±0.22

[ns] Not significantly different ($p>0.05$).

Table 2 Total phenolic content, vitamin C content and DPPH scavenging activity of wheatgrass juice

Treatment	Total phenolic content [ns] (ug/ml)	Vitamin C content (mg/100 ml)	DPPH inhibition [ns] (%)
Tap water	701.87±82.20	3.81±1.15[b]	77.70±2.48
Mineral water	775.45±143.82	4.30±0.24[b]	78.89±4.00
50 mM brine	910.27±217.81	4.31±0.41[b]	78.40±2.43
500 µM ascorbic acid added water	746.97±62.88	15.34±1.56[a]	78.23±2.65

[a-b] Means with the different superscripts within the same row are significantly different ($p\leq0.05$).
[ns] Not significantly different ($p>0.05$).

การเปลี่ยนแปลงในฤดูกาลต่อลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยาของใบสละภายใต้ร่มเงาสวนยางพารา
Seasonal Changes in Functional Traits of Salak Leaves under a Rubber Plantation

ปิยะนุช มุสิกพงศ์[1] ระวี เจียรวิภา[1]* สุรชาติ เพชรแก้ว[2] และอมรรัตน์ จันทนาอรพินท์[3]
Musigapong P.[1], Chiarawipa R.[1]* Pechkeo S.[2] and Chantanaorrapint A.[3]

Abstract*

Shade condition affects the growth and physiological adaptation of crop plants. The natural habitat of salak is under shade condition, especially in rubber plantation. To observe leaf functional properties between two seasons (wet and dry) of different growth habit, seasonal changes in morpho-physiological leaf characteristics for intercropping salak under a rubber plantation were investigated. Results found that light transmission under rubber canopy varied with the seasonal difference in LAI. The observed seasonal variation in leaf functional properties was also varied throughout the growing season. The number of new shoot and functional traits of salak leaves (specific leaf area and stomatal density) were lower in the dry season as compared with rainy season. This study indicates that the seasonality had an effect on leaf functional properties of salak which was limited by shaded condition under rubber plantation.

Keywords: *Arecaceae*, plant adaptation, intercropping system, rubber agroecology

บทคัดย่อ*

สภาพร่มเงาส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการปรับตัวทางสรีรวิทยาของพืชปลูก สำหรับสละซึ่งเป็นพืชที่เจริญเติบโตและปรับตัวได้ดีในสภาพร่มเงา โดยเฉพาะการปลูกร่วมกับสวนยางพารา จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงในรอบฤดูกาลต่อลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยาของใบสละที่ปลูกร่วมยางพารา ผลการศึกษา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของดัชนีพื้นที่ใบของยางพาราในรอบปี ส่งให้มีปริมาณความเข้มแสงส่องผ่านในทรงพุ่มยางพาราต่างกัน ทำให้ใบสละมีการปรับตัวทางลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยาแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยเฉพาะจำนวนใบใหม่ พื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งใบ รวมถึงจำนวนปากใบ ที่มีค่าสูงในช่วงฤดูฝนมากกว่าในช่วงฤดูแล้ง จึงแสดงให้เห็นว่า ความผันแปรของแสงภายใต้สภาพแวดล้อมสวนยางพาราในฤดูกาลส่งผลต่อการปรับตัวทางสัณฐานและสรีรวิทยาของใบสละต่างกัน

คำสำคัญ: พืชวงศ์ปาล์ม การปรับตัวของพืช ระบบการปลูกพืชร่วม นิเวศสวนยางพารา

คำนำ*

ปัจจุบันราคายางพาราเกิดความวิกฤต เกษตรกรชาวสวนยางพาราทางภาคใต้ของประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก ขณะราคายางพาราเกิดความวิกฤต ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรชาวสวนยางพาราเป็นอย่างมาก การปลูกพืชร่วมในสวนยางพาราเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยเกษตรกรเพิ่มรายได้ และสามารถจัดการพื้นที่ปลูกอย่างมีประสิทธิภาพ การเลือกชนิดพืชร่วมจำเป็นต้องคำนึงถึง ความต้องการของท้องตลาด การจัดการดูแล และที่สำคัญสามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้ร่มเงายางพารา ไม่เกิดผลกระทบต่อยางพารา เช่น พืชสกุลระกำ (ระกำ สละ) สะเดาเทียม ลองกอง มังคุด เป็นต้น (ไววิทย์, 2546) สละเป็นพืชเศรษฐกิจที่ต้องการของท้องตลาด โดยเฉพาะสละอินโดนีเซีย เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซีย นิยมปลูกมากทางภาคใต้ของประเทศไทย นิยมปลูกใต้ร่มเงาไม้ที่มีความชื้น ปรับตัวได้ดีกับสภาพอากาศให้ผลผลิตได้เมื่ออายุ 2 ปี หลังปลูกสามารถให้ผลผลิตได้ปีละ 4 ครั้ง (ให้ผลผลิต 1 ครั้ง สามารถเก็บเกี่ยวได้ภายในระยะเวลา 3 เดือน) ซึ่งสร้างมูลค่าแก่เกษตรกรได้ เฉลี่ยเดือนละ 5,000 บาท (วีรพันธุ์, 2556) ซึ่งสละอินโดนีเซีย

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา
[1]Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla
[2]ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112
[2]Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112
[3]หน่วยวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90112
[3]Research and International Relation Unit, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสวนยางพารา และไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้ำยา (Jongungrot และ Thungwa, 2014) นับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้แก่เกษตรกรชาวสวนยางพาราได้อย่างดี ขณะเกิดความวิกฤตราคายางพาราตกต่ำ

จึงศึกษาการเจริญเติบโตของพืชร่วมในสวนยางพารา โดยใช้ฤดูกาลเป็นตัวเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสละอินโดนีเซีย ซึ่งการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลอาจเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการให้ผลผลิตในแต่ละรอบได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการปรับตัวและการเจริญเติบโตของสละอินโดนีเซียที่ปลูกร่วมกับยางพารา พันธุ์ RRIM 600 อายุ 16 ปี โดยเก็บข้อมูล 4 ช่วง แบ่งเป็น ช่วงฤดูฝน 2 ช่วง คือ เดือนกันยายน และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 และช่วงฤดูแล้ง 2 ช่วง คือ เดือนมีนาคม และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 บันทึกความเข้มแสงโดยใช้เครื่อง light meter (Model BQM & QMSW, Spectrum Technologies, Inc., Apogee Instrument, USA) ในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. และวัดค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index, LAI) จำนวน 5 จุดต่อแปลง ด้วยกล้องเลนต์ตาปลา fish eye (E8400, Nikon, Japan) คำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ gap light analyzer (GLA) ส่วนการเจริญเติบโตของสละอินโดนีเซีย บันทึกความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม จำนวนใบที่แตกใหม่ หาพื้นที่ใบ (leaf area, LA) โดยการถ่ายภาพใบด้วยกล้องดิจิตอล แล้วคำนวณพื้นที่ใบด้วยโปรแกรม image J (NIH image analysis software, USA) หาค่า specific leaf area (SLA) และหาค่า specific leaf weight (SLW) และศึกษาสรีรวิทยาของใบ โดยหาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เอ บี และแคโรทีนอยด์ในใบจากเครื่อง chlorophyll Meter (SPAD-502 Plus, Minolta, Japan) จากสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) (Wellburn, 1994) พร้อมกับหาความหนาแน่นของปากใบ (stomata/mm^2)

ผลและวิจารณ์ผล*

สภาพแวดล้อมสวนยางพาราแต่ละฤดูกาลมีผลต่อการส่องผ่านของแสงในสวนยางพาราต่างกัน โดยในช่วงฤดูฝนมีปริมาณแสงส่องผ่านน้อย แต่ในช่วงฤดูแล้งมีการส่องผ่านของแสงมากโดยเฉพาะช่วงเดือนมีนาคมมีปริมาณแสงส่องผ่านสูงที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ยางพาราพลัดใบ ส่งผลให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบต่ำ (Figure 1) ด้านการเจริญเติบโตของสละอินโดนีเซีย (Figure 1) พบว่า ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบที่แตกใหม่เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน แต่ความกว้างทรงพุ่มในเดือนพฤศจิกายนมีค่าลดต่ำลง เนื่องจากมีการตัดแต่งทางใบ และพบว่า ค่าพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของใบ (SLA) มีค่าลดลงในช่วงเดือนพฤศจิกายน เนื่องจากมีจำนวนวันฝนตกมากกว่าช่วงเดือนกันยายน ส่งผลให้ค่าพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของใบลดลง (Table 1) นอกจากนี้ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เอ และบี ในใบสละอินโดนีเซียมีแนวโน้มไม่ต่างกันทั้งในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง เนื่องจากมีการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมภายใต้ร่มเงาสวนยางพารา (Anjos, 2015) แต่พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในช่วงฤดูฝนมีการสะสมในปริมาณที่น้อยกว่าฤดูแล้ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล (ณัฐยาพร และคณะ, 2559) และพบว่าช่วงฤดูฝนมีความหนาแน่นของปากใบมากกว่าช่วงฤดูแล้ง (Table 2)

สรุป

สละอินโดนีเซียเป็นพืชร่วมยางพารา สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ในสวนยางพารา และสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในช่วงฤดูฝน เปรียบเทียบได้จากจำนวนใบใหม่ที่เพิ่มขึ้น พื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งใบสูง รวมไปถึงความหนาแน่นของปากใบที่มีการพัฒนาอย่างเต็มที่และมีปริมาณที่มากกว่าฤดูแล้ง

คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการความหลากหลายและศักยภาพการเจริญเติบโตของพืชวงศ์ปาล์มภายใต้สภาพแวดล้อมสวนยางพาราในภาคใต้ (NAT600122b) และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วีรพันธุ์ นิลวัตร, 2556, สละอินโดฯ อนาคตสดใสของเกษตรกรไทย, สำนักงานเกษตรจังหวัดนราธิวาส [สืบค้น], http://www.narathiwat.doae.go.th [29 / July / 17].

ไววิทย์ บูรณธรรม พิสมัย จันทุมา พนัส แพชนะ อารักษ์ จันทุมา สายใจ สุชาติกูล และผลึก บำรุงวงศ์, 2546, สำรวจและศึกษาการปลูกพืชเสริมรายได้ของเกษตรกรในสวนยาง [สืบค้น], http://rubberthai.com [29/ July / 17].

ณัฐยาพร หนันต๊ะ พัชริน ส่งศรี พลัง สุริหาร คมศร ลมไธสง และกมล เลิศรัตน์, 2559, การเปรียบเทียบสารพฤกษเคมีในฟักข้าว 13 สายพันธุ์ ในสองฤดู, วารสารแก่นเกษตร, 1 (พิเศษ): 167-174.

Anjos, L.C., Oliva, M.A., Kuki, K.N., Mielke, M.S., Ventrella, M.C., Galvao, M.F. and Pinto, L.R.M, 2015, Key leaf traits indicative of photosynthetic plasticity in tropical tree species, Trees, 29:247-258.

Jongungrot V., Thungwa S., 2014, Resilience of rubber–based intercropping system in southern Thailand, Advanced Materials Research, 844:24-29.

Wellburn, A.R. 1994, The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. Plant Physiology, 144:307-313.

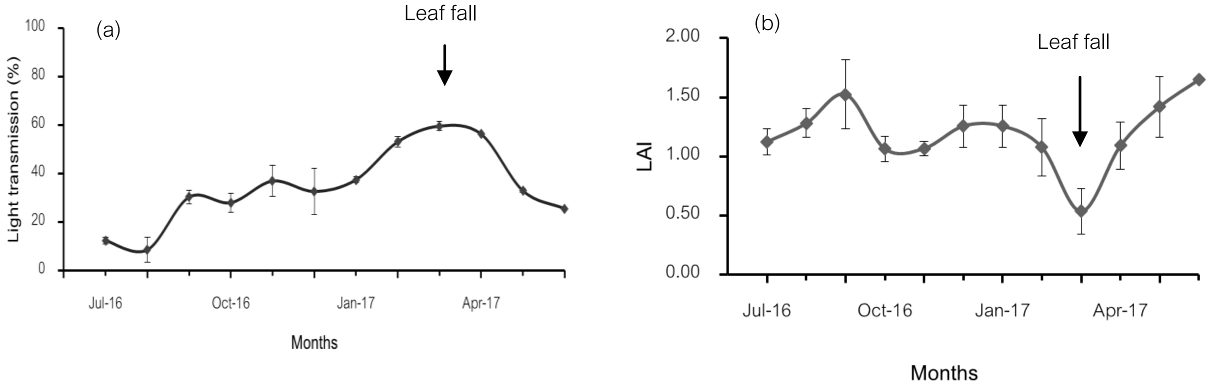


Figure 1 Changes in light transmission (%) (a) and leaf area index (LAI) under a rubber plantation (b).

Table 1 Seasonal changes of growth in salak under a rubber plantation.*

	Seasons			
Parametes	Wet I (Sep-16)	Wet II (Nov-16)	Dry I (Mar-17)	Dry II (Jun-17)
Canopy width (m^2)	4.77±0.57	4.24±1.46	4.55±4.24	3.56±6.62
No. leaves (leaves/tree)	5.00±1.98	5.00±1.22	1.00±1.33	3.00±1.33
SLA (cm^2)	64.07±5.47	48.45±5.92	54.21±6.69	52.08±6.59
SLW (cm^2)	0.015±0.001	0.021±0.002	0.019±0.002	0.012±0.003

Table 2 Seasonal changes in morpho-physiological leaf characteristics of salak under a rubber plantation.*

	Seasons			
Parameters	Wet I (Sep-16)	Wet II (Nov-16)	Dry I (Mar-17)	Dry II (Jun-17)
Chl_a (mg/cm^2)	20.01±1.04	19.93±1.52	21.26±0.73	20.63±1.03
Chl_b (mg/cm^2)	10.94±0.53	15.04±1.09	16.00±0.50	15.54±0.74
Chl_T(mg/cm^2)	32.10±2.11	31.97±3.00	34.69±1.53	33.36±2.12
Car (mg/cm^2)	4.55±0.38	4.55±0.52	5.04±0.31	4.79±0.39
Stomatal density (stomata/mm^2)	260.15±35.74	288.97±34.99	257.74±27.34	259.01±33.37

Sep-16 Nov-16 Mar-17 Jun-17

Figure 2 Salak trees under a rubber plantation in each season*.

ผลของต้นตอต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตของมะนาวพันธุ์แป้นพวง
Effect of Rootstock on Quantity and Quality of Lime cv. Phan Puang

กุศล เอี่ยมทรัพย์[1] สดศรี เนียมเปรม[1] และ จุติณัฏฐ์ ธนกิจวนิชกุล[1]
Iamsub, K.[1], Neamprem, S.[1] and Thanakitvanichakul, J.[1]

Abstract

The aim of this study was to study the effect of diameter of rootstock on quality and yield of lime cv. Pan Puang. Scions of lime were grafted on different stem diameter of wood apple (*Feronia limonia* (L.) Swingle) rootstocks; 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 cm. Whereas air layering propagation lime served as the control. The trees were planted in cement-block plots for 2 years at Kanjanaburi province. The experimental design was randomized complete block design (RCB) with 5 treatments and 4 replications. Results showed that lime cv. Pan Paung grafted on different stem diameter size of rootstocks produced significantly in percentage of flowering and number of fruit per plant compared with air layering propagation lime. Lime grafted on 2.0 cm of diameter of the rootstock had the highest yield. However, lime grafted on rootstock produced a smaller fruit than that of control. The results indicated that the wood apple with stem diameter of 2.0 cm could be used as rootstock for lime cv. Pan Puang.

Keywords: lime, rootstock, peel, yield

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดของต้นตอมะขวิดที่มีต่อลักษณะทางผลผลิตและคุณภาพของมะนาวพันธุ์แป้นพวงที่ โดยเสียบยอดมะนาวแป้นบนต้นตอมะขวิดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับมะนาวที่ขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่ง(ชุดควบคุม) และปลูกในบ่อซีเมนต์ 2 ปีที่จังหวัดกาญจนบุรี วางแผนการทดลองแบบการสุ่มแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCB) ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลองจำนวน 4 ซ้ำ พบว่า มะนาวพันธุ์แป้นพวงที่เสียบยอดบนต้นตอมะขวิดทุกขนาดมีจำนวนของดอกและจำนวนผลมากกว่าต้นมะนาวที่ขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่ง และมะนาวที่เสียบยอดบนต้นตอที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 ซม. ให้ผลผลิตมะนาวสูงกว่าขนาดต้นตออื่นและมะนาวกิ่งตอน แต่มะนาวแป้นพวงที่เสียบยอดบนต้นตอทุกขนาดของต้นตอให้ผลผลิตที่มีขนาดเล็กกว่ามะนาวที่ขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่ง จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าต้นตอมะขวิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 เซนติเมตรมีความเหมาะสมกับมะนาวพันธุ์แป้นพวง

คำสำคัญ: มะนาว ต้นตอ เปลือกผล ผลผลิต

คำนำ

การผลิตมะนาวมีสถานการณ์ไม่แน่นอนและสม่ำเสมอ ผลผลิตไม่กระจายสู่ฤดูกาลต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่องเป็นปัญหาสำคัญของเกษตรกร มะนาวมีราคาแพงมากช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน และมะนาวมีอายุการเจริญเติบโตของผล หลังออกดอกประมาณ 5-6 เดือนขึ้นกับแต่ละสายพันธุ์ ดังนั้นหากจะให้ได้ราคามะนาวแพง มะนาวจะต้องออกดอกช่วงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนชุกควบคุมน้ำไม่ได้ ซึ่งมะนาวจะได้รับไนโตรเจนจากทางดินเป็นจำนวนมาก ทำให้มีการแตกใบอ่อนและไม่ออกดอก (รวี 2540)

มะนาว (Lime) เป็นไม้ผลชนิดหนึ่ง ผลมีรสเปรี้ยวจัด จัดอยู่ในสกุลส้ม (Citrus) นับเป็นผลไม้ที่มีคุณค่า นิยมใช้เป็นเครื่องปรุงรส นอกจากนี้ยังถือว่ามีคุณค่าทางโภชนาการและทางการแพทย์ด้วย มะนาวเป็นพืชพื้นเมืองในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ น้ำ

---

[1]ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

[1] Expert Centre of Innovative Agriculture, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathumthani 12120, Thailand

มะนาวนอกจากใช้ปรุงรสเปรี้ยวในอาหารหลายประเภทแล้ว ยังนำมาใช้เป็นเครื่องดื่ม ผสมเกลือ และน้ำตาล เป็นน้ำมะนาว สำนักงานพาณิชย์จังหวัดกำแพงเพชร (2539)

ในมะนาวมีไวตามินซีเป็นปริมาณมาก มะนาวมีน้ำมันหอมระเหยที่ให้กลิ่นสดชื่น เพราะมีส่วนประกอบของสารซิโตรเนลลัล (Citronellal) ซิโครเนลลิล อะซีเตต (Citronellyl Acetate) ไลโมนีน (Limonene) ไลนาลูล (Linalool) เทอร์พีนีออล (Terpeneol) ฯลฯ รวมทั้งมีกรดซิตริค (Citric Acid) กรดมาลิค (Malic Acid) และกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid) ซึ่งถือเป็นกรดผลไม้ (AHA : Alpha Hydroxy Acids) กลุ่มหนึ่ง เป็นที่ยอมรับว่าช่วยให้ผิวหน้าที่เสื่อมสภาพหลุดลอกออกไป พร้อมๆ กับช่วยกระตุ้นการสร้างเซลล์ใหม่ๆ ช่วยให้รอยด่างดำหรือรอยแผลเป็นจางลง มัณฑนา ร (2539)

การผลิตมะนาวนอกฤดูเป็นความต้องการของเกษตรกรอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตมะนาวฤดูแล้ง การบังคับมะนาวให้ออกนอกฤดูได้ตามกำหนด เป็นการฝืนธรรมชาติของต้นในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม การควบคุมให้เกิดสภาพดังกล่าวได้นั้นอาศัยหลักการชิงจังหวะให้ต้นมะนาวถูกชักนำให้มีความสามารถออกดอกได้อย่างพร้อมเพรียงก่อนฤดูกาลออกดอกตามปกติ ด้วยการทำให้ราก ลำต้น กิ่ง และใบเจริญเติบโต เกิดสภาพของการพักตัวในระยะเวลาหนึ่งเพื่อการสร้าง สะสมอาหาร และส่งเสริมขบวนการของการพัฒนาการชองตาดอก จนกระทั่งถึงระยะพร้อมออกดอกได้ วสันต์ (2540) การควบคุมให้ส่วนราก ลำต้น กิ่งใบของมะนาวหยุดการเจริญเติบโตสะสมอาหาร และออกดอก สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการวิจัยและพัฒนาเทคนิคต่างๆ จนได้วิธีการผสมผสานในการบังคับการออกดอกและผลนอกฤดูของมะนาวพันธุ์แป้นรำไพและแป้นได้ดีที่สุดโดยการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์เพื่อผลิตมะนาวฤดูแล้ง ธำรง และคณะ (2546) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลความแตกต่างของการใช้ต้นตอต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมะนาวพันธุ์แป้น

อุปกรณ์และวิธีการ*

การทดลองดำเนินการในมะนาวพันธุ์แป้นพวงที่ลงปลูกในวงบ่อซีเมนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์ 60 เซนติเมตรโดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างมะนาวแป้นพวงบนต้นตอมะขวิดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นตอ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับมะนาวที่ขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่ง (ชุดควบคุม) โดยทำการวัดผลหลังจากมะนาวอายุ 2 ปีที่จังหวัดกาญจนบุรี วางแผนการทดลองแบบการสุ่มแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลองจำนวน 4 ซ้ำบันทึกการออกดอกโดยผูกกิ่งที่มีความยาว 30 เซนติเมตรจากปลายยอดจำนวน 10 กิ่งต่อต้น จำนวนผลต่อต้นโดยการนับผลหลังการเก็บเกี่ยว ขนาดผลหลังการเก็บเกี่ยวโดยการชั่งน้ำหนักของผลมะนาว และเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มและให้ออกดอกโดยไม่มีการบังคับการออกผล

ผลและวิจารณ์ผล***

จากการศึกษาเปรียบเทียบการปลูกมะนาวโดยใช้ต้นตอมะขวิดเขนาด 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เซนติเมตรเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ต้นตอและปลูกลงในบ่อซีเมนต์ และไม่ได้งดน้ำเพื่อบังคับการออกดอก ผลการทดลองพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของมะนาวที่ใช้ต้นตอมีขนาดเล็กกว่า เท่ากับ 0.54, 0.80, 1.02, 1.28 เมตร* เปรียบเทียบกับกิ่งตอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มที่ใหญ่กว่า (1.75 เมตร) สำหรับผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นพบว่ามะนาวที่ใช้ต้นตอมีผลผลิตสูงกว่าเมื่อต้นตอมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นโดยต้นตอที่มีขนาดตั้งแต่ 1.0, 1.5, 2.0 เซนติเมตรให้ผลผลิตสูงกว่าต้นตอขนาด 0.5 เซนติเมตร และต้นควบคุม โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยจากต้นที่ใช้ต้นตอ 56.50, 85.25, 91.50, 105.75 ผล ตามลำดับ เปรียบเทียบกับต้นควบคุมที่ให้ผลผลิต 60.0 ผล สำหรับจำนวนดอกต่อกิ่งก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน โดยต้นมะนาวใช้ต้นตอให้จำนวนดอก 25.0, 29.5, 31.0, 30.75 ดอกต่อกิ่ง ตามลำดับ เปรียบเทียบต้นควบคุมที่ให้จำนวนดอก 10.0 ดอกต่อกิ่ง ในส่วนของน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล พบว่ามะนาวที่ปลูกโดยใช้กิ่งตอนมีขนาดผลที่สูงกว่ามะนาวที่ใช้ต้นตอโดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ยของต้นที่ใช้ต้นตอ 30.50, 29.25 31.25, 28.75 กรัมตามลำดับ เปรียบเทียบกับต้นควบคุมที่ให้น้ำหนักผลเฉลี่ย 40.50 กรัม (Table 1) จากผลการทดลองเห็นได้ว่ามะนาวที่ขยายพันธุ์โดยการเสียบยอดบนต้นตอมะขวิดมีขนาดทรงต้นเล็กกว่าต้นจากกิ่งตอนแต่มีการออกดอกและจำนวนผลที่สูงกว่าสอดคล้องกับ สำเนา (2549) การใช้กิ่งตอนแต่จะมีขนาดผลที่มีขนาดเล็กลงอาจเนื่องมาจากมะนาวที่ใช้ต้นตอมีต้นขนาดเล็กผลผลิตสูงจึงมีขนาดผลที่เล็กกว่าต้นจากการขยายพันธุ์โดยการใช้กิ่งตอน

สรุป

จากการศึกษามะนาวพันธุ์แป้นพวงที่ใช้ต้นตอมะขวิดที่มีขนาดแตกต่างกันเปรียบเทียบกับมะนาวที่ขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่ง มะนาวที่ใช้ต้นตอส่งเสริมให้เกิดการออกดอกและผลง่ายกว่าการใช้กิ่งตอนโดยเฉพาะต้นตอที่มีขนาดใหญ่จะมีการเจริญเติบโตได้ดีให้ผลผลิตสูงและมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในเชิงการผลิตมะนาวเชิงการค้าได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ธำรง ช่วยเจริญ, วสันต์ ผ่องสมบูรณ์, อนุรักษ์ สุขขารมย์ และ ไชยวัฒน์ วัฒนไชย, 2546, การใช้สารแพคโคลบิวทราโซลและเทคนิคการควั่นและรัดกิ่งต้นเพื่อควบคุมการผลิตมะนาวนอกฤดู, วารสารวิชาการเกษตร, ฉ. 21(2):136–151.

มัณฑนา ร่วมรักษ์, 2539, น้ำมะนาวสด น้ำมะนาวสดพร้อมดื่ม น้ำมะนาวแช่แข็ง มะนาวดอง มะนาวแก้ว มะนาวแช่อิ่ม, เอกสารเผยแพร่ สถาบันค้นค้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2 หน้า.

รวี เสรฐภักดี, 2540, เทคนิคการผลิตมะนาวนอกฤดู, เอกสารประกอบการบรรยายแก่เกษตรกรผู้ปลูกมะนาวของพื้นที่อำเภอท่ายางและอำเภอใกล้เคียงอื่นๆจังหวัดเพชรบุรี วันที่ 20 ธันวาคม 2540 ณ วัดเขื่อนเพชรโค้งข่อย อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี.

วสันต์ ผ่องสมบูรณ์, 2540, การผลิตมะนาวฤดูแล้ง, เอกสารแนะนำ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, 15 หน้า.

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดกำแพงเพชร, 2539, การผลิตและการตลาดมะนาว, เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการพัฒนาตลาดเพื่อสนับสนุนการกระจายการผลิตในระดับจังหวัดประจำปี 2539 โรงพิมพ์บริษัทสหธรรมิก จำกัด กรุงเทพฯ, 46 หน้า.

สำเนา ฤทธิ์นุช, 2549, การปลูกมะนาวบนต้นตอมะขวิด, บริษัทสยามศิลป์การพิมพ์ จำกัด กรุงเทพฯ, 91 หน้า.

หนึ่งฤทัย, 2543, มะนาวนอกฤดู ทางออกของมะนาวราคาถูก, เคหะการเกษตร, ฉ. 24(1): 78-88.

Table 1 Canopy diameter size, average number of fruit per tree, average number of flower per branch and average fruit weight of lime after grafting on the top of different size of rootstock.

Treatments	Canopy diameter size (cm)	average number of fruit per tree	average number of flower per branch	average fruit weight(gm)
T1 Control (air layering propagation)	1.75[a]	60.0[b]	10.0[b]	43.50[a]
T2 0.5 cm diameter of rootstock.	0.54[d]	56.50[b]	25.0[a]	30.50[b]
T3 1.0 cm diameter of rootstock.	0.80[c]	85.25[a]	29.5[a]	29.25[b]
T4 1.5 cm diameter of rootstock.	1.02[c]	91.50[a]	31.0[a]	31.25[b]
T5 2.0 cm diameter of rootstock.	1.28[b]	105.75[a]	30.75[a]	28.75[b]
F-test	*	*	*	*
%CV	10.86	11.71	21.15	7.33

Letter within the columns for each parameter denote differences between means at 5% level (DMRT)

Figure 1 Canopy diameter size and number of fruits per tree of air layering propagation lime.

Figure 2 Canopy diameter size and number of fruits per tree of rootstock propagation lime.

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการจัดจำหน่ายพร้อมอุปกรณ์นำส่งสำหรับยาชาจากพืชสมุนไพร
Development of Retail Packaging with Delivering Device for Local Anesthetic from Herbal Plants

บุษกร ประดิษฐนิยกูล[1] วิสะนี เหนือเมฆิน[1] และ พิพัฒน์ เนียมเปรม[1]
Praditniyakul, B.[1], Nuamekin, W.[1] and Neamprem, P.[1]

Abstract*

The retail packages with delivering devices for local anesthetic from herbal plants were designed in accordance with packaging requirements analyzed from marketing survey, product dimension and style of multi-packages and consumer. The concept of design and development included the views of product protection, cost competition, practical uses in filling, opening as well as taking the product out. The new design for retail package was a flute-E corrugated box (340 x 290 x 80 mm) containing 5 aluminum individual tubes which were packed for 30 g of the product each. The cushioning material was made from cardboard or thermoform plastic in the box which enhanced the efficient containing. Graphic design of labelling was simple, modernized, eye-catching style which enhanced to the memorization and sale promotion.

Keywords: retail packaging, multi-pack, anesthetic from herbal, delivering device

บทคัดย่อ*

บรรจุภัณฑ์เพื่อการจัดจำหน่ายสำหรับยาชาจากพืชสมุนไพรและอุปกรณ์นำส่ง ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความต้องการด้านบรรจุภัณฑ์จากการสำรวจตลาด รูปแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกและมิติของกล่องรวมหน่วย ซึ่งพัฒนาบนพื้นฐานของการออกแบบที่มุ่งเน้นการคุ้มครองรักษาผลิตภัณฑ์ให้ปลอดภัย ประหยัดต้นทุน ให้ความสะดวกในการบรรจุ การเปิด และนำผลิตภัณฑ์ออกจากบรรจุภัณฑ์ โดยบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับยาชาจากพืชสมุนไพรเป็นหลอดอะลูมิเนียม พร้อมกล่องกระดาษแข็งชั้นนอก ขนาดบรรจุ 30 กรัม จำนวน 5 หลอด บรรจุพร้อมอุปกรณ์นำส่งในกล่องรวมหน่วยที่ทำจากกล่องกระดาษลูกฟูก ลอนอี ขนาดกว้าง 290 มม. ยาว 340 มม. และสูง 80 มม. วัสดุกันกระแทกภายในประกอบด้วยวัสดุที่ทำจากแผ่นกระดาษแข็ง หรือพลาสติกขึ้นรูป เพื่อช่วยในการบรรจุให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และออกแบบฉลากด้วยกราฟิกที่สวยงามสะดุดตา ทันสมัย เพื่อเสริมสร้างภาพลักษณ์ ง่ายต่อการจดจำ และส่งเสริมการขาย

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์เพื่อการจัดจำหน่าย บรรจุภัณฑ์รวมหน่วย ยาชาจากพืชสมุนไพร อุปกรณ์นำส่ง

คำนำ*

ผักคราดหรือผักเผ็ด เป็นพืชวงศ์ Compositae มีลักษณะต้นคล้ายคลึงกับผักแครดหรือหญ้าขี้หมา เป็นพืชวงศ์ asteraceae จัดเป็นผักที่เป็นทั้งอาหารและยาสมุนไพร วัชรีพร (2554) รายงานว่ามีงานวิจัยพบว่าผักคราด มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ช่วยต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านยีสต์ ต้านไวรัส ยับยั้งการหดเกร็งของลำไส้ ลดความดันโลหิต เพิ่มฤทธิ์ของฮีสตามีนในการทำให้ลำไส้หด เป็นยาชาเฉพาะที่ แก้ปวด และจากการวิจัยของ รชพรรณ (2552) พบว่า การใช้สมุนไพรเพื่อความงามจำเป็นต้องพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ ให้เหมาะสม สวยงาม และได้มาตรฐาน เพื่อการเลือกซื้อของผู้ใช้และผู้บริโภค ปัจจุบันในท้องตลาดมีการจำหน่ายยาชาเฉพาะที่สำหรับศัลยกรรมความงามที่มีลักษณะเป็นเจล ใช้ทาบนผิว มีระยะเวลาโปรแกรมอยู่ระหว่าง 30-60 นาที มักบรรจุในหลอดอะลูมิเนียม ขนาดบรรจุ 30 กรัม (ไม่ปรากฏผู้แต่ง, 2555) ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้น อากาศ และแสงได้ดี ดังนั้น การวิจัยนี้จึงนำเสนอผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์ยาชาเฉพาะที่และอุปกรณ์นำส่ง โดยการออกแบบโครงสร้างให้สามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์ให้ปลอดภัย แข็งแรง โดยเลือกใช้วัสดุที่มีขนาดและรูปทรงที่เหมาะสม และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการออกแบบฉลากให้มีรูปลักษณ์สวยงาม และส่งเสริมการขาย

---

[1]ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 196 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขต จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1]Thai Packaging Centre, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) 196 Phahonyotin Road, Chatuchak Bangkok 10900, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ*

1. จัดทำข้อสรุปความต้องการบรรจุภัณฑ์ (Packaging requirement) สำหรับผลิตภัณฑ์เจลสมุนไพรชาเฉพาะที่พร้อมอุปกรณ์นำส่ง จากการสำรวจตลาด โดยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิการใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ยาชาเฉพาะที่ และยาชาเฉพาะที่ที่มีการใช้ร่วมกับอุปกรณ์นำส่งที่มีการวางจำหน่ายของผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายต่างๆในท้องตลาด โดยวิธีการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ รวมทั้งรวบรวมข้อมูลจากการเผยแพร่ในเวบไซต์ (website) จำนวน 100 ราย นำมาวิเคราะห์และสรุปผลเป็นข้อมูลสถานภาพการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ยาชาเฉพาะที่และอุปกรณ์นำส่งที่ใช้ในปัจจุบัน

2. พัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ยาชาเฉพาะที่และอุปกรณ์นำส่ง ประกอบด้วยขั้นตอนการพัฒนา คือ (1) จัดทำข้อสรุป (packaging briefs) และออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ขายปลีกและบรรจุภัณฑ์รวมหน่วย เพื่อกำหนดวัสดุ มิติ และขนาดบรรจุภัณฑ์จาก Packaging requirement (2) พัฒนาแบบร่างกราฟิกบรรจุภัณฑ์ (Sketch design) และพัฒนาแบบ (Development design) และ (3) จัดทำแบบสุดท้าย (Final design)

ผลและวิจารณ์ผล**

ยาชาเฉพาะที่จากพืชสมุนไพรเป็นผลิตภัณฑ์เจลสมุนไพร ที่มีส่วนประกอบของสารสกัดผักคราดหัวแหวน มีลักษณะเป็นเจล ใช้ทาที่ผิวหนัง มีคุณสมบัติเพื่อให้เกิดอาการชาในบริเวณที่ต้องการ ใช้สำหรับการศัลยกรรมความงาม โดยใช้คู่กับอุปกรณ์นำส่งแบบพกพา ซึ่งเป็นเครื่องอุลตราซาวด์นำส่งยาชา โดยใช้คลื่นเหนือเสียงความถี่สูง 1 เมกกะเฮริตซ์ เมื่อคลื่นถูกส่งออกจากปลายหัวนวดผ่านไปยังเนื้อเยื่อ ทำให้การไหลเวียนโลหิตดีขึ้นและเร่งปฏิกิริยาช่วยตัวยาไหลซึมผ่านผนังเซลได้ดีขึ้น ส่งผลให้ใช้เวลาเพียง 30 นาที ต่อยาชาปริมาณ 1-2 กรัม/พื้นที่ผิว 10 ตาราง

ความต้องการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ยาชาเฉพาะที่จากสมุนไพรและอุปกรณ์นำส่ง

จากการสำรวจตลาด โดยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ จากการสัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลจากเวบไซต์ของผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่าย เกี่ยวกับการใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ยาชาเฉพาะที่ และยาชาเฉพาะที่ที่มีการใช้ร่วมกับอุปกรณ์นำส่งที่มีการวางจำหน่ายในท้องตลาด จำนวน 100 ราย และวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ยาชาเฉพาะที่พร้อมอุปกรณ์นำส่งในประเทศไทย พบว่า ส่วนใหญ่รูปแบบบรรจุภัณฑ์และปริมาณบรรจุของยาชาที่พบในท้องตลาด มีทั้งการใช้หลอดอะลูมิเนียมร่วมกับกล่องกระดาษแข็ง ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นนอก ขนาดบรรจุ 10, 25, 30, 35 และ 60 กรัม และใช้กระปุกพลาสติก หรือกระปุกพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษ ขนาดบรรจุ 10, 20, 400 และ 450 กรัม ส่วนอุปกรณ์นำส่ง พบว่า บรรจุภัณฑ์สำหรับอุปกรณ์นำส่งแบบพกพา ส่วนใหญ่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ , กล่องอะลูมิเนียม ถุงผ้า หรือกระเป๋าผ้าพร้อมโฟมกันระแทก แล้วจึงบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชั้นนอก โดยส่วนใหญ่มักเป็นกล่องกระดาษแข็ง

กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย เป็นบุคลากรทางการแพทย์ผู้ใช้ยาชาเพื่อการศัลยกรรมความงาม และแผลผ่าตัดเล็กบริเวณผิวหนัง บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นใหม่นี้ ต้องมีคุณสมบัติ คือ มีความแข็งแรง สามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์ให้สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้น อากาศ และแสงได้ดี สะดวกในการบรรจุและใช้งาน เรียงซ้อนได้ดี มีกราฟิกสอดคล้องกับกฎระเบียบด้านฉลาก

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการจัดจำหน่ายสำหรับยาชาจากพืชสมุนไพรและอุปกรณ์นำส่ง

บรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ควรมีภาพลักษณ์ของสินค้าระดับพรีเมียม ตามการวางตำแหน่งของสินค้าตามลักษณะของผลิตภัณฑ์และช่องทางการจัดจำหน่ายให้กับลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย สำหรับยาชาบรรจุในหลอดอะลูมิเนียม มีคุณสมบัติสามารถให้ความคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากความชื้น ก๊าซและแสง (พัชทรา, 2546) ขนาดบรรจุ 30 กรัม/หลอด จำนวน 5 หลอด และอุปกรณ์นำส่ง จำนวน 1 เครื่องที่ใช้ร่วมกัน บรรจุในกล่องรวมหน่วย ที่มีความแข็งแรงและให้ความสะดวกในการบรรจุ, ใช้งาน และขนส่ง ซึ่งออกแบบให้เป็นทางเลือกจากวัสดุ 2 ประเภท พร้อมทั้งออกแบบวัสดุช่วยบรรจุเพื่อให้สามารถคุ้มครองและบรรจุผลิตภัณฑ์ได้แน่นพอดี คือ (1) กล่องกระดาษลูกฟูกลอน อี/วัสดุช่วยบรรจุทำจากกระดาษ (อัญชลี และคณะ, 2546) และ (2) กล่องพลาสติกทำจากพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) ขึ้นรูป/วัสดุช่วยบรรจุทำจากพลาสติก (มยุรี, 2533) มีขนาดกว้าง 290 มม. ยาว 340 มม. และสูง 80 มม. ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่ากล่องกระดาษลูกฟูกที่พัฒนาขึ้นสามารถต้านทานแรงกดได้ไม่เกิน 76 กิโลกรัมแรง และเรียงซ้อนได้ไม่เกิน 4 ชั้น

กราฟิกบรรจุภัณฑ์ มีการสร้างชื่อตราสินค้า “Ac-Anes” ใช้สีสันสดใส เรียบง่าย สื่อภาพลักษณ์ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรด้วยภาพของผักคราดหัวแหวน มีข้อมูลสอดคล้องกับกฎระเบียบด้านฉลาก ตามพระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2510 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ชื่อยา, เลขที่หรือรหัสใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับยา, ปริมาณของยาที่บรรจุ ชื่อและปริมาณหรือความแรงของสารออก

ฤทธิ์, เลขที่หรืออักษรแสดงครั้งที่ผลิตหรือวิเคราะห์ยา, ชื่อผู้ผลิตยา/ที่ตั้งสถานที่ผลิตยา, วัน เดือน ปี ที่ผลิตยา และให้ใช้อักษรสีแดงเห็นได้ชัดเจน ในกรณีที่เป็นยาอันตราย ยาควบคุมพิเศษ ยาใช้ภายนอก หรือยาใช้เฉพาะที่

สรุป

ผลการพัฒนาได้ต้นแบบบรรจุภัณฑ์และวัสดุช่วยบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ยาชาเฉพาะที่จากสมุนไพรและอุปกรณ์นำส่งเพื่อการจัดจำหน่าย จากการใช้หลอดอะลูมิเนียมสำหรับบรรจุยาชาเฉพาะที่จากสารสกัดผักคราดหัวแหวน ที่สามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากความชื้นความชื้น ก๊าซ และแสงได้ดี มีขนาดบรรจุ 30 กรัม/หลอด จำนวน 5 หลอด และออกแบบกล่องรวมหน่วย สำหรับอุปกรณ์นำส่งจำนวน 1 เครื่อง ที่มีความแข็งแรงและให้ความสะดวกในการบรรจุ, ใช้งาน และขนส่ง ซึ่งออกแบบให้เป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้ จากวัสดุ 2 ประเภท พร้อมทั้งออกแบบวัสดุช่วยบรรจุเพื่อให้สามารถคุ้มครองและบรรจุผลิตภัณฑ์ได้แน่นพอดี ประกอบด้วย (1) กล่องกระดาษลูกฟูกลอน อี/วัสดุช่วยบรรจุทำจากกระดาษ สามารถต้านทานแรงกดได้ไม่เกิน 76 กิโลกรัมแรง และเรียงซ้อนได้ไม่เกิน 4 ชั้น และ (2) กล่องพลาสติกทำจากพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) ขึ้นรูป/วัสดุช่วยบรรจุทำจากพลาสติก มีขนาดกว้าง 290 มม. ยาว 340 มม. และสูง 80 มม. พร้อมออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ที่ให้ภาพลักษณ์เรียบง่าย สวยงาม สะดุดตา สื่อถึงที่มาของผลิตภัณฑ์ และสอดคล้องกับกฎระเบียบด้านฉลาก อย่างไรก็ตาม การขนส่งไปยังจุดขายตามช่องทางการจัดจำหน่ายต่างๆ ขของกล่องรวมหน่วยทั้ง 2 ประเภท อาจต้องบรรจุในกล่องขนส่งขนาดใหญ่อีกชั้นหนึ่ง เพื่อความสะดวกในการขนส่งขนถ่าย และเพิ่มความปลอดภัยให้กับสินค้าขณะขนส่งมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

อัญชลี กมลรัตนกุล, ไพศักดิ์ อนันต์กูล, อมรรัตน์ สวัสดิทัต และ มยุรี, ภาคลำเจียก, 2546, คู่มือการใช้กระดาษเพื่อการหีบห่อ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, หน้า 56, 77.

วัชรีพร คงวิลาด, 2554, ยาชา-ยาแก้อักเสบจากผักคราดหัวแหวน, [สืบค้น], http://www.thaihealth.or.th/Content/9742 [03APRIL2017] วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

มยุรี ภาคลำเจียก, 2533, คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ.สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, หน้า 2.

ชทรา มณีสินธุ์, 2546, คู่มือการใช้โลหะเพื่อการหีบห่อ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, หน้า 67.

ไม่ปรากฏผู้แต่ง, 2555, บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ยา, [สืบค้น], http://www.tasatec.com/indexphp?lay=show&ac=article&Id=539651988&Ntype=20 [26ตุลาคม 2559].

รชพรรณ ฆารพันธ์, 2552, สมุนไพรความงาม:แนวทางการพัฒนาการใช้สมุนไพรพื้นบ้านของชาวผู้ไทย จังหวัดกาฬสินธุ์.

สุขศรีวงศ์ ชะอรสิน, ฉลากยา อ่านดีๆมีประโยชน์, ภาควิชาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, [สืบค้น], http://www.thaihealth.or.th/Content/32824-.

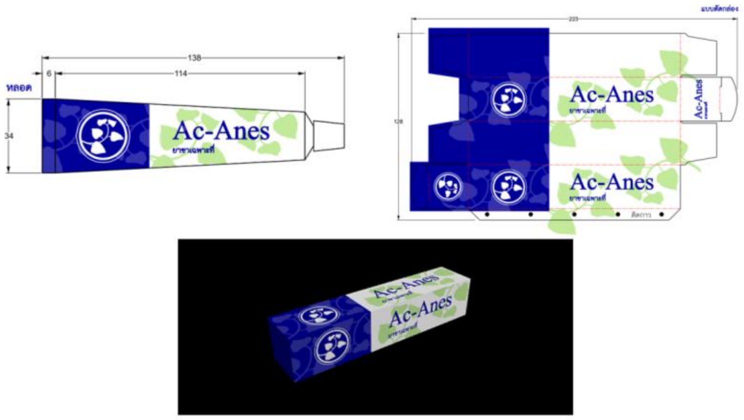


Figure 1 Aluminum tube and cardboard box for local anesthetic from herbal plants.

Figure 2 Corrugated box and cushioning material.

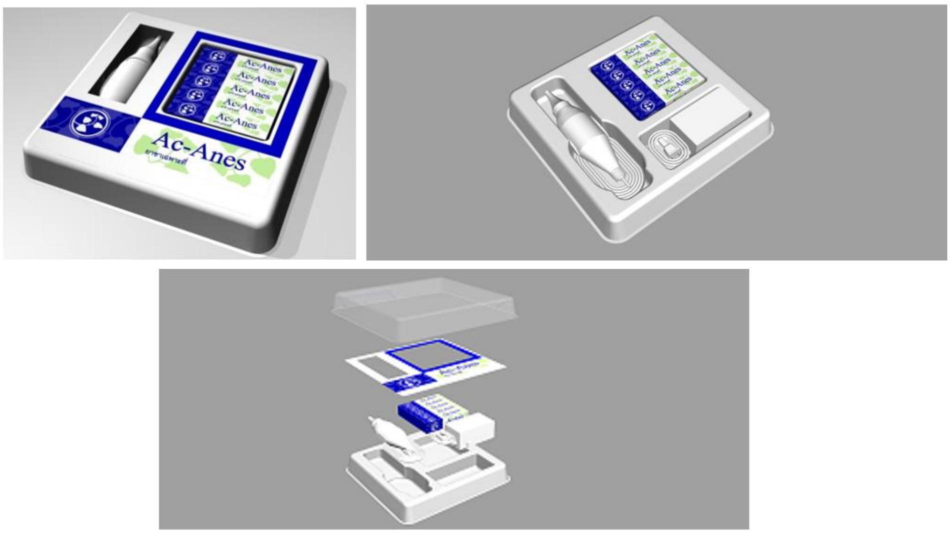


Figure 3 Plastic box and cushioning material.

ผลของการฉายรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ที่มีต่อการรอดชีวิตของมอดแป้ง (*Tribolium castanem* Hbst.) Effect of Gamma Ray and X ray Radiation on Survival of Red Flour Beetle (*Tribolium castanem* Hbst.)

ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] และ ทศพล แทนรินทร์[1]
Kongratarpon, T.[1], Limophasmanee, W.[1] and Thannarin, T.[1]

Abstract

Effects of gamma ray and X-ray irradiation on survival of the larvae and adults of *Tribolium castaneum* Hbst were investigated. Irradiation treatments were applied at 4 dose levels between 30 and 120 Gy to 20 day-old larvae and at 5 dose levels between 50 and 400 Gy to 10 day-old adults. Although 30 Gy-irradiated larvae could still develop to be the adult stage, the adults were failed to reproduction. Furthermore, larvae were unable to develop into adults when irradiated at 60 Gy. Treatments of the adult stage with either gamma or x-rays showed similar results. Gamma ray treatment resulted in an LD_{50} and LD_{99} of 131.94 and 340.27 Gy respectively while the LD_{50} and LD_{99} from x ray treatment were 126.01 and 341.94 Gy respectively.

Keywords: *Tribolium castaneum* Hbst, gamma ray, X-ray

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ที่มีต่อการมีชีวิตของหนอนตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของมอดแป้ง *Tribolium castaneum* Hbst. เมื่อฉายรังสีกับหนอนอายุ 20 วัน ที่ปริมาณรังสี 30-120 เกรย์ และตัวเต็มวัยอายุ 10 วัน ที่ปริมาณรังสี 50-400 เกรย์ พบว่าถึงแม้ว่าตัวหนอนที่ได้รับรังสีที่ 30 เกรย์ เติบโตข้ามระยะดักแด้และพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ แต่ไม่สามารถแพร่พันธุ์หรือวางไข่ได้ และปริมาณรังสี 60 เกรย์ ยับยั้งการเจริญเป็นตัวเต็มวัยในระยะหนอนได้ ผลการฉายรังสีแกมมาและเอ็กซ์ในระยะตัวเต็มวัยมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อฉายรังสีแกมมามีค่า LD50 และ LD99 คือ 131.94 และ 340.27 เกรย์ ตามลำดับ ในขณะที่ฉายรังสีเอ็กซ์มีค่า 126.01 และ 341.94 เกรย์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: มอดแป้ง รังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์

คำนำ

ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญประกอบด้วยกลุ่มพืชไร่ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง ผลิตภัณฑ์อ้อย พืชเส้นใย ถั่วต่าง ๆ และกลุ่มพืชสวน ได้แก่ ยางพารา มะพร้าว มะม่วง ทุเรียน ลำไย หน่อไม้ฝรั่ง พืชเศรษฐกิจดังกล่าวนอกจากผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศแล้วยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้เข้าประเทศอีกด้วย จากข้อมูลการส่งออกข้าวและผลิตภัณฑ์ มันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์อื่นที่ได้จากมันสำปะหลัง ปี พ.ศ. 2559-2560 มูลค่า 172,241 และ 101,462 ล้านบาท (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) สินค้าเกษตรที่เก็บไว้เพื่อบริโภคหรือจำหน่ายในโกดังขนาดใหญ่มักประสบปัญหาแมลงศัตรูโรงเก็บลงทำลาย ทำให้สินค้ามีคุณภาพลดลง สูญเสียน้ำหนัก คุณค่าทางอาหาร ความงอก เป็นต้น ปัจจุบันการลดการระบาดของแมลงศัตรูโรงเก็บสามารถทำได้หลากหลายวิธี ได้แก่ วิธีทางเคมีในรูปแบบผง ของเหลว หรือสารรม เช่น ฟอสฟีน (Phosphine) ที่นิยมใช้กันแพร่หลายทำให้แมลงสามารถปรับตัวและเกิดความต้านทานสารเคมี Gautam และคณะ (2016) พบว่าไข่และตัวหนอนของมอดแป้ง (Red flour beetle) และ ผีเสื้อ Indian Meal Moth มีการต้านทานฟอสฟีนเพิ่มขึ้น 4-20% จากการสุ่มตัวอย่างภายในโรงเก็บเมล็ด Almond ในแคลิฟอร์เนีย ปัจจุบันการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บโดยปราศจากการใช้สารเคมีได้รับการพัฒนามากขึ้นทั้งยังเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อส่งแวดล้อม การกำจัดแมลงด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การลดความชื้น การใช้ความร้อนเพื่อกำจัดแมลง จากการรายงานของ ประดิฐ และธวัชชัย (2552) ได้ใช้แท่นความร้อนแบบไฟฟ้าขนาด 3,100 วัตต์ ที่ 120-200° C กับเมล็ดธัญญพืชพบว่าสามารถกำจัดด้วงงวงข้าวและมอดแป้งได้เกือบ 100% การลดวามดันแบบสุญญากาศ (Low pressure)

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก
[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Sai Mun, Ongkharak, Nakorn Nayok, 26120

ปริมาณ 1kPa ที่ 25° C เป็นเวลา 15.1 ชั่วโมง หรือ 15° C เป็นเวลา 30.8 ชั่วโมง สามารถกำจัดมอดแป้งได้ 100 % (Kucerova และคณะ, 2013) การใช้รังสีแกมมาจากเครื่องฉายรังสีที่มีแหล่งกำเนิดจากโคบอลต์ 60 หรือซีเซียม 137 รังสีเอ็กซ์จากเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์ที่ทำงานด้วยระดับพลังงานไม่สูงกว่า 5 ล้านอิเล็กตรอนโวต์ เป็นรังสีที่อนุญาตให้ใช้ฉายรังสีอาหารตามวัตถุประสงค์ของการถนอมอาหาร ลดเชื้อจุลินทรีย์ ยืดอายุการเก็บ กำจัดแมลงและลดการแพร่พันธุ์โดยไม่มีพิษตกค้าง ไม่ทำให้คุณภาพผลผลิตเปลี่ยนไป และสามารถใช้ร่วมกับวิธีการอื่นได้ (Hallman, 2013) ปัจจุบันมีการนำเครื่องกำเนิดรังสีที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้า เช่น เครื่องเร่งอนุภาพอิเล็กตรอนบีม เครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์ มาใช้เพิ่มมากขึ้นเพื่อทดแทนพลังงานจากต้นกำเนิดรังสีโคบอลต์ 60 ซึ่งเป็นสารไอโซโทปที่ไม่เสถียรและมีการควบคุมการใช้งานอย่างเข้มงวด การวิจัยนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีทั้งสองชนิดต่อแมลงศัตรูโรงเก็บที่เป็น Secondary pest ได้แก่ มอดแป้ง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Tribolium castaneum* Hbst. วงศ์ Tenebrionidae อันดับ Coleoptera เป็นแมลงศัตรูโรงเก็บที่ไม่สามารถทำลายเมล็ดพืชได้ด้วยตัวเองแต่จะเข้าทำลายหลังจากที่แมลงตัวอื่นลงทำลายแล้ว หรือไม่ก็เข้าทำลายเมล็ดที่แตกหักหรือมีรอยบิ่น มอดแป้งเป็นศัตรูที่สำคัญของแป้งชนิดต่างๆ และรำ ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว และจะปล่อยฮอร์โมน Benzoquinonesl ลงในอาหารที่กิน ฮอร์โมนนี้มีกลิ่นเหม็นและทำให้แป้งเปลี่ยนสี แมลชนิดนี้สามารถเข้าทำลายเมล็ดธัญพืช เครื่องเทศ กาแฟ โกโก้ ผลไม้แห้ง และหนังสัตว์ได้ พบแพร่กระจายในทุกภาคของประเทศไทย*

อุปกรณ์และวิธีการ*

การขยายพันธุ์แมลงที่ใช้ในการทดลองให้ได้จำนวนมาก

ห้องปฏิบัติการกีฏวิทยารังสี กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เป็นห้องเพาะเลี้ยงแมลง ควบคุมอุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70 % แยกตัวเต็มวัยมอดแป้ง (Red Flour Beetle) จากรำข้าวสาลีเก่ามาเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกเจาะฝาติดตาข่ายไนล่อนขนาด 350 mesh เพื่อระบายอากาศ ใส่ส่วนผสมของของข้าวสารและยีสต์โรงงานเบียร์เพื่อให้ตัวเมียวางไข่และเป็นอาหารตัวเต็มวัย เพาะเลี้ยงแมลงให้ได้จำนวนมาก 5-6 ชั่วรุ่น เพื่อนำมาทดสอบด้านรังสี

การศึกษาผลของรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ต่อมอดแป้ง

ฉายรังสีแกมมาด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมา ผลิตโดยบริษัท BRIT of India รุ่น Gamma Chamber 5000 มีโคบอลต์ 60 เป็นแหล่งกำเนิดรังสี อัตราปริมาณรังสี 3.52 กิโลเกรย์ต่อชั่วโมง และฉายรังสีเอ็กซ์ด้วยเครื่องฉายรังสีเอ็กซ์ ผลิตโดยบริษัท Rad Source Technologies Inc. รุ่น RS2400V อัตราปริมาณรังสี 15 เกรย์ต่อนาที ทำการฉายรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ ระยะหนอนมอดแป้งอายุ 20 วัน ที่ปริมาณรังสี 0 30 60 90 และ 120 เกรย์ ระยะตัวเต็มวัย อายุ 10 วัน ด้วยปริมาณรังสี 0 50 100 200 300 และ 400 เกรย์ ใน Vial ใส่อาหารเล็กน้อย ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 ตัว ตรวจสอบการตาย ความผิดปกติ ความพิการ การเจริญเติบโต ปรับค่าการตายโดย Abbott' s formula และทำ Regression Analysis วิเคราะห์สมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร แทนค่าในสมการเพื่อให้ได้ค่า LD_{50} และ LD_{99}

ผลและวิจารณ์ผล**

ผลการฉายรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ต่อการรอดชีวิตของหนอนตัวอ่อนของมอดแป้งอายุ 20 วัน แสดงโดย Table 1 ที่ปริมาณรังสี 30 เกรย์ ตัวหนอนที่ได้รับรังสีสามารถเจริญเติบโตเข้าดักแด้และพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ 2.25 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่สามารถแพร่พันธุ์หรือวางไขได้ ขณะที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ ตัวหนอนสามารถเข้าดักแด้ได้ 1.25 และ 2 เปอร์เซ็นต์ แต่ดักแด้ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ ซึ่งผลที่ได้ใช้ปริมาณรังสีต่ำกว่า Tungbilek และคณะ (2003) ที่กล่าวว่าปริมาณรังสีต่ำที่ 100 เกรย์ ทำให้ตัวเต็มวัยที่เจริญมาจากตัวหนอนที่ได้รับรังสีไม่สามารถผลิตไข่ได้ ผลการฉายรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้งอายุ 10 วัน แสดงโดย Figure 1 ความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีและการตายภายหลังฉายรังสีแสดงโดย Regression line ประเมินผลการตายภายหลังฉายรังสี 15 วัน จากค่า LD50 และ LD99 เปรียบเทียบผลของรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งรังสีแกมมามีค่า LD50 และ LD99 เท่ากับ 131.94 และ 340.27 ตามลำดับ ในขณะที่ฉายรังสีเอ็กซ์มีค่า 126.01 และ 341.94 เกรย์ ตามลำดับ ติดตามการเจริญเติบโตข้ามระยะไม่พบการเจริญเติบโตของรุ่นลูกในทุกปริมาณรังสี ตามรายงานของ Gochangco และคณะ (2004) พบว่าการใช้ปริมาณรังสี 160 เกรย์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ของตัวเต็มวัยมอดแป้งได้ โดยการใช้รังสีปริมาณต่ำในแมลงศัตรูโรงเก็บมีเป้าหมายเพื่อขัดขวางการเจริญเติบโตและแมลงไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้ โดยแมลงอาจไม่ตายในทันทีเมื่อได้รับรังสี การใช้รังสีปริมาณต่ำเพื่อควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บชนิดต่าง ๆ ยังมีข้อมูลไม่มาก

นักจึงควรมีการวิจัยทางด้านนี้เพิ่มเติมเพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ๆที่เริ่มมีการนำมาประยุกต์ใช้มากขึ้นดังเช่นการใช้เครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน หรือเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์ ที่ช่วยลดการระบาดของแมลง ยืดอายุการเก็บผลิตผลการเกษตร และเพิ่มรายได้ให้แก่ประเทศ

สรุปผล

ผลของการฉายรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ที่มีต่อการมีชีวิตของหนอนตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของมอดแป้ง *Tribolium castaneum* Hbst. มีค่าใกล้เคียงกัน ที่ปริมาณรังสี 30 เกรย์ ตัวหนอนที่ได้รับรังสีสามารถเจริญเติบโตเข้าดักแด้และพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้แต่ไม่วางไข่หรือแพร่พันธุ์ได้ ขณะที่ปริมาณรังสี 60 เกรย์ สามารถยังยั้งการเจริญเติบโตไปเป็นตัวเต็มวัยในระยะหนอนได้ ระยะตัวเต็มวัยเมื่อฉายรังสีแกมมามีค่า LD_{50} และ LD_{99} เท่ากับ 131.94 และ 340.27 เกรย์ ตามลำดับ ในขณะที่ฉายรังสีเอ็กซ์มีค่า 126.01 และ 341.94 เกรย์ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ประดิฐ รามัชฌิมา และธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์, 2552, ผลของการให้ความร้อนข้าวเปลือกที่มีต่อการกำจัดแมลงและคุณภาพการสี, Postharvest Newsletter, ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 8(12):1-4.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2560, มูลค่าสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญ [สืบค้น], http: www.oae.go.th/oae_report/export_import_topten.php?imex=2 [15//May/17]

Gautam, S.G., Opit, G.P. and Hosoda, E., 2016, Phosphine resistance in adult and immature life stages of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) populations in California, Journal of Economic Entomology, p.1-9.

Gochangco, M.U., San Juan, E.M. and Lustre, A.O., 2004, Irradiation as an alternative treatment to methyl bromide for dsinfestation of *Tribolium castaneum* in stored cocao, Irradiation as Phytosanitary Treatment of Food and Agricultural Commodities, IAEA, Vienna, pp. 111-126.

Kucerova, Z., Kyhos, K., Aulicky, R. and Strjskal, V., 2013, Low-pressure Treatment to control food-infesting pests (*Tribolium castaneum*, *Sitophilus granaries*) using a vacuum packing machine, Czech Journal of Food Sciences, 31(1):94-98.

Hallman, G.J., 2013, Control of stored product Pests by Ionizing Radiation, Journal of Stored Products Research, 52:36-41.

Tungbilex, A.S., Ayvaz, A., Ozturk, F. and Kaplan, B., 2003, Gamma radiation sensitivity of larvae and adults the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbs, Journal of Pest Science, 76:129-132.

Table 1 Mean percentage survival of *T. castaneum* larvae after irradiation with gamma ray and x ray.*

Treatment	Doses	Larvae (%)	Pupae (%)	Adult (%)
Gamma ray	0	79.5	63.75	46.75
	30	7	4.5	2.25
	60	2.25	1.25	0
	90	0	0	0
	120	0	0	0
X ray	0	80.75	67.75	50.5
	30	6.5	2.75	1.5
	60	3.25	2	0
	90	0	0	0
	120	0	0	0

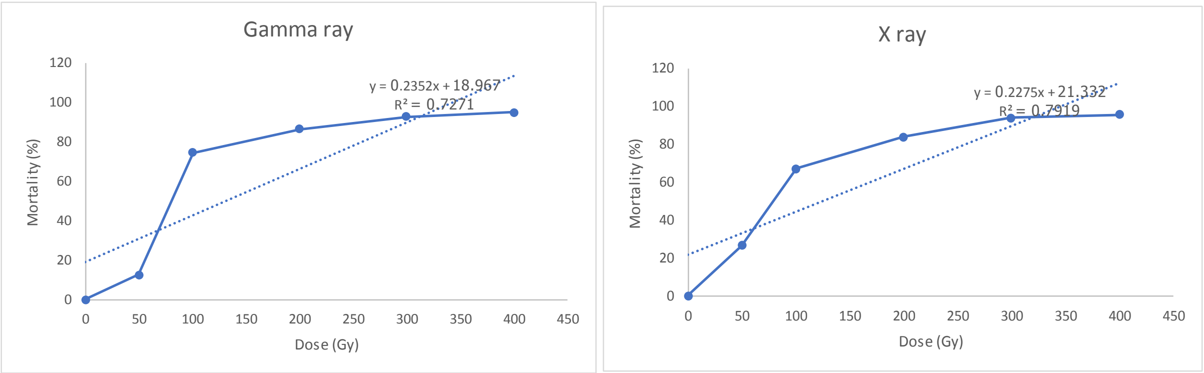


Figure 1 Effect of gamma ray and X ray on the survival of *T. Castaneum* adults on the 15^{th} day after irradiation.*

การเปรียบเทียบผลในการทำหมันโดยการฉายรังสีเอ็กซ์กับรังสีแกมมาต่อแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สายพันธุ์แถบหลังขาว

Comparison of Sterilized Effects between X-Ray and Gamma Radiation on the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), White Strip Thorax Strain.

ทศพล แทนรินทร์[1] วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] และ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1]

Thannarin, T.[1], Limohpasmanee, W.[1] and Krongratarporn, T.[1]

Abstract

X-ray irradiators have been developed in order to be an alternative to replace gamma irradiators which have been used for sterilizing insects for many decades. To validate a new x-ray irradiator, comparative study of radiation effect between x-ray and gamma radiation on life cycle of the oriental fruit-fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) white strip thorax strain was carried out. The pupae at 2 days prior to emerging were irradiated under x or gamma ray at a dose of 90 Gy. Irradiated pupae received maximum, minimum and average of absorbed dose were randomly evaluated. Both irradiation did not affect adult eclosion, but x-ray significantly reduced the fly flight ability when compared with control. However, there were no significant differences between x-ray and gamma ray radiation regarding sterility and mating competitiveness indices. No significant difference in biological effectiveness exist for both kinds of radiations in the usual range of doses applied to produce sterile flies.

Keywords: x-ray, gamma radiation, sterile insect technique, fruit fly

บทคัดย่อ

เครื่องฉายรังสีเอ็กซ์ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ทดแทนเครื่องฉายรังสีแกมมา ซึ่งใช้ในงานทำหมันแมลงมาเป็นเวลานาน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานจึงศึกษาเปรียบเทียบผลของการฉายรังสีเอ็กซ์กับรังสีแกมมาต่อวงจรชีวิตของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สายพันธุ์แถบหลังขาว โดยฉายรังสีเอ็กซ์หรือแกมมาที่ปริมาณ 90 เกรย์ กับดักแด้แมลงวันผลไม้อายุ 2 วันก่อนออกเป็นตัวเต็มวัย สุ่มตัวอย่างดักแด้ที่รับรังสีสูงสุด น้อยสุด และเฉลี่ยมาตรวจสอบ ผลการวิจัยพบว่าการฉายรังสีเอ็กซ์หรือแกมมาที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ ไม่มีผลต่อการออกเป็นตัวเต็มวัย แต่การฉายรังสีเอ็กซ์ทำให้ความสามารถในการบินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามการฉายรังสีเอ็กซ์และแกมมาให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในการชักนำให้เกิดการเป็นหมันและความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ ผลการทดลองบ่งชี้ว่าการฉายรังสีทั้งสองชนิดเพื่อทำหมันแมลงวันผลไม้ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา เทคนิคทำหมันแมลง แมลงวันผลไม้

คำนำ

การควบคุมแมลงโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน (Sterilr insect technique : SIT) ประสบความสำเร็จอย่างสูงในโครงการจัดการแมลงศัตรูพืชทั่วโลก ในการควบคุมและกำจัดแมลงศรัตรู เช่น แมลงวันเจาะสัตว์ แมลงวันผลไม้ แมลงวันเซทซิและหนอนผีเสื้อบางชนิด (IAEA, 1999) ในประเทศไทยได้ใช้ร่วมกับวิธีการอื่น เพื่อลดความเสียหายของแมลงวันผลไม้ประสบความสำเร็จในหลายพื้นที่ เช่น จันทบุรี เพชรบุรี แพร่ อุตรดิตถ์ พิษณุโลก เป็นต้น เทคโนโลยีนี้เป็นการปฏิบัติงานเชิงรุก มีผลกระทบต่อแมลงที่ต้องการกำจัดเท่านั้น จัดเป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและไม่มีปัญหาสารพิษตกค้างเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ซึ่งประเทศส่วนใหญ่จะใช้เครื่องฉายรังสีแกมมาขนาดเล็กที่มีเครื่องกำบังรังสีในการทำหมันแมลง แต่ในปัจจุบันปัญหาการก่อการร้าย ทำให้การขนส่งสารกัมมันตรังสีข้ามพรมแดนทำได้ยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง และการเลิกผลิตเครื่องฉายรังสีแกมมาขนาดเล็กของบริษัทนอร์เดียน ประเทศแคนาดา หลายประเทศจึงเปลี่ยนมาใช้รังสีเอ็กซ์ทดแทนการใช้รังสีแกมมาเนื่องจากรังสีแกมมาได้จากสารกัมมันตรังสี (Co-60 หรือ Cs-137) ซึ่งจะสลายตัวตามค่าครึ่งชีวิต ทำให้ความแรงรังสีลดลง

---

[1]สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

[1]Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Sai Mun, Ongkharak, Nakhon Nayok 26120, Thailand

ตลอดเวลาและปัจจุบันมีการผลิตน้อยลง จึงทำให้หาสารกัมมันตรังสีมาเปลี่ยนได้ยากและราคาสูงมาก ส่วนรังสีเอ็กซ์ผลิตจากการเครื่องเร่งอนุภาค ไม่มีสารกัมมันตรังสี ทำให้การจัดการดูรักษาง่ายกว่า และความแรงรังสีที่ได้คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่ใช้ แต่เทคโนโลยีการทำหมันแมลงโดยการใช้รังสีเอ็กซ์ยังไม่มีการศึกษาในประเทศไทย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการฉายรังสีเอ็กซ์ทำหมันแมลงวันผลไม้และผลกระทบต่อความแข็งแรง ความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลง เพื่อกำหนดแนวทางฉายรังสีเอ็กซ์ทำหมันแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาว (Genetic marker) ที่เหมาะสมเพื่อรองรับแผนงานการควบคุมแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันระดับประเทศหรือภูมิภาค

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

แมลงวันผลไม้, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สายพันธุ์แถบหลังขาวที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบติดตาม (genetic marker) เครื่องฉายรังสีแกมมา เครื่องฉายรังเอ็กซ์ กรงเลี้ยงแมลงและกล้องจุลทรรศน์

การทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD* มี 5 ซ้ำ โดยนำดักแด้แมลงวันผลไม้อายุ 1 วันก่อนออกเป็นตัวเต็มวัย มาฉายรังสี แกมมาและรังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมา (Gamma chamber 5000, BRIT India; activity 224.288 Ci) ที่ความแรงรังสี เกรย์/นาที และเครื่องฉายรังสีเอ็กซ์ (RS 2400V, Rad Source Technologies, Inc. USA) ที่ 160 kV, 37.5 mA ความแรงรังสี 16.216 เกรย์/นาที ที่โรงงานเพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างแมลงจากตำเหน่งที่ได้รับปริมาณรังสีสูงสุด ต่ำสุดและเฉลี่ย มาตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การออกเป็นตัวเต็มวัย การบิน การเป็นหมันและความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ตามคู่มือการควบคุมคุณภาพการผลิตและทำหมันแมลงวันผลไม้ ของ FAO/IAEA/USDA เวอร์ชั่น 6 (2014)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรม SPSS โดย วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และใช้ Dancan's Multiple range Test วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละค่า ซึ่งค่าเฉลี่ยจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ $P<0.05$

ผลและวิจารณ์ผล

ผลของรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ต่อการออกเป็นตัวเต็มวัยและความสามารถในการบินของแมลงวันผลไม้, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สายพันธุ์แถบหลังขาวแสดงใน Table 1 พบว่าเปอร์เซ็นต์การออกเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ที่ได้รับรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ เฉลี่ยเท่ากับ 82.27และ 83.44 ซึ่งไม่แตกต่างจากแมลงวันผลไม้ที่ไม่ฉายรังสี (85.80เปอร์เซ็นต์) แต่ความสามารถในการบินของแมลงวันผลไม้ที่ได้รับรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์เฉลี่ย 64.13 และ 60.27 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแมลงวันผลไม้ที่ไม่ฉายรังสี (69.20 เปอร์เซ็นต์) และความสามารถในการบินของแมลงวันผลไม้ที่ได้รับรังสีเอ็กซ์ในปริมาณสูงสุดจะต่ำกว่าแมลงวันผลไม้ที่ได้รับรังสีแกมมาในปริมาณต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ผลของรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ต่อการเป็นหมันและความสามารถในการแข่งขันการผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้แสดงใน Table 2 พบว่าเปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของแมลงวันผลไม้ที่ได้รับรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ เฉลี่ยเท่ากับ 97.11และ 97.25 ซึ่งสูงกว่าของแมลงวันผลไม้ที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญ (29.93เปอร์เซ็นต์) ส่วนความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ที่ฉายรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ไม่แตกต่างกัน (ค่าดัชนีการแข่งขันผสมพันธุ์, mating competitveness index = 0.68 และ 0.67) ในการทดลองนี้ผลของรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ต่อแมลงวันผลไม้ เช่น การออกเป็นตัวเต็มวัย ความสามารถในการบิน การเป็นหมันและความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ไม่แตกต่างกัน (Relative biological effectiveness: การเปรียบเทียบปริมาณของรังสีที่ต้องการทดสอบกับรังสีเอ็กซ์ 250 keV ซึ่งให้ผลทางชีววิทยาเหมือนกัน, RBE =1) ซึ่งต่างกับผลการทดลองของ Mastrangelo และคณะ (2010) ที่พบว่าการฉายรังสีเอ็กซ์ทำให้เกิดการเป็นหมันของแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด คือ medflies, *Ceratitis capitata* (tsl-VIENNA 8 strain) และ *Anastrepha fraterculus* (Argentinean strain) ได้ดีกว่าการฉายรังสีแกมมา (RBE∼1.5) แต่ผลกระทบต่อการออกเป็นตัวเต็มวัย ความสามารถในการบิน การอยู่การรอดและการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงไม่แตกต่างกัน (RBE =1) ทั้งนี้น่าจะเกิดขึ้นจากแมลงที่ใช้ทดลองมีชนิด พันธุกรรมและระยะการฉายรังสีต่างกัน

สรุป

การทดลองเปรียบเทียบผลในการทำหมันโดยการฉายรังสีเอ็กซ์กับรังสีแกมมาต่อแมลงวันผลไม้, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สายพันธุ์หลังขาว พบว่าผลของรังสีทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าผลต่อการออกเป็นตัวเต็มวัย ความสามารถในการบิน การเป็นหมันหรือความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ให้ค่า RBE ใกล้เคียงกับ 1 ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่นำเครื่องฉายรังสีเอ็กซ์ (RS-2400V, Rad Source Technologies, Inc.) มาใช้ฉายรังสีทำหมันแมลงวันผลไม้ในโครงการควบคุมแมลงวันผลไม้โดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Food and Agriculture Organization/ International Atomic Energy Agency/ Department of Agricultural, 2014, Product quality control for sterile mass-rearing and release Tephritid fruit flies, IAEA, Vienna, Austria, 164 pp.

IAEA, 1999, Entomology, The International Atomic Energy Agency's Laboratories Seibersdorf and Vienna, pp. 18.

International Atomic Energy Agency, 2013, Insect pest control Newsletter 81, http://www.naweb.iaea.org/nafa/ipc/index.html.

Mastrangelo, T., Parker, A.G., Jessup, A., Pereira, R., Orozco, D., Islam, A., Dammalage, T. and Walder, J.M.M., 2010, A new generation of X ray irradiators for insect sterilization, Journal of Economic Entamology, 103(1):85-94. doi: http://dx.doi.org/10.1603/EC09139

Table 1 Comparison effect of gamma and x-ray on adult eclosion and flight ability of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *

Radiation	Position	Maen ± SD	
		% Eclosion	% Flight ability
control	-	85.81 ± 3.96 [a]	69.22 ± 3.42[a]
Gamma	Max	82.05 + 2.15 [a]	61.04 ± 9.13[bc]
	Min	82.23 ± 2.80 [a]	66.92 ± 6.04[ab]
	Avg	82.66 ± 3.42 [a]	64.54 ± 4.65[abc]
	Mean	82.27 a	64.13 [b]
x-ray	Max	82.4 ± 3.75 [a]	58.6 ± 2.01[c]
	Min	84.1 ± 3.01 [a]	60.8 ± 3.46[bc]
	Avg	83.8 ± 2.93 [a]	61.4 ± 3.42[bc]
	Mean	83.44 [a]	60.27 [c]
	C.V.(%)	5.25	23.08

Mean values followed by the different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 2 Comparison effect of gamma and x-ray on sterility and mating competitiveness of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *

Radiation	Position	Maen ± SD	
		% Sterilty	Mating competitiveness
control	-	29.93 + 6.54 [a]	-
Gamma	Max	98.54 ± 1.17 [b]	0.61 + 0.51 [a]
	Min	96.41 + 4.38 [b]	0.78 + 0.88 [a]
	Avg	96.37 + 2.25 [b]	0.65 + 0.26 [a]
	Mean	97.11 b	0.68
x-ray	Max	97.54 + 3.19 [b]	0.58 + 0.21 [a]
	Min	98.62 + 0.76 [b]	0.79 + 0.36 [a]
	Avg	95.59 + 3.16 [b]	0.66 + 0.28 [a]
	Mean	97.25 [b]	0.67
	C.V. (%)	86.66	75.64

Mean values followed by the different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

Behavior on Chemical Pesticides Application of Rice Growers in Takhonyang Sub-District, Kantarawichai District, Mahasarakham Province

ฤชุอร วรรณะ[1] วัชรพล เชื้อวังคำ[1] และ พรรณทิวา กว้างเงิน[2]
Wanna, R.[1], Chuawangkham, W.[1] and Kwang-Ngoen, P.[2]

Abstract

The purpose of this research was to study farmer behaviors on the use of chemical pesticides during rice production in Takhonyang sub-district, Kantarawichai district, Mahasarakham province. The sample sizes were 140 farmers by the purposive sampling method. Equipment used in the collection of information is the interviewing schedule to study farmer behaviors on the use of chemical pesticides, statistically analyzed by t-test and F-test. Results revealed that the farmers followed the recommended management of chemical pesticide application for 25 items out of 27 items subjected. Remaining 2 procedure items were sometimes practiced in put a sign or announce to other people after pesticide sprayed and destroy contaminated containers by burying them underground only. When comparing the farmer' behaviors on chemical pesticide application by sex and age significant differences were detected in behaviors of before application of 1 item, during application of 7 items and after application of 4 items.

Keywords: behavior, chemical pesticides, rice

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกข้าว จำนวนทั้งหมด 140 ราย โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยใช้สถิติ t-test และ F-test ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรปฏิบัติตามคำแนะนำในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทุกครั้งที่มีโอกาสปฏิบัติ 25 ประเด็น จากทั้งหมด 27 ประเด็น ส่วนอีก 2 ประเด็น เกษตรกรปฏิบัติตามคำแนะนำเป็นบางครั้ง คือ การติดป้ายแจ้งให้บุคคลอื่นทราบว่าเป็นพื้นที่ที่พึ่งทำการฉีดพ่นสารเคมี และการทำลายภาชนะบรรจุสารเคมีโดยการกลบฝัง เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรจำแนกตามเพศและอายุของเกษตรกร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพฤติกรรมก่อนการใช้สาร 1 ประเด็น พฤติกรรมระหว่างการใช้สาร 7 ประเด็น และพฤติกรรมหลังการใช้สาร 4 ประเด็น

คำสำคัญ: พฤติกรรม สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ข้าว

คำนำ**

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่เกินกว่าร้อยละ 60 มีรายได้หลักจากการทำการเกษตร มีแรงงานในภาคเกษตรถึง 11.71 ล้านคน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557) ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยและมีบทบาทสำคัญในวิถีแห่งชีวิตคนไทยมายาวนาน ในสมัยก่อนปลูกข้าวเพื่อการบริโภคและเพื่อแลกเปลี่ยนกับปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ในปัจจุบันการทำนาข้าวเปลี่ยนวัตถุประสงค์ไปจากเดิมจากการแลกเปลี่ยนเป็นการค้าขาย จึงทำให้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งในการรักษาและเพิ่มผลผลิตทางเกษตรกรรม (กรมวิชาการเกษตร, 2554) การใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่มากขึ้นนี้ย่อมส่งผล

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
[1]Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Khamreang Sub-District, Kantharawichai District, Mahasarakham, 44150, THAILAND
[2]สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชนบท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[2]School of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Suthep Sub-District, Muang District, Chiang Mai, 50200, THAILAND

ให้เกิดปัญหาการตกค้างของสารเคมีในดิน น้ำ ผลผลิตทางการเกษตร และห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะส่งผลอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน สำหรับอันตรายอันเกิดจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้น ไพศาล และคณะ (2543) ได้กล่าวไว้ว่า สารพิษกำจัดศัตรูพืชสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ 3 ทาง คือ ทางปาก ทางผิวหนัง และทางจมูก ทำให้โอกาสที่สารพิษกำจัดศัตรูพืชจะสัมผัสและเข้าสู่ร่างกายแล้วเกิดพิษได้ 3 ขั้นตอน คือ ก่อนการพ่นสารเคมีหรือขณะเตรียมการพ่นสาร โดยร่างกายจะได้รับพิษระหว่างการผสมสารทางผิวหนังและสูดดมสารพิษทางจมูก ระหว่างการพ่นสาร ร่างกายจะได้รับพิษจากการสัมผัสละอองสารจากการปลิว การระเหย การปนเปื้อนจากการรั่วไหลของเครื่องพ่นสาร และหลังการพ่นสาร ร่างกายจะได้รับพิษจากการปนเปื้อนตามร่างกายหลังการใช้แล้วไม่ได้ทำความสะอาดโดยเฉพาะมือ จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้องทั้งก่อน ระหว่าง และหลัง การใช้อย่างถูกวิธีจะช่วยลดอันตรายจากการที่สารพิษจะเข้าสู่ร่างกายได้

ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม มีครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวนาปีจำนวน 1,328 ครัวเรือน รวมพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด 11,585.25 ไร่ โดยในพื้นที่ยังประสบปัญหาอย่างมากเกี่ยวกับการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ดังนั้นการศึกษาวิจัยและสำรวจพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในเขตตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีความสำคัญเพื่อหาแนวทางในการสร้างความตระหนักในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแก่กลุ่มเกษตรกรและเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว เพื่อให้เกษตรกรใช้สารเคมีอย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย เพื่อลดการสะสมของสารพิษตกค้างในผลผลิต เพิ่มผลผลิต เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่และผู้ที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

การวิจัยเรื่องพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย คำถามแบบปลายเปิด (Open-ended Question) และแบบปลายปิด (Closed Question) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในเขตพื้นที่ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ปี 2556 จำนวน 140 ราย โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ทดสอบเครื่องมือโดยการหาความเที่ยงตรง (validity) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสม ความชัดเจนของคำถาม และนำมาปรับปรุงแก้ไข หาค่าความเชื่อมั่น (reliability 0.80) โดยการนำแบบสัมภาษณ์ไปทดสอบกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 30 ราย ทำการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนธันวาคม 2557 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2558 และทำการวิเคราะห์โดยใช้ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรใช้วิธีทางสถิติ t-test และ F-test ในการวัดพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวนั้น วัดโดยใช้มาตราประมาณค่า (Rating Scale) และกำหนดค่าคะแนนของคำตอบ คือ ไม่ได้ปฏิบัติหรือไม่เป็นไปตามคำแนะนำ มีค่าคะแนนเป็น 1 คะแนน, ปฏิบัติเป็นบางครั้งหรือเป็นไปตามคำแนะนำบางส่วน เป็น 2 คะแนน และปฏิบัติทุกครั้งหรือเป็นไปตามคำแนะนำ เป็น 3 คะแนน จากนั้นนำคะแนนไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมาย โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ คะแนน 1.00-1.66 คือ เกษตรกรไม่ได้ปฏิบัติหรือไม่เป็นไปตามคำแนะนำ, คะแนน 1.67-2.33 คือ เกษตรกรปฏิบัติเป็นบางครั้งหรือเป็นไปตามคำแนะนำบางส่วน และคะแนน 2.34-3.00 คือ เกษตรกรปฏิบัติทุกครั้งหรือเป็นไปตามคำแนะนำ

ผลและวิจารณ์ผล***

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ส่วนมากเป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 51 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา เนื่องมาจากหลักสูตรการศึกษาภาคบังคับในสมัยก่อนกำหนดการศึกษาเพียงแค่ชั้นประถมศึกษาเท่านั้น (ปิยะนุช, 2551) เกษตรกรมีประสบการณ์การปลูกข้าวเฉลี่ย 25 ปี มีพื้นทำนาเฉลี่ย 10 ไร่ โดยร้อยละ 99.3 มีกรรมสิทธิ์ที่ดินเป็นของตนเอง มีรายได้จากการทำนาเฉลี่ย 67,628.57 บาทต่อปี เกษตรกรพบปัญหาโรคข้าวที่สำคัญ คือ โรคใบหงิก โรคถอดฝักดาบ โรคขอบใบแห้ง โรคกาบใบแห้ง ตามลำดับ ปัญหาแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ คือ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยไฟ หนอนกอ หนอนกระทู้คอรวง เพลี้ยจักจั่นเขียว หนอนกระทู้กล้า ตามลำดับ จากปัญหาดังกล่าวเกษตรกรเลือกใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการป้องกันกำจัดบ้างเมื่อพบการระบาดเข้าทำลาย สำหรับปัญหาสัตว์ศัตรูข้าวที่สำคัญ คือ ปูนา หอยเชอรี่ นก หนูนา ตามลำดับ และปัญหาวัชพืช ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ลดปัญหาเหล่านี้โดยการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการป้องกันกำจัด จากประเด็นพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวทั้งหมด 27 ประเด็น ประกอบด้วยพฤติกรรมก่อนการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 5 ประเด็น ในระหว่างการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 13 ประเด็น และหลังการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 9 ประเด็น พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีพฤติกรรมในการปฏิบัติตามคำแนะนำทุกครั้งเมื่อต้องมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.86 มีเพียง 2 ประเด็น ที่เกษตรกรมีพฤติกรรมหลังการ

ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยปฏิบัติตามเป็นบางครั้ง คือ การติดป้ายแจ้งให้บุคคลอื่นทราบว่าเป็นพื้นที่ที่พึ่งทำการฉีดพ่นสารเคมีและการทำลายภาชนะบรรจุสารเคมีโดยการกลบฝัง (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ตั้ม และวิชชาดา (2554) พบว่าเกษตรกรมีพฤติกรรมการเลือกใช้สารกำจัดศัตรูพืช การจัดเก็บ และการกำจัดภาชนะที่บรรจุด้วยวิธีการที่ถูกต้องและเหมาะสม แต่ยังมีเกษตรกรบางส่วนร้อยละ 35.9 ที่ยังปฏิบัติในการกำจัดภาชนะที่บรรจุไม่ถูกต้อง

เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูของเกษตรกรที่มีเพศแตกต่างกัน พบว่า เกษตรกรมีพฤติกรรมระหว่างการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแตกต่างกันที่ระดับ 0.01 จำนวน 5 ประเด็น คือ การใช้ผ้าหรืออุปกรณ์ปิดปากปิดจมูก การสวมเสื้อแขนยาวและกางเกงขายาว การสวมถุงมือ การไม่รับประอาหารหรือเครื่องดื่มขณะฉีดพ่น และการหยุดฉีดพ่นทันทีเมื่อเกิดการแพ้สารเคมี และพบความแตกต่างของพฤติกรรมก่อน ระหว่าง และหลังการใช้สารที่ระดับ 0.05 จำนวน 4 ประเด็น คือ การสำรวจความเสียหายของข้าวจากการเข้าทำลายของศัตรูพืช การสวมรองเท้าบูท การไม่ฉีดพ่นสารเคมีในเวลาขณะแดดร้อนจัด และการทำความสะอาดถังบรรจุสารเคมีทุกครั้งหลังการใช้งาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเกษตรกรเพศชาย (ร้อยละ 70.7) มีการปฏิบัติตามคำแนะนำมากกว่าเพศหญิง (ร้อยละ 29.3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วิชชาดา และตั้ม (2555) พบว่าเกษตรกรที่เป็นเพศชายจะมีพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากกว่าเพศหญิง ยกเว้นประเด็นการไม่ฉีดพ่นสารเคมีในเวลาขณะแดดร้อนจัด และการทำความสะอาดถังบรรจุสารเคมีทุกครั้งหลังการใช้งาน ซึ่งเพศหญิงจะปฏิบัติตามคำแนะนำมากกว่าเพศชาย สำหรับอายุของเกษตรกรที่แตกต่างกันมีพฤติกรรมหลังการใช้สารกำจัดศัตรูพืชแตกต่างกันที่ระดับ 0.01 จำนวน 1 ประเด็น คือ การเขียนป้ายเตือนให้บุคคลรู้ว่าเป็นพื้นที่พึ่งฉีดสารเคมี และพบความแตกต่างที่ระดับ 0.05 จำนวน 3 ประเด็น คือ การทำลายภาชนะที่ใช้หมดโดยการฝังเท่านั้น การไม่เทน้ำล้างถังบรรจุลงแหล่งน้ำ และการทำความสะอาดถังบรรจุสารเคมีทุกครั้งหลังการใช้งาน โดยเกษตรกรที่มีอายุไม่เกิน 45 ปี มีการปฏิบัติตามคำแนะนำมากกว่าเกษตรกรที่มีอายุระหว่าง 46-60 ปี และอายุ 60 ปีขึ้นไป

สรุป

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยการปฏิบัติตามคำแนะนำทุกครั้งที่มีโอกาสใน 25 ประเด็น มีเพียง 2 ประเด็น ที่เกษตรกรปฏิบัติตามคำแนะนำบ้างเป็นบางครั้ง คือ การเขียนป้ายเตือนให้บุคคลรู้ว่าเป็นพื้นที่พึ่งฉีดสารเคมี และการทำลายภาชนะที่ใช้หมดโดยการฝังเท่านั้น ซึ่งเกษตรกรที่มีเพศชายมีการปฏิบัติตามคำแนะนำมากกว่าเพศหญิง และเกษตรกรที่มีอายุไม่เกิน 45 ปี มีการปฏิบัติตามคำแนะนำมากกว่าเกษตรกรที่มีอายุระหว่าง 46-60 ปี และมีอายุ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งมีพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในการปลูกข้าวแตกต่างกันในพฤติกรรมทั้งก่อนใช้สาร คือ การสำรวจความเสียหายของข้าวจากการเข้าทำลายของศัตรูพืช พฤติกรรมระหว่างการใช้สาร คือ การใช้ผ้าหรืออุปกรณ์ปิดปากปิดจมูก การสวมเสื้อแขนยาวและกางเกงขายาว การสวมถุงมือ การสวมบูท การไม่รับประอาหารหรือเครื่องดื่มขณะฉีดพ่น การหยุดฉีดพ่นทันทีเมื่อเกิดการแพ้สารเคมี และการไม่ฉีดพ่นสารเคมีในเวลาขณะแดดร้อนจัด และพฤติกรรมหลังการใช้ คือ การเขียนป้ายเตือนให้บุคคลรู้ว่าเป็นพื้นที่พึ่งฉีดสารเคมี การทำลายภาชนะที่ใช้หมดโดยการฝังเท่านั้น การไม่เทน้ำล้างถังบรรจุลงแหล่งน้ำ และการทำความสะอาดถังบรรจุสารเคมีทุกครั้งหลังการใช้งาน สำหรับข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย รัฐบาลควรให้ความสำคัญในการติดตามเฝ้าระวังสารในกลุ่มที่เป็นพิษสูง เพื่อลดการสูญเสียงบประมาณทางด้านการแพทย์และสาธารณสุขในการดูแลสุขภาพผู้ป่วยจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม กรมส่งเสริมการเกษตรและกรมวิชาการเกษตรควรร่วมมือกันทางด้านการให้ความรู้และเทคนิคกับเกษตรกร ให้แนวทางเลือกอื่นที่ไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เป็นอันตราย เช่น การใช้พันธุ์พืชต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืช หรือ การควบคุมศัตรูพืชโดยใช้จุลินทรีย์ หรือการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานอย่างจริงจัง และติดตามผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง กระทรวงสาธารณสุขควรเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารทางการแพทย์ถึงพิษภัยของการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ฉีดพ่นสารเคมีได้ เพื่อสร้างความตระหนักและเพิ่มความรู้ให้กับเกษตรกร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคามทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2554, ผลกระทบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ตั้ม บุญรอด และวิชชาดา สิมลา, 2554, พฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง, วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 14(2): 66-75.

ปิยะนุช กลางหมู่, 2551, ความพึงพอใจและปัญหาของเกษตรกรต่อการปลูกยางพาราในจังหวัดพะเยา, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 104 หน้า.

ไพศาล รัตนเสถียร, ดำรง เวชกิจ, จีรนุช เอกอำนวย, สมบูรณ์ ทองสกุล, ทรงวุฒิ พจนานุวงศ์ และสมชาย อามีน, 2543, เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

วิชชาดา สิมลา และตั้ม บุญรอด, 2555, ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง, วารสารสาธารณสุขศาสตร์, 42(2): 103-113.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557, สรุปผลการสำรวจ ภาวะการทำงานของประชากร (เดือนมกราคม พ.ศ. 2557), [สืบค้น], http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/themes/files/lfs57/reportJan.pdf[28/ Jul/ 2017]

Table 1 Behaviors on pesticide application of rice growers.**

Behaviors on pesticide applications	Mean	S.D.	Frequency[1/]
Before applications			
1. Check the damage of rice	2.90	0.30	Always
2. Do not use expired pesticide	2.84	0.39	Always
3. Do not use mouth to open of pesticide container	2.98	0.15	Always
4. Use stick or suitable tool to mix pesticide	3.00	0.00	Always
5. Read and follow the instruction on the pesticide label	2.70	0.49	Always
6. Wear gloves prior to contact with pesticide	2.91	0.32	Always
During applications			
1. Use face mask	2.95	0.25	Always
2. Wear long-sleeved shirt and trousers	2.96	0.19	Always
3. Wear gloves	2.77	0.47	Always
4. Wear boots	2.77	0.44	Always
5. Wear protective cap, glasses or head wrap	2.65	0.51	Always
6. Do not eat food and drink or smoke	2.89	0.32	Always
7. Stop pesticide application once allergic symptoms have occurred	2.99	0.17	Always
8. Stand above wind direction during spraying the pesticide	2.99	0.12	Always
9. Stop pesticide application during midday or hot and sunny weather	2.98	0.15	Always
10. Do not use mouth to suck the spray outlet when it is blocked	2.99	0.08	Always
11. Keep out of reach of children and pest	2.96	0.20	Always
12. Use the chemical mixture all at once	2.85	0.40	Always
After application			
1. Put a sign or announce to other people after pesticide sprayed	2.20	0.71	Occasionally
2. Leave area right after pesticide application	2.91	0.29	Always
3. Change clothes and use soap to clean body right after application	2.98	0.15	Always
4. Keep pesticide container out of reach of children and pets	2.99	0.08	Always
5. Keep pesticide in a safe place with no other items	3.00	0.00	Always
6. Destroy contaminated containers by burying them underground only	2.17	0.73	Occasionally
7. Separate contaminated clothes and wash them separately	2.99	0.12	Always
8. Do not discard the contaminated washes into water source	2.89	0.31	Always
9. Clean contaminated containers every time after using	2.98	0.15	Always

[1/]Always: rice growers followed the instructions on the use of pesticides whenever practice
Occasionally: rice growers followed the instructions on the use of pesticides for some time

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกระชายดำด้วยเทคนิค RAPD
Analysis of Genetic Relationship of *Kaempferia parviflora* Varieties by RAPD Markers

บวร ตันติวรชัย[1] มนฑิณี กมลธรรม[1] สะใบทอง ภูมิคอนสาร[1] และ ชุติมา สาตรจีนพงษ์[1]
Tontiworachai, B.[1], Kamoltham, M.[1], Phumkonsan, S.[1] and Satjeenpong, C.[1]

Abstract

Genetic relationship among the group of *Kaempferia parviflora*. Irradiated by gamma ray was studied using Random Amplification of polymorphic DNA (RAPD) method. The genomic DNAs were extracted from the rhizomes from 12 accessions and the DNA fragments were increased by PCR with RAPD technique. The study showed 61.29 percent of polymorphic loci from the result of total corresponding DNA bands of 62 loci. Genetic distances were in the range of 0.0000 to 0.8313 among all accessions. The phylogenic dendrogram generated by Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) showed that *K. parviflora* collections were divided in two groups. The first group included KC1, KC2, KC3, KC4, KC6, KC8, C1, C2 and C3 whereas KC5, KC7 and KC9 were together in the second group. By segmenting, the classification of group was in consistent with the level of bioflavonoid content. The level of bioflavonoids accumulated in *K. parviflora* rhizomes from the second group was higher than that in the first one.

Keywords: *Kaempferia parviflora*, RAPD makers, bioflavonoid

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกระชายดำที่ปลูกเลี้ยงหลังจากฉายรังสีแกมมาด้วยเทคนิค RAPD โดยทำการสกัดดีเอ็นเอจากหัวกระชายดำ 12 accessions และเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอด้วยวิธี PCR โดยใช้เทคนิค RAPD พบความแตกต่างทางพันธุกรรมของกระชายดำ 61.29 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนแถบดีเอ็นเอที่พบทั้งหมด 62 แถบ ค่าระยะห่างทางพันธุกรรมมีค่าอยู่ในช่วง 0.0000-0.8313 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสร้างแผนภูมิต้นไม้ด้วยวิธี UPGMA พบว่ากระชายดำแบ่งเป็น 2 กลุ่มโดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย KC1, KC2, KC3, KC4, KC6, KC8, C1, C2 และ C3 และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย KC5, KC7 และ KC9 ซึ่งการแบ่งกลุ่มของกระชายดำมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันกับปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์ที่วิเคราะห์ได้จากหัวกระชายดำ โดยกลุ่มที่ 2 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สะสมในหัวสูงกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: กระชายดำ เครื่องหมาย RAPD ไบโอฟลาโวนอยด์

คำนำ

กระชายดำ (*K. parviflora*) เป็นสมุนไพรในวงศ์ Zingiberaceae มีถิ่นกำเนิดในประเทศเขตร้อน เป็นพืชล้มลุกใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นอยู่ใต้ดิน ขอบใบมีสีม่วงและดอกสีม่วง พบสารสำคัญหลายชนิดในกลุ่ม Methoxyflavone (สุภาวดี และคณะ, 2546) กระชายดำมีสารไบโอฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นภายในเซลล์ ส่งผลให้ชะลอการเสื่อมของเซลล์ลดความเสี่ยงในการเกิดเนื้องอกและมะเร็งได้ จึงทำการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์ด้วยการฉายรังสีแกมมาให้กระชายดำและตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค RAPD ซึ่งเทคนิค RAPD เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ขนาดสั้นเพียงชนิดเดียวสุ่มเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจากหลายตำแหน่งพร้อมกันบนจีโนม ไพรเมอร์ถูกสังเคราะห์ขึ้นแบบสุ่มโดยไม่จำเป็นต้องทราบข้อมูลลำดับเบสของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษา ส่วนที่เพิ่มปริมาณได้จะกระจายอยู่ทั้งจีโนม จึงสามารถตรวจสอบดีเอ็นเอได้ครั้งละหลายตำแหน่งพร้อมกัน (สุรินทร์, 2552) การฉายรังสี

[1] ศูนย์นวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลอง 5 อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
[1] Expert center at Innovation agriculture,Thailand Institute of scientific and Technological Research, 35 Moo 3 technopolis, Khlong 5, Klong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand

แกมมาก่อให้เกิดการกลายพันธุ์แบบสุ่มขึ้น เทคนิค RAPD สามารถตรวจสอบดีเอ็นเอได้ครั้งละหลายตำแหน่งพร้อมกัน จึงเลือกเทคนิค RAPD มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นจากการฉายรังสีเพื่อการปรับปรุงพันธุ์กระชายดำ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวกระชายดำไปฉายรังสีแกมมาที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 krad แล้วนำหัวกระชายดำมาปลูกในดินสีดา ใช้ถุงปลูกขนาด 4x6 นิ้ว ปลูกในโรงเรือนโดยรดน้ำวันละ 1 ครั้งทำการปลูกเป็นเวลา 8 เดือนตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2557 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2558 จากนั้นเก็บหัวกระชายดำที่ผ่านการฉายรังสีและกระฉายดำปกติที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (Control) มาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป GeneJET Plant Genomic DNA Purification Mini kit ของบริษัท Thermo scientific โดยทำการสกัดดีเอ็นเอจากหัวกระชายดำทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ได้แก่กระชายดำที่ผ่านการฉายรังสีทั้งหมด 8 ตัวอย่างประกอบด้วย KC2(0.5/1), KC3(0.5/3), KC4(0.5/4), KC5(1.0/1), KC6(1.0/2), KC7(1.0/3) KC8(1.5/2) และ KC9(2.0/5) โดยความหมายของตัวเลขในวงเล็บหมายถึงความเข้มข้นของรังสีแกมมาที่ใช้หน่วยเป็น krad ต่อลำดับของตัวอย่าง และตัวอย่างควบคุมทั้งหมด 4 ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฉายรังสีได้แก่ KC1(Control 1), C1(Control 2), C2(Control 3) และ C3(Control 4) นำดีเอ็นเอที่สกัดได้ไปเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอด้วยวิธี PCR โดยเทคนิค RAPD ใช้ไพรเมอร์ในการศึกษาทั้งหมด 54 ไพรเมอร์ ทำการตรวจสอบผลการเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอด้วยวิธี electrophoresis บันทึกขนาดของแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง วิเคราะห์ผลการศึกษาโดยกำหนดให้ตัวอย่างที่พบแถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่งหนึ่งๆ ให้แทนสัญลักษณ์เป็น 1 ส่วนตัวอย่างที่ไม่พบแถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่งเดียวกันให้แทนสัญลักษณ์เป็น 0 แปลผลแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในแต่ละตัวอย่างเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่ได้ด้วยการคำนวณค่า Genetic distance, The number of Polymorphism bands, Percentage of Polymorphic bands และสร้างแผนภูมิต้นไม้แสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมโดยวิธี UPGMA ด้วยโปรแกรม Popgene V. 1.32 (Yeh *et al.*,1999) และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน catechin ตามวิธีของ Pourmorad *et al.*(2006)

ผลและวิจารณ์ผล

หัวกระชายดำมีขนาดเท่ากับ 53.5±4.07 mm(0.5krad), 49.90±4.96 mm(1.0krad), 35.80±2.59 mm (1.5krad) และ 31.51±3.86 mm (2.0krad) ผลการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ 54 ไพรเมอร์ พบว่ามี 10 ไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอชัดเจนและมีรูปแบบของแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันได้แก่ไพรเมอร์ OPA07, OPA08, OPA10, OPA13, OPB02, OPB03, OPB18, OPK04, OPG09 และ M122 วิเคราะห์ผลจากแถบดีเอ็นเอที่พบในแต่ละตัวอย่าง พบแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 62 แถบ เป็นแถบดีเอ็นเอแบบ polymorphic bands จำนวน 38 แถบ คำนวณเปอร์เซ็นต์ของ polymorphic bands ได้เท่ากับ 61.29 เปอร์เซ็นต์ ผลดังตารางที่ 1 คำนวณหาค่าระยะห่างทางพันธุกรรมด้วยโปรแกรม Popgene V. 1.32 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.0000-0.8313 ผลดังตารางที่ 2 และสร้างแผนภูมิต้นไม้เพื่อหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกระชายดำด้วยวิธี UPGMA ผลดังภาพที่ 1 จากภาพแผนภูมิต้นไม้สามารถแบ่งกลุ่มกระชายดำออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกประกอบด้วยตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาได้แก่ KC2, KC3, KC4, KC6, KC8 และตัวอย่างควบคุมได้แก่ KC1, C1, C2, C3 รวมทั้งหมด 9 ตัวอย่าง สำหรับกลุ่มที่ 2 มีเฉพาะตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาได้แก่ KC5, KC7 และ KC9 รวมทั้งหมด 3 ตัวอย่าง จากระยะห่างทางพันธุกรรมแสดงให้เห็นว่า KC5, KC7 และ KC9 มีระยะห่างทางพันธุกรรมต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างชัดเจนเนื่องจากมีอัตราการกลายพันธุ์สูงจัดให้เป็นกลุ่มที่ 2 โดย KC7 มีอัตราการกลายพันธุ์สูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ ที่ทำการศึกษา สำหรับ KC2, KC3, KC4, KC6 และ KC8 เป็นตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีที่มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับตัวอย่างควบคุมเนื่องจากมีอัตราการกลายพันธุ์ต่ำให้เป็นกลุ่มที่ 1 โดยอัตราการกลายพันธุ์ของกระชายดำมีความสัมพันธ์แบบสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์ที่วิเคราะห์ได้จากหัวกระชายดำโดยตัวอย่างควบคุม (KC1) มีสารไบโอฟลาโวนอยด์ปริมาณเท่ากับ 4.02±0.01 mg/100g ส่วน KC2, KC3, KC4, KC6, KC8 มีสารไบโอฟลาโวนอยด์ปริมาณเท่ากับ 5.70±0.04, 5.55±0.00, 5.15±0.01, 4.40±0.03 และ 4.91±0.02 mg/100g ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมพบว่ามีสารไบโอฟลาโวนอยด์ปริมาณใกล้เคียงกัน โดยตัวอย่าง KC2, KC3, KC4, KC6 และ KC8 อยู่ในกลุ่มที่ 1 ร่วมกับตัวอย่างควบคุม แต่ตัวอย่าง KC5, KC7 และ KC9 พบสารไบโอฟลาโวนอยด์ปริมาณเท่ากับ 8.49±0.03, 7.80±0.05 และ 6.79±0.12 mg/100g ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์กับตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างอื่นๆ ในกลุ่มที่ 1 พบว่าปริมาณไบโอฟลาโวนอยด์จากตัวอย่าง KC5, KC7 และ KC9 ในกลุ่มที่ 2 มีปริมาณสารมากกว่าอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าอัตราการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นจากการฉายรังสีให้กระชายดำมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์ที่กระชายดำสร้าง

ขึ้น โดยพบว่ากระชายดำที่มีอัตราการกลายพันธุ์ต่ำ(กลุ่มที่ 1) มีปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม แต่กระชายดำที่มีอัตราการกลายพันธุ์สูง (กลุ่มที่ 2) มีปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์มากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างชัดเจน

สรุป

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างกระชายดำที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 krad เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีด้วยเทคนิค RAPD ผลการศึกษาพบแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 62 แถบ เป็นแถบดีเอ็นเอแบบ polymorphism 61.29 เปอร์เซ็นต์ ค่าระยะห่างทางพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.0000-0.8313 ผลความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมจากแผนภูมิต้นไม้พบว่ากระชายดำที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ตัวอย่าง KC2, KC3, KC4, KC6, KC8, KC1, C1, C2 และ C3 เป็นกลุ่มที่ 1 ส่วนตัวอย่าง KC5, KC7 และ KC9 เป็นกลุ่มที่ 2 โดยอัตราการกลายพันธุ์ของกระชายดำมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสารไบโอฟลาโวนอยด์ที่กระชายดำสังเคราะห์ขึ้น สรุปได้ว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค RAPD สามารถตรวจพบการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นจากการฉายรังสีแกมมาให้กระชายดำได้ โดยผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในอนาคตต่อการคัดเลือกพันธุ์กระชายดำที่ผลิตสารไบโอฟลาโวนอยด์ปริมาณมากได้เนื่องจากใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กับยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างสารไบโอฟลาโวนอยด์ในกระชายดำต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สุภาวดี ดาวดี, ฉวี เย็นใจ, แคทรียา สุทธานุช และสุกัญญา สุพัฒนะพงศ์, 2546, การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ในกระชายดำโดยวิธีแก็สโครมาโทกราฟี, ไทยเภสัชสาร, ปีที่ 27, ฉ.1-2: 49-57.

สุรินทร์ ปิยะโชคคณากุล, 2552, เครื่องหมายดีเอ็นเอ: จากพื้นฐานสู่การประยุกต์, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 269 หน้า.

Pourmorad, F., Hosseinimehr, S.J. and Shahabinajd, N, 2006, Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants, African Journal of Biotechnology, 5(11): 1142-1145.

Yeh, F.C., Yang, R.C. and Boyle, T., 1999, POPGENE Version 1.32: Microsoft window-based freeware for population genetic analysis, University of Alberta, Edmonton, Canada.

Table 1 sequence of Primer, Total DNA bands, Polymorphism bands and percentage of polymorphism resulted from RAPD analysis of *K. parviflora*.

primer	Sequence of primer (5'-3')	Total DNA bands	Polymorphism bands	Percentage of Polymorphism
OPA07	GAAACGGGTG	4	1	25.00
OPA08	GTGACGTAGG	5	1	20.00
OPA10	GTGATCGCAG	4	2	50.00
OPA13	CAGCACCCAC	7	2	28.57
OPB02	TGATCCCTGG	6	6	100.00
OPB03	CATCCCCCTG	5	2	40.00
OPB18	CCACAGCAGT	9	7	77.77
OPK04	CCGCCCAAAC	9	5	55.55
OPG09	CTGACGTCAC	10	9	90.00
M122	GTAGACGAGC	3	3	100.00
Total	-	62	38	61.29

Table 2 Genetic distance between pairs of 12 accessions of *K. parviflora*.

	KC1	KC2	KC3	KC4	KC5	KC6	KC7	KC8	KC9	C1	C2	C3
KC1	****											
KC 2	0.0328	****										
KC 3	0.0328	0.0000	****									
KC 4	0.0163	0.0496	0.0496	****								
KC 5	0.1198	0.1198	0.1198	0.1382	****							
KC 6	0.0667	0.0328	0.0328	0.0841	0.1198	****						
KC 7	0.7949	0.7949	0.7949	0.8313	0.6306	0.7259	****					
KC 8	0.0000	0.0328	0.0328	0.0163	0.1198	0.0667	0.7949	****				
KC 9	0.1018	0.0667	0.0667	0.1198	0.1568	0.0667	0.7949	0.1018	****			
C1	0.0328	0.0000	0.0000	0.0496	0.1198	0.0328	0.7949	0.0328	0.0667	****		
C2	0.0000	0.0328	0.0328	0.0163	0.1198	0.0667	0.7949	0.0000	0.1018	0.0328	****	
C3	0.0163	0.0496	0.0496	0.0000	0.1382	0.0841	0.8313	0.0163	0.1198	0.0496	0.0163	****

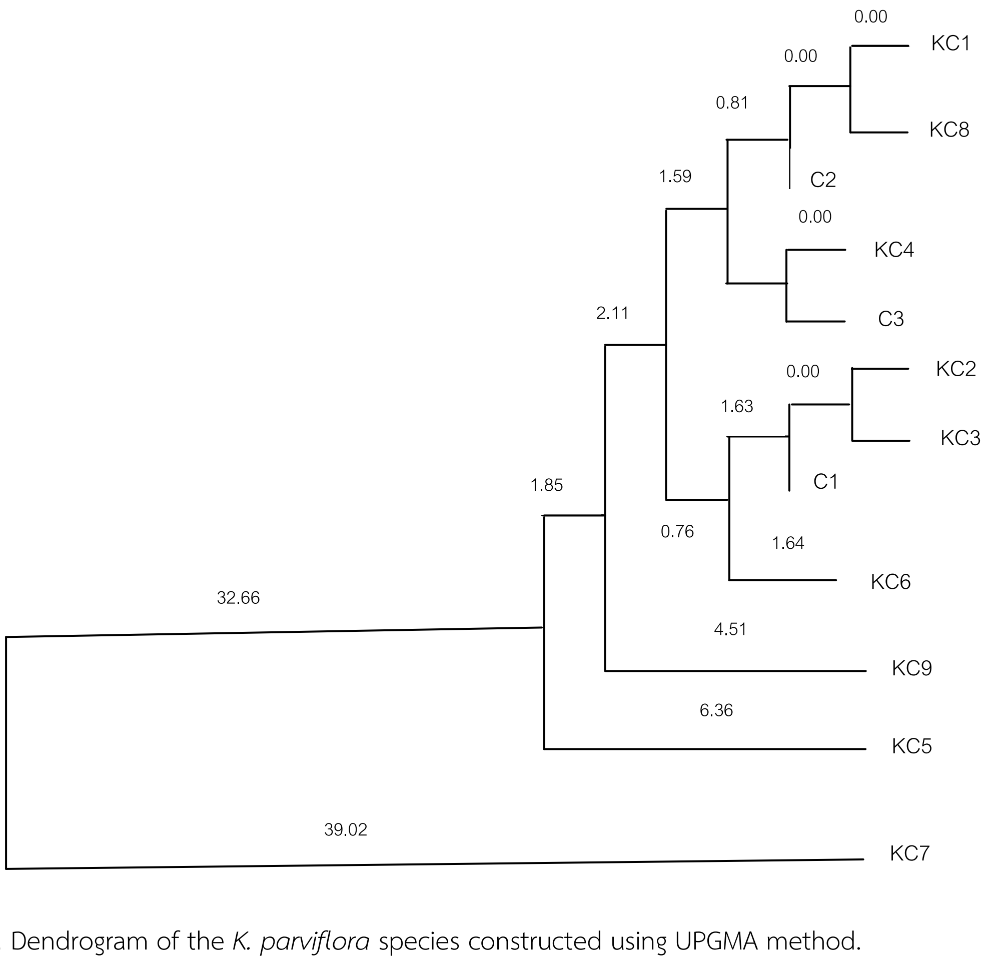


Figure 1 Dendrogram of the *K. parviflora* species constructed using UPGMA method.

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการชักนำเมล็ดอ่อนให้เจริญเป็นต้นใหม่และการชักนำข้อให้เกิดยอดของต้นรักใหญ่ รหัสสายพันธุ์ 005Glabar (*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou) โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Study on Optimal Factors of Plant Regeneration from Young Seed and Shoot Induction from the Node of 005Glabar (*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou) by Tissue Culture

รุจิรา รักราวี[1] อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม[1] แก้วนภา กิตติบรรพชา[2] และ ปิยรัษฎ์ ปริญญาพงษ์ เจริญทรัพย์[3]
Rakrawee, R.[1] Poeaim, A.[1] Kittibanpacha, K.[2] and Chareonsap, P.P.[3]

Abstract

Optimal factors of plant regeneration from young seeds and shoot induction from the node of 005Glabar (*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou) by tissue culture were conducted. Disinfecting seeds by flame burning had 60% survival rate. The young seeds were cultured on WPM (Woody Plant Medium, 1982) supplemented with 0.5, 1, 1.5 and 2 mg/L of 6- Benzylaminopurine (BAP). Result showed that WPM medium with 1 mg/L BAP had the most proliferation of 3 seeds from 5 seeds and number of shoots and roots were at 0.8 and 3, respectively. For shoot induction, the nodes were purified with 0.2% $HgCl_2$ with antibiotics, PPM and cefotaxime at 1 µg/mL. The node was then cultured on WPM supplemented with 0, 0.5, 1 and 2 mg/L of *meta*-Topolin (*m*T). Results showed that WPM medium without plant growth regulators (PGRs) had the most shoot growth rate at 56%. The average length of shoots was 3.94 mm, and there were 2 leaves/shoot after culturing for 12 weeks.

Keywords: *Gluta usitata*, plant regeneration, shoot induction, young seed

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการชักนำเมล็ดอ่อนให้เจริญเป็นต้นใหม่และการชักนำข้อให้เกิดยอดของต้นรักใหญ่รหัสสายพันธุ์ 005Glabar (*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou) ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า เมล็ดอ่อนที่ฆ่าเชื้อด้วยการเผาไฟมีอัตราการรอดชีวิต 60% และเมื่อเพาะเลี้ยงเมล็ดอ่อนบนอาหารสังเคราะห์สูตร WPM (Woody Plant Medium, 1982) ร่วมกับ 6-Benzylaminopurine (BAP) 0.5 1 1.5 และ 2 มก./ล. พบว่าอาหารที่มี BAP 1 มก./ล. มีการงอกเป็นต้นมากที่สุด 3 เมล็ด จาก 5 เมล็ด มีจำนวนยอดและรากเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.8 ยอด 3 รากต่อเมล็ด ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อฟอกฆ่าเชื้อข้อด้วยเมอร์คิวริคคลอไรด์ 0.2% ร่วมกับแอนติไบโอติก PPM และเซฟโฟแทกซิมที่ 1 ไมโครลิตร/มล. และเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร WPM ร่วมกับ *meta*-Topolin (*m*T) 0 0.5 1 และ 2 มก./ล. พบว่า อาหารที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโต มีอัตราการเจริญของยอด 56% มีความยาวยอดเฉลี่ย 3.94 มิลลิเมตรต่อข้อ และมีจำนวนใบเฉลี่ย 2 ใบต่อข้อ หลังจากเพาะเลี้ยง 12 สัปดาห์

คำสำคัญ: การเกิดต้นใหม่ การชักนำให้เกิดยอด เมล็ดอ่อน รักใหญ่

คำนำ

รักใหญ่ (*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou) เป็นพืชในวงศ์ไม้มะม่วง (Anacadiaceae) มีสถานะทางกรมป่าไม้เป็นไม้หวงห้ามธรรมดาประเภท ก พบตามท้องที่ภาคเหนือและภาคตะวันตก (แก้วนภา และคณะ, 2558) โดยน้ำยางที่ได้จากต้นรักมีคุณค่าทางศิลปวัฒนธรรมหลายด้าน แต่เนื่องจากยางรักมีสารที่ทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ ผิวหนังผุพอง และการเก็บเกี่ยวยางรักค่อนข้างลำบาก จึงมีการนำสารสังเคราะห์เข้ามาใช้ทดแทนยางรักเพิ่มมากขึ้น ทำให้พืชชนิดนี้มีโอกาสสูญพันธุ์ได้ ซึ่งในการเพาะปลูกรักใหญ่สามารถทำได้หลายวิธี แต่การตัดต้นพืชจะทำให้น้ำยางไหลออกมาและทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และอีกวิธีหนึ่งคือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณต้นพืช ลดอัตราการตาย และพัฒนาสายพันธุ์ของพืชได้ ในปัจจุบันมี

[1]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 10520
[1]Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
[2]กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
[2]Silvicultural Research Group, Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department
[3]โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากโครงการพระราชดำริฯ สวนจิตรลดา เขตดุสิต กทม. 10303
[3]Plant Genetic Conservation Project, Chitralada Villa, Dusit, Bangkok 10303,Thailand

การศึกษาการเพาะปลูกต้นรักใหญ่ค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณและขยายพันธุ์ต้นรักใหญ่โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างเมล็ดอ่อนและข้อรักใหญ่รหัสสายพันธุ์ 005Glabar ได้รับความอนุเคราะห์จาก คุณแก้วนภา กิตติบรรพชา โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมและพัฒนาไม้รักใหญ่ อันเนื่องมาจากโครงการพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี กรมป่าไม้

1. ศึกษาการเจริญของเมล็ดอ่อนรักใหญ่

นำเมล็ดอ่อนของรักใหญ่รหัสสายพันธุ์ 005Glabar ล้างด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 70% นาน 15 นาที จากนั้นจุ่มเมล็ดอ่อนลงในแอลกอฮอล์เข้มข้น 95% และลนเปลวไฟให้ลุกท่วมเมล็ด 2 ครั้ง ใช้มีดผ่าเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก นำเมล็ดอ่อนวางบนอาหารแข็งสังเคราะห์สูตร WPM ประกอบด้วย ซูโครส 30 mg/L เจลแลนกัม 2.6 g/L และเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BAP เข้มข้น 0 0.5 1 1.5 และ 2 mg/L ค่า pH 5.6-5.8 เพาะเลี้ยงในที่มีแสง 16 ชั่วโมง และที่มืด 8 ชั่วโมง ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 เมล็ด โดยการวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD)* บันทึกอัตราการงอกของเมล็ด จำนวนยอด จำนวนราก หลังจากเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์

2. ศึกษาการชักนำยอดจากข้อรักใหญ่

นำข้อของรักใหญ่สายพันธุ์ 005Glabar ล้างด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% นาน 2 นาที จากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยเมอร์คิวริคคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.2% ร่วมกับ แอนติไบโอติก PPM และเซฟโฟแทกซิม เข้มข้น 1 μL/mL และหยด tween-20 3 หยด โดยฟอกฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที จากนั้นย้ายมาฟอกในน้ำสะอาดที่ผ่านการฆ่าเชื้อประกอบด้วยแอนติไบโอติก PPM และเซฟโฟแทกซิม เข้มข้น 1 μL/mL 2 ครั้ง เป็นเวลา 15 นาที และนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตร WPM ประกอบด้วยซูโครส 30 mg/L เจลแลนกัม 2.6 g/L ผงถ่าน 0.2% และ *m*T เข้มข้น 0 0.5 1 และ 2 mg/L ค่า pH 5.6-5.8 เพาะเลี้ยงในที่มีแสง 16 ชั่วโมง และที่มืด 8 ชั่วโมง โดยการวางแผนการทดลองแบบ CRD* สังเกตการเจริญเติบโตและบันทึกผลการทดลองหลังจากเพาะเลี้ยง 3 เดือน

ผลการทดลอง

1. ศึกษาการเจริญของเมล็ดอ่อนรักใหญ่

จากการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดอ่อนของรักใหญ่รหัสสายพันธุ์ 005Glabar พบว่า การฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการเผาไฟมีอัตราการรอดชีวิตของเมล็ดอ่อน 60% มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ 12% และชิ้นส่วนเมล็ดอ่อนมีสีน้ำตาลหรือตาย 28% และเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสังเคราะห์สูตร WPM ประกอบด้วย BAP เข้มข้น 0 0.5 1 1.5 และ 2 mg/L หลังจากเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ พบว่า BAP ทุกความเข้มข้นสามารถชักนำการงอกเป็นต้นของเมล็ดได้ 60% โดย BAP เข้มข้น 1 mg/L มีจำนวนยอดและรากเฉลี่ยที่เกิดมากที่สุดคือ 0.8 ยอด 3 รากต่อเมล็ด ตามลำดับ รองมาคือ BAP เข้มข้น 2 mg/L มีจำนวนยอดและรากเฉลี่ย 0.6 ยอด และ 1.5 ราก ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Table1) โดยเมล็ดจะเริ่มงอกเมื่อเพาะเลี้ยงในสัปดาห์ที่ 3 และมีแคลลัสสีขาวเกิดที่เมล็ดและลำต้นเล็กน้อย รากที่เกิดจะแตกแขนงรากฝอยออกจำนวนมาก (Figure 1) และในอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตมีการเจริญน้อยที่สุด

2. ศึกษาการชักนำยอดจากข้อรักใหญ่

จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของรักใหญ่รหัสสายพันธุ์ 005Glabar บนอาหารสังเคราะห์สูตร WPM ประกอบด้วย *m*T เข้มข้น 0 0.5 1 และ 2 mg/L เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า การเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร WPM ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต สามารถชักนำการเกิดยอดได้มากที่สุด 28 ยอด รองมาคือ อาหารสังเคราะห์สูตร WPM ที่มี *m*T เข้มข้น 0.5 mg/L ชักนำการเกิดยอดได้ 16 ยอด และในการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร WPM ที่มี *m*T เข้มข้น 2 mg/L มีความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.01 mm (Table 1) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการเพาะเลี้ยงทุกความเข้มข้นสามารถชักนำการเกิดยอด ใบ และแคลัสได้ (Figure 2) โดยในการเจริญของยอดช่วง 1 เดือนแรกจะมีการเจริญเติบโตที่น้อยมีลักษณะเป็นตุ่มเขียวจากข้อ และพัฒนาต่อเป็นยอด

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดอ่อนของรักใหญ่รหัสสายพันธุ์ 005Glabar บนอาหารสังเคราะห์สูตร WPM ที่มี BAP ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า BAP ทุกความเข้มข้นสามารถชักนำการเจริญของเมล็ดได้ เนื่องจาก BAP เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโทไคนินซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และควบคุมการงอกของเมล็ด (ศิวพงศ์, 2546) และ BAP สามารถชักนำการเกิดแคลลัสของชิ้นส่วนพืชได้ (Cuenca และคณะ 1999) โดยในการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการเผาไฟ ทำให้เมล็ดอ่อนภายในมีสีเขียว เมล็ดไม่ช้ำ และง่ายต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากเอ็มบริโอสัมผัสกับอาหารเพาะเลี้ยงได้โดยตรง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ จำนรรจ์ (2550) ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเมล็ดอ่อนของต้นสัก และในการตัดชิ้นส่วนของพืช ทำให้สารฟีนอลิคที่อยู่ในพืชหลั่งออกมาและยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทำให้พืชตาย ซึ่งพบในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเมล็ดมะกอกน้ำ (Tripathi และ Kumari, 2010) และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นรักใหญ่ (แก้วนภา และคณะ, 2558) เป็นต้น และจากการเพาะเลี้ยงข้อของรักใหญ่รหัสสายพันธุ์ 005Glabar บนอาหารสังเคราะห์สูตร WPM ที่มี *m*T ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า การเพาะเลี้ยงในอาหารที่มี *m*T ความเข้มข้นต่ำพืชสามารถเจริญได้ดีกว่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสกุล *Prunus* (Gentile และคณะ 2014) โดย *m*T เป็นไซโทไคนินชนิดใหม่มีคุณสมบัติช่วยชักนำการเจริญของยอดให้ได้จำนวนมากและสามารถกระตุ้นการเกิดรากได้เช่นกัน (Benmahioul และคณะ 2016) และในการยับยั้งการเกิดฟีนอลิคของพืชโดยการเติมผงถ่านจะช่วยดูดซึมสารฟีนอลิคได้ดีเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชของต้นมะม่วงหิมพานต์ (Sija และคณะ, 2015) ต้นรักขน (Panda และ Hazra, 2010)

สรุปผล

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดอ่อนและข้อของรักใหญ่รหัสสายพันธุ์ 005Glabar พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงเมล็ดบนอาหารแข็งสังเคราะห์สูตร WPM ที่มี BAP ทุกความเข้มข้น สามารถชักนำการงอกเป็นต้นได้ 60% โดยที่ BAP 1 มก./ล. มีจำนวนยอดและรากเฉลี่ยที่เกิดมากที่สุดคือ 0.8 ยอด และ 3 รากต่อเมล็ด และเมื่อเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของรักใหญ่บนอาหารสังเคราะห์สูตร WPM ประกอบด้วย *m*T ความเข้มข้น 0 0.5 1 และ 2 มก./ล. เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า อาหารสังเคราะห์สูตร WPM ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต สามารถชักนำการเกิดยอดได้มากที่สุด 56%

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560 และโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมและพัฒนาไม้รักใหญ่ อันเนื่องมาจากโครงการพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี กรมป่าไม้ ที่อนุเคราะห์สายพันธุ์ต้นรักใหญ่

เอกสารอ้างอิง

แก้วนภา กิตติบรรพชา, ทศพร วัชรางกูร, ชญาภา เจตะภัย และกรองทอง ใจแก้วแดง, 2558, ความเป็นไปได้ในการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไม้รักใหญ่, ผลงานวิชาการป่าไม้:การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2558 ป่าไม้ไทย ใครกำหนด, กรุงเทพมหานคร: หน้า 348-355.

จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์, 2550, ในรายงานผลวิจัยประจำปี พ.ศ. 2550 เล่ม 3, สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, หน้า 55-63.

ศิวพงศ์ จำรัสพันธุ์, 2546, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี, หน้า187.

Benmahioul, B., Harche, M.K. and Daguin, F., 2016, *In vitro* regeneration of *Pistacia vera* L. from nodal explants, Journal of Forest Science, 62(5):198-203.

Cuenca, B., Jose, M.C.S., Martin, M.T., Ballester, A. and Vieitez, A.M., 1999, Somatic embryogenesis from stem and leaf explants of *Quercus robur* L., Plant Cell Reports, 18:538-543.

Gentile, A., Jaquez, G.M., Martinez, J., Frattarelli, P.A.N. and Caboni, E., 2014, Effect of *meta*-Topolin on micropropagation and adventitious shoot regeneration in *Prunus* rootstocks, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 118:373–381.

Panda, B.M. and Hazra, S., 2010, *In vitro* regeneration of *Semecarpus anacardium* L. from axenic seedling-derived nodal explants, Trees, 24:733-742.

Sija, S.L., Potty, V.P. and Santhoshlal, P.S., 2015, Impact of culture media and growth hormones on callus induction and root organogenesis in cotyledon segment of *Anacardium occidentale* L., Annals of Plant Sciences, 4 (04), 1057-1063.

Tripathi, M. and Kumari, N., 2010, Micropropagation of a tropical fruit tree *Spondias mangifera* Willd, through direct organogenesis, Acta Physiologiae Plantarum, 32:1011–1015.

Table 1 Percentage of seed proliferation, number of shoots and roots per seed from young seed of 005Glabar cultured on WPM medium supplemented with 0, 0.5, 1, 1.5 and 2 mg/L of BAP for 6 weeks.

Concentration of BAP (mg/L)	Seed proliferation (%)	Number of shoots/seed	Number of roots /seed
0	3(60)	0.4a[1/]	0.4e
0.5	3(60)	0.4d	2.2b
1	3(60)	0.8a	3a
1.5	3(60)	0.5c	1.2d
2	3(60)	0.6b	1.5c
%CV	-	2.8	97.8

[1/]The data were statistically analyzed using Duncan's multiple range test. In the same column, significant differences according to significant difference at the P ≤ 0.05 level are indicated by different letters.

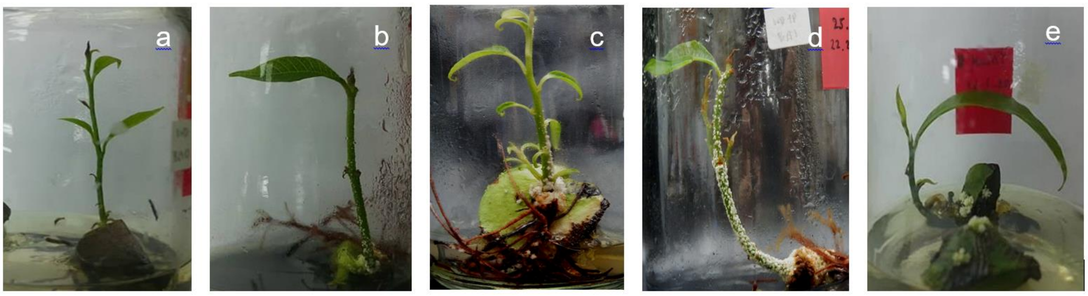


Figure 1 The characteristic of seed proliferation on WPM medium combined with 0(a), 0.5(b), 1(c), 1.5(d) and 3(e) mg/L of BAP, respectively.

Table 2 Show of number of shoots, average length of shoots/node and callus proliferation of node cultured on WPM medium supplemented with 0, 0.5, 1 and 2 mg/L of *m*T after cultured for 12 weeks.

Concentration of *m*T (mg/L)	Number of shoots (%)	Average length of shoots/node (mm)	Callus proliferation
0	28(56)	3.94b[1/]	√
0.5	16(32)	3.40d	√
1	13(26)	3.82c	√
2	6(12)	5.01a	√
%CV		46.9	

[1/]The data were statistically analyzed using Duncan's multiple range test. In the same column, significant differences according to significant difference at the P ≤ 0.05 level are indicated by different letters.

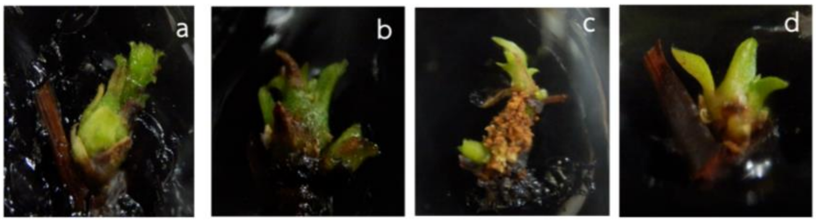


Figure 2 The characteristic of shoot cultured on WPM medium combined with 0(a), 0.5(b), 1(c) and 2(d) mg/L of *m*T, respectively after cultured for 12 weeks.

สารสีที่โดดเด่นในมะระสุก (*Momordica charantia* L): บีตาแคโรทีนในเนื้อผลและไลโคพีนในเยื่อหุ้มเมล็ด
Prominent Pigment in Ripe Balsam Pear (*Momordica charantia* L): ß-carotene in Fruit Pulp and Lycopene in Seed Aril

สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] จุไรรัตน์ รัตนพันธ์[1] ศุภลักษณ์ วิทยา[1] และ อุทร ดีเลือก[1]
Noichinda, S.[1] Bodhipadma, K.[1] Rattanapan, J.[1] Wittaya, S.[1] and Deelueak, U.[1]

Abstract

Normally, immature fruit of balsam pear is consumed as a vegetable. In this stage, pigments in pulp do not fully develop. Thus, in this research, pigment composition in ripe balsam pear was investigated. After harvest, mature-green balsam pear fruits were fully ripened on day 6 under ambient room condition (30-35°C; 62% RH). Pulp color changed from green to yellow while the lightness value (L*) slightly increased. The de-greening (a*) value sharply rose whereas yellowing (b*) value remarkably increased. Ripe balsam pear pulp contained high carotenoid content (1.7 mg/g FW) including 0.072 mg/g FW ß-carotene. Interestingly during fruit ripening, the color of seed aril changed from ivory to red. The main pigment in seed aril was lycopene. It was able to conclude that ripe balsam pear comprised richer nutrition value than those of immature fruit.
Keywords: chlorophyll, carotenoid, ß-carotene, lycopene

บทคัดย่อ

ตามปกติผลมะระที่ยังไม่แก่เต็มที่นิยมนำมาบริโภคเป็นผัก ซึ่งระยะนี้สารสีในเนื้อยังไม่มีการพัฒนาอย่างเต็มที่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้องค์ประกอบสารสีในผลของมะระสุกจึงถูกตรวจสอบ ภายหลังเก็บเกี่ยวผลมะระเขียวแก่จะสุกในวันที่ 6 ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง (30-35°ซ; RH 62%) สีของเนื้อจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองในขณะที่ความสว่างมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การลดลงของสีเขียวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่สีเหลืองจะเกิดขึ้นอย่างมากมาย เนื้อมะระสุกมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูง (1.7 mg/g FW) ซึ่งประกอบด้วยบีตาแคโรทีน 0.072 mg/g FW เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งในระหว่างการสุกของผลมะระ เยื่อหุ้มเมล็ดจะเปลี่ยนจากสีงาช้างไปเป็นสีแดง ซึ่งสารสีหลักในเยื่อหุ้มเมล็ดก็คือไลโคพีน จึงสามารถสรุปได้ว่าผลมะระสุกอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารมากกว่าผลอ่อน
คำสำคัญ: คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ บีตาแคโรทีน ไลโคพีน

Introduction*

Balsam pear or bitter guard (*Momordica charantia* L.), belonging to Cucurbitaceae family, is a native plant grown widely in Asia (Yamauchi, 1983). Most of plant parts such as tender leafy shoot, immature fruits are consumed as vegetable salad (Walters and Decker-Walters, 1988). Harvested balsam pear fruit, at mature green stage, exhibited climacteric pattern of respiration during ripening (Kays and Hayes, 1978) and carotenoids content in fruit pulp sharply increased when the fruit changing from green to yellow. It is well known that the ripe fruit pulp of balsam pear contains rich source of ß-carotene and lycopene (Rodriguez et al., 1976). Besides, the seed aril changed from white to bright red during fruit ripening (Morton, 1967). Since the red aril of balsam pear seed contained a high amount of lycopene (Bodhipadma et al., 2011), the aim of this study, thus, was to examine the inter-relationship between carotenoid and lycopene content in the fruit pulp and seed aril during fruit ripening of balsam pear.

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพ 10800
[1]Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

Materials and Methods*

Mature green balsam pears were purchased from the local market in Bangkok, Thailand. The uniform fruits were soaked in 10 ppm Benlet solution. Three groups of fruit were placed in plastic baskets and stored at ambient room temperature (30-35°C). During storage, fruits were randomly sampling for determination of pigments and their enzyme. The peel color was measured using a Hunter Lab meter. The flesh firmness was measured by Effegi penetrometer. Chlorophyll content in fruit pulp was determined using the spectrophotometric method (Witham et al., 1971). Carotenoid content in fruit pulp was extracted and saponified with petroleum ether similar to the method of Georges and Olivier (1993). ß-carotene content was determined according to the methods of Davies (1976) and Ritter (1981). For lycopene contents in seed aril, the saponified solution was applied into the packed alumina column before determining by spectrophotometric method (Goodrich et al., 1993; Gross, 1991). Chlorophyllase activity was extracted and assayed similar to the method of Shimokawa et al. (1978).

Results and Discussions**

The mature-green balsam pear fruits were fully ripe on day 6 during storage at ambient temperatures (30-35°C). Balsam pear fruits loss their weight sharply and reached 5% without shriveling symptom after harvest for 2 days (Figure 1). Generally, fresh products show their wilting or shriveling symptoms at that point. Additionally, the pulp firmness gradually decreased along with the rising percentage of weight loss (Figure 1). For color changes, after harvest, the lightness value (L*) of fruit peel was 47.9 and slightly increased to 63.9 at fully ripe stage (Figure 2). The peel color stayed green until day 5 as a* value (-green or + red) then changed from -8.8 to -5.4 before sharply increased to 20.2. This indicated that more red color developed when fruit was fully ripening. The b* value (- blue or + yellow) steadily increased from 28.7 to 33.0 at day 4 and remarkably increased to 53.9 at day 6. This that more yellow color developed which made fruit peel shiny yellow-red color. It was also interesting that when fruit fully ripe, the seed aril color changed from white to brilliant red. As far as the pigment content in mature-green fruits was concerned, chlorophyll contents in pulp (Huang and Hsieh, 2016) sharply reduced from 0.2 mg/g FW to 0.027 mg/g FW at day 6 (Figure 3) while the chlorophyllase activity of fruit pulp increased from 0.004 to 0.010 unit/min/µg protein during fruit ripening period (Figure 3). Carotenoid contents in pulp dramatically increased from 0.316 to 1.7 mg/g FW during fruit ripening (Figure 4). At this stage, the fruit pulp color was yellowish orange. Likewise, ß-carotene contents in pulp of balsam pear slightly increased from 0.008 to 0.072 mg/g FW during fruit ripening (Figure 4). When balsam pear fruit was fully ripe, the color of seed aril changed from white to brilliant red. This occurred because of lycopene, the carotenoids responsible for red color of balsam pear seed aril.

Conclusion

In our experiment, the major pigment of the mature-green balsam pear fruit was chlorophyll. The fruit color became orange (mixed yellow-red color) from the result of carotenoid synthesis during fruit ripening. the result also supported this knowledge since the lycopene contents in seed aril (Bodhipadma et al., 2011) after harvest was 0.047 mg/gFW and increased to 0.202 mg/gFW at day 6 (Figure 4).

Literature cited**

Bodhipadma, K., Noichinda, S., Pankeo, A. and Rutatip, S., 2011, Evidence of auxin induced dissimilar pigments in *Momordica charantia* L. callus, J. KMUTNB., 21(2): 237-247.

Davies, B.H., 1976, Carotenoids, In T.W. Goodwin (ed.), Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments, Vol. 2. 2nd Edition. Academic Press Books, London, pp. 38-165.

Georges, C. and Olivier, H., 1993, Carotenoid pigment of algae *Haematococcus pluvialis* assay on Rainbow trout, Aqua. Cultural, 112: 217-226.

Goodrich, J., Parker, C. and Phelps, R., 1993, The microscale separation of lycopene and ß-carotene from tomato paste, Journal of Chemical Education, 70: A 158.

Gross, J., 1991, Pigment in Vegetables. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 351 p.

Huang, H.-Y. and Hsieh, C.-H., 2016, Genetic research on fruit color traits of the bitter gourd (*Momordicar charantia* L.), The Horticulture Journal *Preview*, doi: 10.2503/horj.MI-159, 6 pp.

Kays, S.J. and Hayes, M.J., 1978, Induction of ripening in the fruits of *Momordicar charantia* L. by ethylene, Tropical Agriculture, 55: 167-172.

Morton, J.F., 1967, The balsam pear-an edible, medicinal and toxic plant, Econ. Bot., 21: 57-68.

Ritter, E.D. and Purcell, A.E., 1981. Carotenoid analytical methods, In J.C.B. Feird (ed.), Carotenoid as Colorants and Vitamin A Precursors. Academic Press, Inc., London, pp. 851-923.

Rodriguez, D.B., Raymundo, L.C., Lee, T., Simpson, K.L. and Chichester, C.O., 1976, Carotenoid pigment changes in ripening *Momordicar charantia* fruits, Ann Bot., 40: 615-624.

Shimokawa, K., Shimada, S. and Yaeo, K., 1978, Ethylene-enhanced chrolophyllase activity during degreening of *Citrus unchin* Marc., Sci. Hort., 80: 129-135.

Walters, T.W. and Decker-Walters, D.S., 1988, Notes on economic plants: Balsam-pear (*Momordica charantia*, Cucurbitaceae), Econ. Bot., 42: 286-292.

Witham, F.M., Blayed, D.F. and Deulin, R.M., 1971, Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 112 p.

Yamauchi, M., 1983, World Vegetables. AVI Publishing Company Inc. Westport, Connecticut, 415 p.

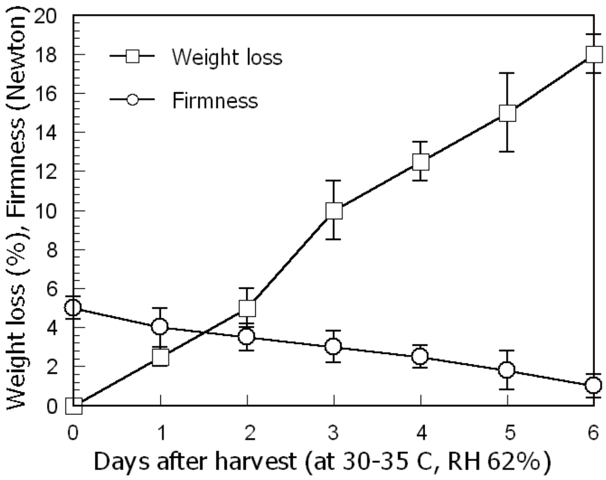


Figure 1 Weight loss and firmness of balsam pear fruit after harvest.

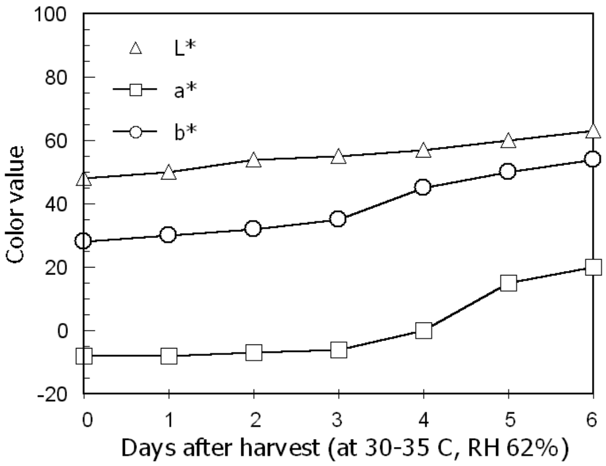


Figure 2 Color value of balsam pear fruit after harvest.

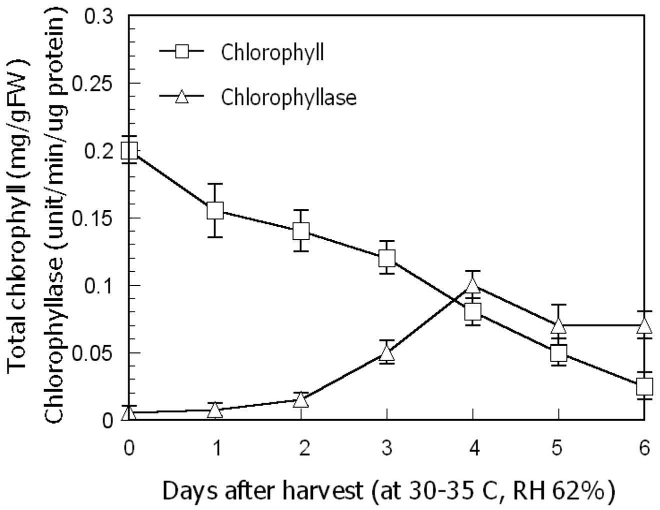


Figure 3 Chlorophyll and chlorophyllase activity of balsam pear fruit after harvest.

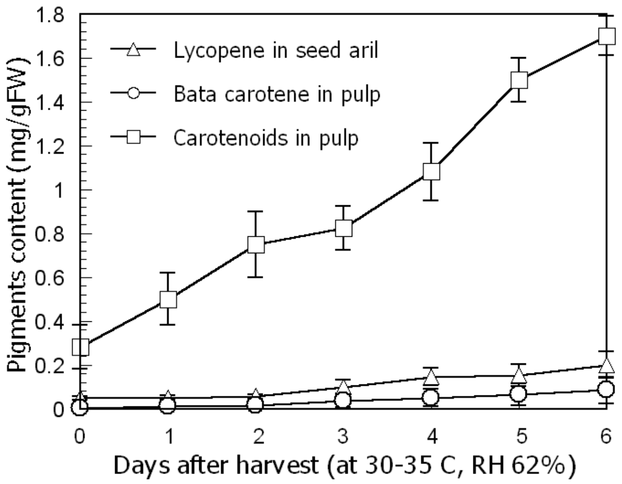


Figure 4 Carotenoids, lycopene and β-carotene of balsam pear fruit after harvest.

อิทธิพลของการสูญเสียน้ำต่อการเกิดสีน้ำตาลในหน่อไม้หวาน (*Dendrocalamus asper* Backer) ที่เก็บเกี่ยวแล้ว
Influence of Water Loss on Browning in Harvested Sweet Bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer) Shoot

สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] วีรพล ชวศิริกุลชล[1] เกษม สุวรรณ์นัง[1] และ อุทร ดีเลือก[1]
Noichinda, S.[1] Bodhipadma, K.[1] Chawasirikunton, W.[1] Suwannang, K.[1] and Deelueak, U.[1]

Abstract

The aim of this experiment was to reduce water loss in harvested sweet bamboo shoot. Sweet bamboo shoots were harvested at the commercial stage, weight and separated into 2 groups. The first group was placed into plastic basket with 68% RH whereas the second group was placed into glass jar with 90% RH. Glass jars were left at room temperature for 6 days. The percentage of weight loss greatly reduced when bamboo shoots were stored at 90% RH for a week. Weight loss caused browning in bamboo shoot storing at 68% RH for 4 days. It was also found that phenol content highly increased in accompany with phenylalanine ammonia lyase (PPO) activity on day 2 of storage. Hence, low RH level of storage condition enhanced water loss and induced the biosynthesis of phenol substrate for PPO in sweet bamboo shoot as well.
Keywords: sweet bamboo shoot, browning, PPO

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ในการลดการสูญเสียน้ำของหน่อไม้หวานที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว โดยเก็บเกี่ยวหน่อไม้หวานในระยะการค้า ชั่งน้ำหนักแล้วแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกใส่ในตะกร้าพลาสติกที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 68% ในขณะที่กลุ่มสองใส่ในโหลแก้วที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 90% ตั้งโหลแก้วไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักจะลดลงอย่างมากเมื่อเก็บหน่อไม้ไว้ประมาณหนึ่งสัปดาห์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90% การสูญเสียน้ำหนักส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลในหน่อไม้ที่เก็บรักษาไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 68% เป็นเวลา 4 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฟีนอลเพิ่มขึ้นอย่างมากควบคู่ไปกับกิจกรรมของของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PPO) ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ดังนั้นการเก็บรักษาหน่อไม้หวานในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่ำส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียน้ำและยังชักนำให้เกิดการสังเคราะห์สารฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับเอนไซม์ PPO ในหน่อไม้หวาน
คำสำคัญ: หน่อไม้หวาน การเกิดสีน้ำตาล พอลิฟีนอลออกซิเดส

Introduction

In tropical region, young bamboo shoots are consumed as a vegetable. This shoot develops from underground rhizomes during the rainy season. This young shoot composed of growing tissue which rapidly elongated overnight (Visuphaka, 1985). Young bamboo shoots are rich of carbohydrate including soluble sugar and rough fiber. In unsuitable postharvest handling, the fiber formation quickly started from the cutting end to the top shoot and discoloration occurred subsequently (Chaozong, 1985; Chen et al., 1989). There were many enzymes involving in the biosynthesis of lignin. Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) catalyzed the elimination of ammonia ions from L-phenylalanine to confer tran-cinnamic acid. Generally, PAL acts as a switching enzyme in diverting phenylalanine from the general pool of amino acid to the biosynthesis of phenylpropanoid compounds (Camm and Towers, 1973; Hahlbrock and Grisebach, 1979). Peroxidase was also found to promote phenolic alcohol polymerization (Haard et al., 1974; Sharma et al., 1975). Phenylalanine ammonia lyase (PAL) and peroxidase (POD) were believed to participate in the initial and final step of lignin

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพ 10800
[1] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

and fiber biosynthesis, respectively (Rubery and Northcote, 1968). Moreover, browning reaction occurred in many fruits when the tissue was injured. This reaction was due to the conversion of phenolic compounds to quinones by polyphenol oxidase (PPO) in presenting of oxygen (Flurkey and Jen, 1978). Normally, bamboo shoots are harvested at day time and supplied to the market at nigh time. It takes one more day cycle from harvesting to consumer. However, bamboo shoot quality such as firmness, sweetness was rather reduced and browning also developed. Hence, in this study, we aimed to determine the factors (%RH and temperature) effecting browning development in harvested sweet bamboo.

Materials and Methods

Sweet bamboo (*Dendrocalamus asper*) shoots cv. Pai-tong from Prachin Buri province was used in this study. Young shoots, 5 days after protruding over the ground, were harvested and transported to the laboratory by car within 6 hours. Uniformity of bamboo shoots was weight and soaked at the cutting-end site in 20 ppm Carbendazim® solution for 5 min. The treated shoots were divided into two groups by hand: the first group was placed into plastic basket, then kept at 68% RH, the second group was placed into sealed glass jar with modified relative humidity (90%) using glycerin: water (90:10) solution throughout the experiment. After that, both groups were stored at room temperature (28-32°C). The correlation between time after harvest and browning development was investigated every two days. Percentage of weight loss was calculated from [(F.W. before storage - F.W. after storage) / F.W. before storage] X 100. Degree of browning was measured as browning intensity using spectrophotometer according to Coseteng and Lee (1987) at 440 nm. Phenol content was measured by spectrophotometer at 760 nm (Singleton and Rossi Jr., 1965). PPO activity was extracted and assayed according to method of Luh and Phitakpol (1972). Protein was measured according to Bradford (1976). Descriptive statistical analysis was performed after all data had been obtained.

Results and Discussions**

Browning development of fresh sweet bamboo shoots were kept in the plastic baskets (68% RH) or glass jars (90% RH) and left at room temperature (28-30°C) was monitored. It was found that bamboo shoots kept at low RH lost their weight rapidly from day 0 to day 4 of storage which was twenty times higher than those kept at high RH (Figure 1). Browning development was measured as browning intensity (BI) using absorbance at 440 nm and this BI value of bamboo shoots kept at low RH slightly increased from the beginning until day 4 and then increased rapidly thereafter while BI value of bamboo shoots kept at high RH noticeably increased from day 4 (Figure 2). Phenolics of bamboo shoots slightly increased from day 2 to day 6 during storage at lower RH while those kept at high RH rapidly increased from day 2 until the end of storage (Figure 3). Polyphenol oxidase (PPO) activity of bamboo shoots kept in both conditions had the same tendency of changes (Figure 4). PPO activity remarkably increased from day 0 and then obviously decreased on day 2 of study period. Normally, young bamboo shoot continuously has high metabolic processes because this part contains a large number of the rapid growth tissues. From our results, it was evidently showed that the common harvesting method (using knife cutting at the damping part) was inappropriate since the shoot quality of fresh sweet bamboo quickly deteriorated by the effect of water loss and wounded stresses after harvest.

Literature cited

Bradford, M.N., 1976, A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dry binding, Analytical Biochemistry, 72: 248-254.

Camm, E.L. and Towers, G.H., 1973, Review article: phenylalanine ammonia-lyase, Phytochemistry, 12: 916-973.

Chaozong, H., 1985, The changes in nutrient composition of bamboo shoots at different ages, In A.N. Rao, G. Dhanajan and C.B. Sastry (eds.), Recent Research on Bamboos. Proc. of the Inter. Bamboo Workshop, October 6-14, 1985, Hangzhou, People's Republic of China, pp. 304-308.

Chen, R.Y., Liu, M.S., Chang, T.C. and Tsai, M.J., 1989, Postharvest handling and storage of bamboo shoots (*Bambusa oldhami* Munro), Acta Horticulturae, 258: 309-316.

Coseteng, M.Y. and Lee, C.Y., 1987, Change in polyphenol oxidase and polyphenol concentration in relation to degree of browning, Journal of Food Science, 52: 985-989.

Flurkey, W.H. and Jen, J.J., 1978, Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches, Journal of Food Science, 43: 1826-1831.

Haard, N.F., Sharma, S.C., Walfe, R. and Frenkel, C. 1974, Ethylene induced iso-peroxidase changes during fiber formation in postharvest asparagus, Journal of Food Science, 39:452-456.

Hahlbrock, K. and Grisebach, H., 1979, Enzymics controls in the biosynthesis of lignin and flavonoids, Annual Review of Plant Physiology, 30: 105-130.

Luh, B.S. and Phitakpol, B., 1972, Characteristics of polyphenol oxidase related to browning in cling peaches, Journal of Food Science, 43: 1826-1828, 1831.

Rubery, P.H. and Northcote, D.H., 1968, Site of phenylalanine ammonia-lyase activity and synthesis of lignin during xylem differentiation, Nature, 219: 1230-1234.

Sharma, S.C., Wolfe, R.R. and Wang, S.S., 1975, Kinetic analysis of postharvest texture changes in asparagus, Journal of Food Science, 40: 1147-1151.

Singleton V.L. and Rossi Jr., J.A., 1965, Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphatungstic acid reagents, Amer. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-157.

Visuphaka, K., 1985, The role of bamboo as a potential food source in Thailand, In A.N. Rao, G. Dhanajan and C.B. Sastry (eds.), Recent Research on Bamboos. Proc. of the Inter. Bamboo Workshop, October 6-14, 1985, Hangzhou, People's Republic of China, pp. 301-303.

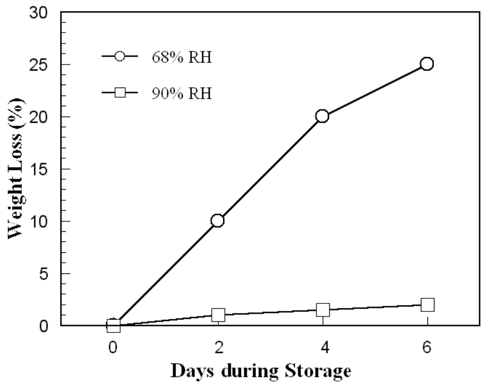


Figure 1 Weight loss of sweet bamboo shoot during storage under 68 and 90% RH at 28-32°C.

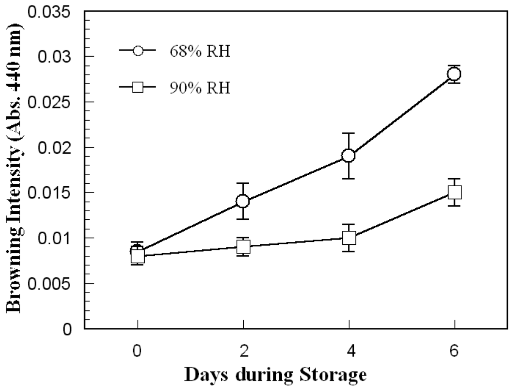


Figure 2 Browning development in sweet bamboo shoot during storage under 68 and 90% RH at 28-32°C.

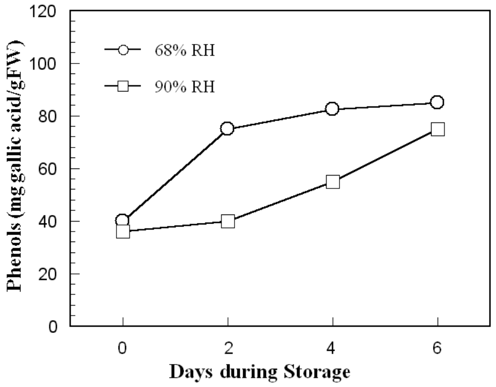


Figure 3 Phenol content in sweet bamboo shoot during storage under 68 and 90% RH at 28-32°C.

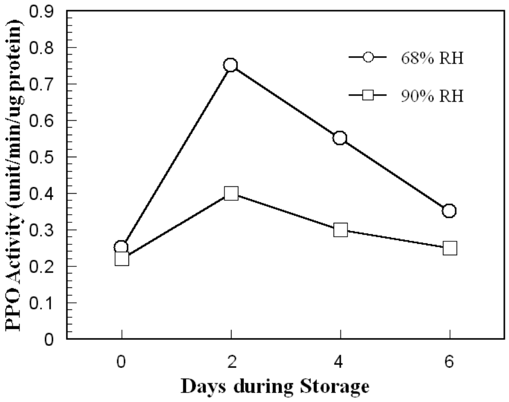


Figure 4 PPO activity of sweet bamboo shoot during storage under 68 and 90% RH at 28-32°C.

การใช้ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์เป็นเชื้อปลูกเพื่อส่งเสริมการเจริญของพริก (*Capsicum frutescens*) และการศึกษาผลกระทบต่อสังคมจุลินทรีย์ดิน

Usage of immobilized *Ensifer* sp. strain 2LP12 as an inoculant to enhance the growth of chili (*Capsicum frutescens*) and investigation of its effect on soil bacterial community

พงศ์ระวี นิ่มน้อย[1] พรชนก สุขธรรม[1] และ นีลวรรณ พงศ์ศิลป์[2]

Nimnoi P.[1], Suktham, P.[1] and Pongsilp, P.[2]

Abstract

This study was conducted to determine the efficiency of using *Ensifer* sp. strain 2LP12 immobilized within agar to promote the growth of chili (*Capsicum frutescens*) compared with the addition of indole-acetic-acid (IAA) at a concentration of 20 mg/kg of soil during 30 days of planting. Usage of *Ensifer* sp. strain 2LP12 increased plant dry weight up to 146.15% compared with those of the uninoculated controls. Inoculation of the strain promoted plant growth by increasing shoot and root length at 49.12 and 33.95% more than the uninoculated control. It was found that N, P, K, Ca and Mg in chili inoculated with the strain were the highest of 18.61, 7.11, 54.41, 41.14 and 29.64%, respectively. Moreover, denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) was employed to investigate the effect of the strain on soil bacterial community. Results indicated that inoculation of the strain did not affect soil bacterial community.

Keywords: chili, *Ensifer*, plant growth promotion, DGGE

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพของการใช้เชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์ด้วยเอการ์ในการส่งเสริมการเจริญของต้นพริก (*Capsicum frutescens*) โดยเปรียบเทียบกับการเติมกรดอินโดลแอซิติก (IAA) เข้มข้น 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดิน ตั้งแต่ระยะงอกจนถึง 30 วันของการปลูก ผลการทดลองพบว่าการปลูกเชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ส่งผลให้ต้นพริกมีน้ำหนักแห้งเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 146.15 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ และพริกมีความสูงของลำต้นและรากมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อร้อยละ 49.12 และ 33.95 และพบว่าต้นพริกที่มีการปลูกเชื้อมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.61 7.11 54.41 41.14 และ 29.64 ตามลำดับ จากการใช้เทคนิค denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) ศึกษาผลกระทบของเชื้อต่อสังคมแบคทีเรียในดินพบว่าการปลูกเชื้อไม่ส่งผลกระทบต่อสังคมแบคทีเรียในดิน

คำสำคัญ: พริก *Ensifer* การส่งเสริมการเจริญของพืช DGGE

คำนำ

พริกจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและเพาะปลูกในทุกภาคของประเทศ ทั้งปลูกเพื่อเป็นพืชสวนครัวและปลูกเพื่อจำหน่ายภายในประเทศและส่งออก ผลิตภัณฑ์ของพริกมีทั้งพริกสด พริกแห้งและพริกแปรรูป อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังคงต้องนำเข้าพริกจากต่างประเทศเนื่องจากในแต่ละปีมีปริมาณผลผลิตที่ไม่เพียงพอ จากรายงานของกระทรวงพาณิชย์พบว่าปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาขาดดุลการค้าในการนำเข้าพริก ฉะนั้นการพัฒนาวิธีการเพาะปลูกหรือวิธีการที่สามารถส่งเสริมให้พริกมีการเจริญที่ดีและให้ปริมาณผลผลิตมากขึ้นจัดเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องเร่งศึกษาวิจัยและเผยแพร่สู่เกษตรกรผู้เพาะปลูก อนึ่งในปัจจุบันการเพาะปลูกแบบชีววิธีกำลังเป็นที่นิยมทั้งจากเกษตรกรเพราะสามารถจำหน่ายผลผลิตได้ในราคาสูงและผู้บริโภคมีความมั่นใจในคุณภาพของผลผลิตจากการเพาะปลูกแบบชีววิธี ทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค การเพาะปลูกแบบชีววิธีนั้นนิยมใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคหรือใช้จุลินทรีย์เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต

[1]โครงการจัดตั้งสายวิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1]Department of Microbiology, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ ต.สนามจันทร์ อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
[2]Department of Microbiology, Faculty of Science, Silpakorn University-Sanam Chandra Palace Campus, Nakhon Pathom 73000

ของพืช ซึ่งมักเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เรียกว่า Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) แบคทีเรียกลุ่มนี้จะช่วยละลายธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ได้ (Nimnoi และคณะ, 2010) ช่วยดูดซับแร่ธาตุอาหารหรือสร้างสารประกอบกระตุ้นการเจริญของพืช (Nimnoi และคณะ, 2014) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถใช้เสริมหรือทดแทนการใช้สารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การใช้ PGPB เป็นเชื้อปลูกลงในดินมักประสบปัญหาการตายของเชื้อเพราะเชื้อไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้เนื่องจากสภาวะไม่เอื้อต่อการเจริญ (Nimnoi และคณะ, 2017) การตรึงเซลล์ด้วยเอการ์สามารถช่วยให้แบคทีเรียเจริญได้ดีและผลิตสารต่าง ๆ ได้มากในถังหมักรวมถึงในดิน (Martins และคณะ, 2013; Nimnoi และคณะ, 2017) งานวิจัยนี้จึงได้ทดลองใช้เอการ์มาเป็นวัสดุตรึงเซลล์แบคทีเรียและประเมินประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญของพริก ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยคาดหวังว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือเผยแพร่แก่ผู้ที่สนใจเพื่อส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืนได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อ การตรึงเซลล์แบคทีเรียและการปลูกพืชทดสอบในโรงเรือน

นำเชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 (Accession Number: KU866428) ไปเพิ่มจำนวนในอาหาร Yeast Mannitol Broth (YMB) บ่มในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นปั่นตกตะกอนเซลล์และปรับจำนวนเซลล์ให้ได้จำนวน 10^9 เซลล์/มิลลิลิตร ดังวิธีการของ Nimnoi และคณะ (2017) จากนั้นนำไปผสมกับเอการ์เหลวปลอดเชื้อความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 40 มิลลิลิตรและเทลงในจานอาหารปลอดเชื้อ จากนั้นทิ้งไว้ให้แข็งตัวและตัดให้เป็นชิ้นขนาด 4 ลูกบาศก์มิลลิเมตร (Nimnoi และคณะ, 2017) นำเมล็ดพริก (*Capsicum frutescens*) ล้างน้ำและถ่ายลงใน H_2O_2 ความเข้มข้นร้อยละ 3 เพื่อฆ่าเชื้อที่ผิวเมล็ดตามวิธีการของ Somasegaran และ Hoben (1994) จากนั้นนำไปปลูกในกระถางขนาด 25x25x30 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) ปลูก 1 ต้นต่อ 1 กระถาง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดดังต่อไปนี้ (A1) ปลูกต้นพริกลงในกระถางโดยไม่มีการเติมเชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12; (A2) ปลูกต้นพริกลงในกระถางที่มีการเติมเชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์ปริมาณ 10^9 เซลล์/กิโลกรัมดิน*; (A3) ปลูกต้นพริกลงในกระถางที่มีการเติมกรดอินโดลแอซิติก (IAA) เข้มข้น 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดิน วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ทำการทดลองชุดการทดลองละ 10 ซ้ำ ควบคุมดูแลในเรือนที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส รดน้ำเฉลี่ย 1.5 มิลลิเมตร/วัน* เป็นระยะเวลา 30 วัน

การวิเคราะห์การเจริญ ธาตุอาหารในพืชและผลกระทบต่อสังคมแบคทีเรียในดิน

นำต้นพริกอายุ 30 วันหลังปลูกมาวัดความยาวรากและลำต้น จากนั้นทำการล้างและอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสตามวิธีการของ Nimnoi และ Pongsilp (2009) เพื่อประเมินน้ำหนักแห้ง และทำการบดละเอียดตัวอย่างแห้งจากนั้นวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (Nimnoi และคณะ 2014) และนำดินที่ได้จากชุดการทดลองที่ A1-A3 มาสกัด DNA โดยใช้ชุด PowerSoil™ DNA Isolation Kit (MoBio, CA) จากนั้นนำ DNA ที่สกัดได้มาทำ PCR เพื่อเพิ่มปริมาณยีน 16S rDNA โดยใช้ไพรเมอร์ F341 ที่ติดฉลากด้วย GC-clamp คู่กับไพรเมอร์ U758 โดยใช้สภาวะในการทำ PCR ดังอธิบายใน Nimnoi และคณะ (2011) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก PCR มาทำการแยกชนิดของ DNA ที่มีลำดับเบสแตกต่างกันใน DGGE เจลความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยใช้ BioRad DCode™ Universal Mutation Detection System (Bio-Rad, CA) ทั้งนี้เตรียมช่วงความเข้มข้นของยูเรียและ formamide ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20-50 ตามวิธีการของ Nimnoi และคณะ (2017) และแยก DNA ด้วยเครื่อง Electrophoresis ที่กำลังไฟ 130 โวลต์เป็นเวลา 6 ชั่วโมงและย้อมสี DNA ด้วย GelStar® Nucleic Acid Gel Stain (Cambrex Bio Science, ME) และเปรียบเทียบรูปแบบลายพิมพ์ DNA ในแต่ละตัวอย่างด้วยโปรแกรม TL101 1D analysis (Totallab, Germany) และวิเคราะห์แบบสกัดปัจจัยเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มประชากรแบคทีเรียในดินอันเป็นผลกระทบจากเชื้อที่ใส่เพิ่มในดิน (Nimnoi และคณะ, 2017)

ผลและวิจารณ์ผล

จากการทดลองพบว่าการใช้เชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์ด้วยเอการ์สามารถส่งเสริมการเจริญของพริกได้ โดยเมื่อประเมินจากน้ำหนักแห้ง ความยาวลำต้นและราก (Table 1) พบว่าการปลูกเชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์ (A2) จะให้น้ำหนักแห้ง ความยาวลำต้นและรากสูงที่สุดซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการทดลองที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (A1) และเมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้เชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์กับการเติม IAA เข้มข้น 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดิน (A3) พบว่าการใช้เชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ส่งผลให้พริกเจริญได้ดีมีน้ำหนักแห้ง ความยาวลำต้นและรากมากกว่าการใช้ IAA อย่างไม่มีนัยสำคัญ นอกจากนั้นเมื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ในต้นพริกยังพบว่าพริกที่มีการปลูกเชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม

เพิ่มขึ้นร้อยละ 18.61 7.11 54.41 41.14 และ 29.64 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ โดยการใช้เชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์ด้วยเอการ์จะส่งผลให้พริกมีปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่ได้ปลูกเชื้อและการเติม IAA ทั้งนี้ Nimnoi และ Pongsilp (2009) ทดสอบการใช้แบคทีเรียในการส่งเสริมการเจริญของ *Raphanus sativus* และ *Brassica oleracea* ซึ่งพบว่าแบคทีเรียดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเจริญของพืชทั้ง 2 ชนิดได้มากกว่า 5 เท่าเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้มีการปลูกเชื้อ Nimnoi และคณะ (2014) ยังประสบความสำเร็จในการใช้เชื้อแบคทีเรียแอคติโนมัยซีเป็นเชื้อปลูกร่วมกับ *Bradyrhizobium japonicum* เพื่อส่งเสริมการเจริญของ *Glycine max* โดยการปลูกเชื้อส่งเสริมให้รากและลำต้นเจริญได้ดีอย่างมีนัยสำคัญและส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารในพืชสูงขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลจากความสามารถของเชื้อในการผลิตเอนไซม์และสารทุติยภูมิต่าง ๆ เช่น ฟอสฟาเทส แอมโมเนีย ออกซินและไซเดอร์โรฟอร์ ออกมาย่อยสลายสารอาหารในดินทำให้พืชดูดซับได้ดีขึ้นหรือส่งเสริมให้พืชมีการเจริญได้ดีขึ้นโดยตรง (Nimnoi และคณะ, 2010; 2014)

การวิเคราะห์ผลกระทบจากการปลูกเชื้อต่อการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรแบคทีเรียในดินจะประเมินจากลักษณะลายพิมพ์ DNA ที่เหมือนและแตกต่างกันของแต่ละชุดการทดลองจาก DGGE เจล โดยทำการทดลองชุดทดลองละ 2 ซ้ำ จากการทดลองพบว่าประชากรแบคทีเรียในดินแต่ละชุดการทดลองมีรูปแบบคล้ายกันที่ระดับมากกว่า 7.50 มีการกระจายตัวของสาย dendrogram แบบไม่จำเพาะ (Figure 1A) และไม่พบลักษณะลายพิมพ์ DNA ที่จำเพาะระหว่างชุดการทดลองที่ปลูกเชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์ (A2) และไม่ได้ปลูกเชื้อ (A1 และ A3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกเชื้อไม่ส่งผลกระทบต่อสังคมแบคทีเรียในดิน ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ลายพิมพ์ DNA ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์ค่าทางสถิติแบบการจำแนกกลุ่มตัวแปรและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจด้วยวิธีการสกัดปัจจัยแบบ PCA (Figure 1B) โดยผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวที่แยกจากกันแบบไม่จำเพาะในแต่ละชุดการทดลอง Piromyou และคณะ (2011) พบว่าการปลูกเชื้อไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อสังคมจุลินทรีย์ดิน องค์ประกอบทางเคมีของดิน ชนิดและช่วงอายุของพืชรวมถึงฤดูกาลจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์ดิน (Costacurta และคณะ, 2006; Nimnoi และคณะ, 2011)

สรุป

การใช้เชื้อ *Ensifer* sp. สายพันธุ์ 2LP12 ในรูปตรึงเซลล์ด้วยเอการ์สามารถส่งเสริมการเจริญของต้นพริกได้ โดยส่งผลให้พริกมีน้ำหนักแห้ง ความยาวลำต้นและรากรวมถึงปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้นและการปลูกเชื้อดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อสังคมแบคทีเรียในดิน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ ผศ. ดร.พงศ์ระวี นิ่มน้อย ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

Costacurta, A., Mazzafera, P. and Rosato, Y.B., 2006, Indole-3-acetic acid biosynthesis by *Xanthomonas axonopodis* cv. Citri is increased in the presence of plant leaf extracts, FEMS Microbiology Letter, 159: 215-220.

Martins, S.C.S., Martins, C.M., Fiúza, L.M.C.G. and Santaella, S.T., 2013, Immobilization of microbial cells: a promising tool for treatment of toxic pollutants in industrial wastewater, African Journal Biotechnology, 12: 4412-4418.

Nimnoi, P. and Pongsilp, N., 2009, Genetic diversity and plant growth promoting ability of the indole-3-acetic acid (IAA) synthetic bacteria isolated from agricultural soil as well as rhizosphere, rhizoplane and root of *Ficus religiosa* L., *Leucaena leucocephala* and *Piper sarmentosum* Roxb, Research Journal of Agricultural and Biological Science, 5: 29-41.

Nimnoi, P., Pongsilp, N. and Lumyong, S., 2010, Endophytic actinomycetes isolated from *Aquiliaria crassna* Pierre ex Lec and screening of plant growth promoters production, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26: 193-203.

Nimnoi, P., Pongsilp, N. and Lumyong, S., 2011, Actinobacterial community and diversity in rhizosphere soils of *Aquilaria crassna* Pierre ex Lec assessed by RT-PCR and PCR-DGGE, Biochemical Systematics and Ecology, 39: 509-519.

Nimnoi, P., Pongsilp, N. and Lumyong, S., 2014, Coinoculation of soybean (*Glycine max*) with *Actinomycetes* and *Bradyrhizobium japonicum* enhances plant growth, nitrogenase activity and plant nutrition, Plant Nutrition, 37: 432-446.

Nimnoi, P., Pongsilp, N. and Lumyong, S., 2017, The establishment and activity of bacterial inoculant immobilized in agar compared with those of alginate and perlite after being introduced into soil, Chiang Mai Journal of Science, 44: 751-767.

Piromyou, P., Buranabanyat, B., Tantasawat, P., Tittabutr, P., Boonkerd, N. and Teaumroong, N., 2011, Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand, European Journal of Soil Biology, 47: 44-54.

Somasegaran, P. and Hoben, H.J., 1994, Handbook for rhizobia: methods in legume *Rhizobium* technology, NIFTAL Project, University of Hawaii, Academic Publishers, Hawaii.

Table 1 Determination of plant growth and quantities of elements in chili.

Plant analysis	Treatment A1*	Treatment A2	Treatment A3
Dry weight (g)	0.26±0.03^{a}**	0.64±0.11^{b}	0.52±0.06^{b}
Shoot length (cm)	14.25±1.24^{a}	21.25±1.70^{b}	19.20±1.08^{b}
Root length (cm)	17.17±1.25^{a}	23.00±1.69^{b}	22.86±2.12^{b}
Total nitrogen (%)	1.88±0.08^{a}	2.23±0.22^{a}	2.22±0.25^{a}
Total phosphorus (mg/kg)	2,861.33±249.35^{a}	3,065.00±73.97^{a}	3,172.33±176.64^{a}
Total potassium (%)	2.15±0.21^{a}	3.32±0.35^{b}	3.22±0.29^{b}
Total calcium (mg/kg)	4,606.00±207.63^{a}	6,501.33±405.12^{b}	6,451.00±160.12^{b}
Total magnesium (mg/kg)	4,230.33±278.41^{a}	5,484.33±278.02^{b}	4,566.00±190.18^{a}

*Average ± SD (n=10)

**Different letters in the same row represent significant differences among treatments (Tukey's test, $P< 0.05$).

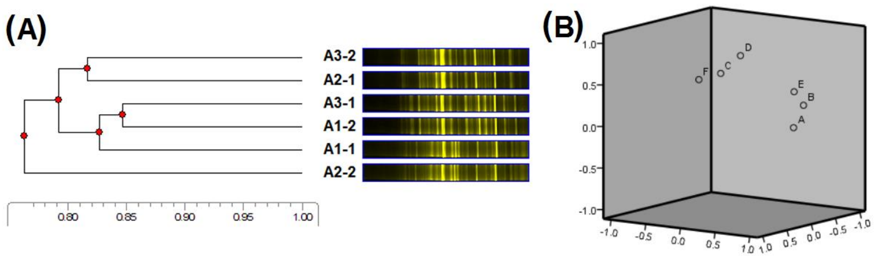


Figure 1 Dendrogram (A) and PCA analysis (B) derived from DNA-based DGGE fingerprints of soils of 3 treatments A1-1 and A, replicate 1 of treatment A1; A1-2 and B replicate 2 of treatment A1; A2-1 and C, replicate 1 of treatment A2; A2-2 and D replicate 2 of treatment A2; A3-1 and E, replicate 1 of treatment A3; A3-2 and F replicate 2 of treatment A3.

การแยกและคัดเลือกไรโซเบียมเพื่อประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการเจริญของถั่วเขียว
Isolation and Selection of *Rhizobium* for Application and Promote Growth of Green Mungbean

สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง[1] และ อนุสรา กำสม[1]
Mareukarajtinplaeng, S.[1] and Kasom, A.[1]

Abstract

This research aimed to isolate and select *Rhizobium* sp. from soil in Phranakhon Si Ayutthaya province for application in the promotion of green mungbean growth. The results was found that the total of 35 isolates were slow grower. The growth in medium with the NaCl showed that the 3 isolates (AK003, AK009, AK018) could not grow in medium with NaCl while 4 isolates (AK001, AK008, AK016, AK024) can be grown in a medium with high concentration of NaCl. Nitrogen fixation was tested by root nodule formation in green mungbean (10 isolates) namely of AK003, AK009, AK010, AK015, AK017, AK024, AK027, AK028, AK030 and AK031 produced root nodules. Two of the 10 isolates, AK024 and AK027, can produce the most of the root nodules. From these results, AK024 is the most suitable for further development to be a component of organic biofertilizer in the field

Keywords: green mungbean, rhizobium, root nodule, organic biofertilizer

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกและคัดเลือกไรโซเบียมจากดินในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการเจริญของถั่วเขียว ผลการวิจัยพบว่า เชื้อที่แยกได้ทั้ง 35 ไอโซเลต เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เจริญเติบโตช้า และจากการทดสอบการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของ NaCl ต่างกัน พบว่ามี 3 ไอโซเลต คือ AK003, AK009 และ AK018 ไม่สามารถเจริญในอาหารที่มี NaCl ในขณะที่มี 4 ไอโซเลต ได้แก่ AK001, AK008, AK016 และ AK024 สามารถเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของ NaCl สูงได้ ส่วนประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนที่ทดสอบ โดยสังเกตจากความสามารถในการสร้างปมรากถั่วเขียว พบว่ามี 10 ไอโซเลต คือ AK003, AK009, AK010, AK015, AK017, AK024, AK027, AK028, AK030 และ AK031 ทำให้ถั่วเขียวสามารถสร้างปมได้ ซึ่งในจำนวนนี้มีเพียง 2 ไอโซเลต คือ AK024 และ AK027 ที่ทำให้ถั่วเขียวสร้างปมรากได้มากที่สุด ดังนั้นไอโซเลต AK024 จึงเหมาะสมที่จะพัฒนาให้เป็นส่วนผสมในปุ๋ยชีวภาพต่อไป

คำสำคัญ: ถั่วเขียว ไรโซเบียม ปมราก ปุ๋ยชีวภาพ

คำนำ

ถั่วเขียวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ผลผลิตที่ได้นอกจากจะใช้ภายในประเทศแล้วยังส่งเป็นสินค้าออก ไปยังประเทศต่างๆ เช่น สหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ เป็นต้น ซึ่งมีแนวโน้มการส่งออกสูงขึ้น การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียวสามารถใช้ได้ทั้งทางตรงและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น แป้งถั่วเขียว ถั่วงอก วุ้นเส้น (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2553)เกษตรกรนิยมปลูกถั่วเขียวเป็นพืชหมุนเวียนกับพืชหลัก นอกจากจะสามารถเพิ่มรายได้แล้วยังเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนให้สูงขึ้น

ไรโซเบียมเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน เมื่ออาศัยอยู่ร่วมกับรากพืชวงศ์ถั่วจะเรียกว่าแบคทีรอยด์ โดยอาศัยอยู่ในส่วนของปมราก สามารถเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้พืชวงศ์ถั่วได้ด้วยการตรึงไนโตรเจนอิสระจากอากาศโดยผ่านกระบวนการทำงานของเอนไซม์ไนโตรจีเนส (Somasegaran และ Hoben, 1994) ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมกับพืชวงศ์ถั่วจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายด้าน ทั้งด้านความจำเพาะของไรโซเบียมกับพันธ์ถั่ว (Alexander, 1977) ด้านสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ความเป็นกรด ด่าง ความเค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในดิน เป็นต้น (Rao และ Sharma, 1995) ปัจจุบันการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อตรึงไนโตรเจน (Biological Nitrogen Fixation) มีอย่างแพร่หลาย และมีแนวโน้มที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เพื่อส่งเสริมการเจริญของพืชวงศ์ถั่ว ที่มีการศึกษามาอย่างยาวนานและใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (สมศักดิ์, 2528;

[1] สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา 13000.
[1] Division of Microbiology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000.

นันทกร, 2529; หนึ่ง, 2554) เพราะนอกจากจะช่วยเพิ่มผลผลิตแล้ว การใช้ปุ๋ยชีวภาพไนโตรเจนยังไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินและต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งยังช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตเนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ดังที่กล่าวแล้วว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมกับพืชวงศ์ถั่วมีหลายปัจจัย แต่ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบมาก คือ ปัจจัยด้านความเค็มของดิน เพราะความเค็มนอกจะส่งผลยับยั้งการสร้างปมแล้วยังส่งผลกระทบต่อการเจริญของพืชด้วย (Bolanos และคณะ, 2003) ดังนั้นการแยกและคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมที่สามารถทนทานต่อความเค็มได้(สุจิตกัลยา, 2557) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้หากในระดับห้องปฏิบัติการสามารถคัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงและทนต่อระดับความเค็มสูงๆ ได้ ก็จะนำไปสู่การได้เชื้อที่มีสมบัติดีที่สามารถนำไปผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพไนโตรเจนที่สามารถใช้ในสภาพดินเค็มได้ ต่อไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อเกษตรกรที่มีพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกพืชวงศ์ถั่วที่มีสภาพดินเค็มได้อย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

การแยกไรโซเบียมถั่วเขียว ทำโดยนำดินที่เก็บมาจากอำเภอมหาราช จ. พระนครศรีอยุธยา มาใช้ในการแยกเชื้อไรโซเบียมโดยวิธีพืชดักจับ ด้วยการใส่ดินลงในกระถางที่อบฆ่าเชื้อแล้วกระถางละ 5 กิโลกรัม นำเมล็ดถั่วเขียวที่เพาะให้รากงอกแล้วปลูกลงในกระถางๆ ละ 5 เมล็ด รดด้วยสารอาหารสำหรับเลี้ยงถั่วเขียวที่ไม่มีธาตุไนโตรเจน (Nitrogen free medium) (Somasegaran และ Hoben, 1994) พีเอช 6.8 นาน 3 สัปดาห์ แล้วเก็บส่วนปมมาแยกเชื้อ โดยนำปมมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำหลายๆ ครั้ง จากนั้นแช่ด้วย 95% แอลกอฮอล์ นาน 1 นาที แล้วแช่ด้วย 5% คลอร็อกซ์ นาน 3 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 7 ครั้ง นำปมมาผ่าด้วยมีดปลอดเชื้อแล้วใช้ลูปแตะบริเวณที่มีสีชมพูมาขีด (streak) บนอาหารแข็ง YMA (Yeast extract mannital agar) ที่มีคองโก เรด (congo red) เข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร เป็นอินดิเคเตอร์ (Somasegaran และ Hoben, 1994) บ่มจานอาหารที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อมีแบคทีเรียเจริญให้นำมาขีดบนจานอาหาร YMA ใหม่จนกระทั่งได้เชื้อที่บริสุทธิ์ แล้วจึงเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์ในหลอดอาหารเอียง YMA เมื่อเชื้อเจริญเต็มที่แล้วให้เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บเชื้อไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป การศึกษาความสามารถในการเจริญและการสร้างกรดของเชื้อที่แยกได้ ทำโดยการกระตุ้น (activate) เชื้อที่จะศึกษาด้วยการขีดเชื้อลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหารแข็งสูตร YM ที่เติม Bromthymol blue เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน ศึกษาลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ รวมทั้งสังเกต การปรากฏโคโลนีของเชื้อ เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หากเชื้อเจริญให้เห็นโคโลนีภายใน 24 ชั่วโมง จะจัดว่าเป็นพวกเจริญเพิ่มจำนวนเร็ว แต่หากเชื้อใช้เวลาในการเจริญให้เห็นโคโลนีนานมากกว่า 24 ชั่วโมง จะจัดว่าเป็นพวกเจริญเพิ่มจำนวนช้า ด้านการเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ หากอาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแสดงว่าเชื้อทดสอบหลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด หากอาหารเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแสดงว่าเชื้อทดสอบหลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง การทดสอบความสามารถในการเจริญในอาหารที่มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกัน ซึ่งดัดแปลงวิธีการจากงานวิจัยของ Patil (2014) ทำโดยการกระตุ้น (activate) เชื้อที่จะศึกษาโดยการขีดเชื้อลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร YMA ที่มี congo red 25 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นถ่ายเชื้อลงในอาหารเหลว YM ที่มีความเข้มข้นของ NaCl 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สังเกตการเจริญของเชื้อในอาหารเหลว โดยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะของอาหารเลี้ยงเชื้อ หากพบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อขุ่นแสดงว่าเชื้อทดสอบสามารถเจริญได้ แต่หากอาหารเลี้ยงเชื้อมีสีใสแสดงว่าเชื้อทดสอบไม่สามารถเจริญได้ การทดสอบความสามารถในการเข้าสร้างปมรากในต้นถั่วเขียว โดยการเลี้ยงเชื้อที่ต้องการทดสอบในอาหารเหลวสูตร YM บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง จากนั้นใส่เชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงบนเมล็ดถั่วเขียวงอกราก ปลูกในโหลเหลียวหนาด (Leonard jar) โดยใช้อาหารที่ไม่มีแหล่งไนโตรเจน (Nitrogen Free Medium) สำหรับในการให้น้ำเพื่อการเจริญของถั่วเขียว เป็นเวลานาน 3 สัปดาห์ จากนั้นนำมานับจำนวนปมรากที่เกิดขึ้น หากชุดทดสอบที่มีจำนวนปมมากแสดงถึงประสิทธิการตรึงไนโตรเจนได้สูง

ผลและวิจารณ์ผล*

ผลการแยกเชื้อไรโซเบียมโดยใช้ถั่วเขียวเป็นพืชดักจับสามารถแยกเชื้อได้ 35 ไอโซเลต เมื่อนำมาทดสอบความสามารถในการเจริญและความสามารถในการหลั่งสารออกนอกเซลล์ของเชื้อ โดยใช้อาหารแข็งสูตร YM ที่เติม Bromthymol blue เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร สามารถจัดกลุ่มเชื้อทั้ง 35 ไอโซเลต ออกได้เป็น 4 กลุ่ม ที่แตกต่างกัน คือ กลุ่มแรก หลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด ดังนั้นเมื่อเจริญในอาหาร จึงเปลี่ยนสีอาหารจากสีเขียวเป็นสีเหลือง มีจำนวน 7 ไอโซเลต เจริญช้า กลุ่มที่สอง ผลิต

สารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ดังนั้นเมื่อเจริญในอาหาร จึงเปลี่ยนสีอาหารจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน มีจำนวน 7 ไอโซเลต เจริญช้า กลุ่มที่ 3 ผลิตสารในช่วงแรกมีฤทธิ์เป็นด่าง แต่เมื่อนานขึ้นจะผลิตสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งจากผลการทดลองเชื้อกลุ่มนี้ช่วง 3-5 วันแรกของการเพาะเชื้อ อาหารเลี้ยงเชื้อจะมีสีน้ำเงิน แต่เมื่อปล่อยให้เชื้อเจริญนานต่อเนื่องไปจนถึง 10 วัน สีของอาหารเลี้ยงเชื้อจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง มีจำนวน 19 ไอโซเลต เจริญช้า ส่วนกลุ่มที่ 4 ผลิตสารในช่วงแรกมีฤทธิ์เป็นกรด แต่เมื่อนานขึ้นจะผลิตสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจากผลการทดลองเชื้อกลุ่มนี้ช่วง 3-5 วันแรกของการเพาะเชื้อ อาหารเลี้ยงเชื้อจะมีสีเหลือง แต่เมื่อปล่อยให้เชื้อเจริญนานต่อเนื่องไปจนถึง 10 วัน สีของอาหารเลี้ยงเชื้อจะเปลี่ยนป็นสีน้ำเงิน มีจำนวน 2 ไอโซเลต เจริญช้า จากผลการทดลองความสามารถในการเจริญและความสามารถในการหลั่งสารออกนอกเซลล์ของเชื้อดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้การแบ่งกลุ่มแตกต่างจากผลงานวิจัยของ Somasegaran และ Hoben (1994) ที่ได้แบ่งกลุ่มไรโซเบียมไว้ เป็นเพียงสองกลุ่มเท่านั้น คือ กลุ่มที่หลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดจัดเป็นพวกเจริญเร็ว และกลุ่มที่หลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง จัดเป็นพวกเจริญช้า สำหรับผลการทดสอบความสามารถในการเจริญในอาหารที่มี NaCl โดยการเพาะเชื้อในอาหารเหลวสูตร YM ที่มีปริมาณ NaCl 0.1 – 2.0 เปอร์เซ็นต์ ดังรายละเอียดใน Table 1 พบว่า เชื้อ 35 ไอโซเลต มี 3 ไอโซเลต ที่ไม่สามารถเจริญได้ในอาหารที่มี NaCl ได้แก่ AK003, AK009 และ AK018 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่สามารถเจริญได้ ในอาหารที่เติม NaCl 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน 16 ไอโซเลตได้แก่ AK010, AK014, AK017, AK019, AK021, AK022, AK023, AK025, AK026, AK028, AK029, AK031, AK032, AK033, AK034 และ AK035 กลุ่มที่ 3 สามารถเจริญในอาหารที่เติม NaCl ที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน 6 ไอโซเลต AK006, AK007, AK012, AK013, AK015 และ AK020 กลุ่มที่ 4 สามารถเจริญในอาหารที่เติม NaCl ที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ได้มีจำนวน 1 ไอโซเลต AK004 กลุ่มที่ 5 สามารถเจริญในอาหารที่เติม NaCl ที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน 5 ไอโซเลต ได้แก่ AK002, AK005, AK011, AK027 และ AK030 และกลุ่มที่ 6 สามารถเจริญในอาหารที่เติม NaCl ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน 4 ไอโซเลต AK001, AK008, AK016 และ AK024 เมื่อนำเชื้อทั้ง 35 ไอโซเลต มาทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่วเขียว โดยวิเคราะห์ผลจากจำนวนปมที่เชื้อเข้าสร้างกับรากถั่วเขียว ได้ผลการทดลอง ดัง Table 2 โดยพบว่ามี 10 ไอโซเลต ที่ไม่สามารถสร้างปมรากถั่วเขียวได้ ส่วนที่เหลือจำนวน 25 ไอโซเลต สามารถสร้างปมรากถั่วเขียวได้ โดยจำนวนปมรากที่สร้างมีจำนวนแตกต่างกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยของปมรากมีตั้งแต่ 1 ปม และสร้างปมรากได้สูงที่สุดจำนวน 16 ปม ทั้งนี้ไอโซเลตที่สร้างปมรากได้สูงที่สุด คือจำนวน 16 ปม มีเพียง 2 ไอโซเลต เท่านั้น คือ AK024 และ AK028 แสดงให้เห็นว่า เชื้อ 2 ไอโซเลต นี้มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่วเขียวได้สูง ภายในสภาพห้องปฏิบัติการ (Predeepa และ Ravindran, 2010) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบความสามารถในการเจริญของเชื้อทั้งสองไอโซเลตนี้ เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตร YM ที่มีการเติม NaCl พบว่า ทั้งสองไอโซเลตสามารถเจริญได้ แต่ พบว่า ไอโซเลต AK024 ทนต่อระดับความเค็มได้สูงกว่า เพราะเจริญได้ในอาหารที่มีระดับความเข้มข้นของ NaCl สูงกว่า ดังนั้น หากจะคัดเลือกเชื้อที่จะนำไปพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพไนโตรเจน ไอโซเลต KA024 จัดว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในสภาพดินเค็มมากที่สุด

สรุปผล

จากการแยกและศึกษาสมบัติเบื้องต้นของไรโซเบียมถั่วเขียว ในงานวิจัยนี้พบว่า สามารถแยกเชื้อได้จำนวน 35 ไอโซเลต เป็นพวกเจริญช้าทั้งหมด เมื่อทดสอบการเจริญในอาหารที่ผสม NaCl มีจำนวน 4 ไอโซเลต ได้แก่ AK001, AK008, AK016, AK024 เจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสม NaCl 2.0% และมีจำนวน 10 ไอโซเลต คือ AK003, AK009, AK010, AK015, AK017, AK024, AK027, AK028, AK030 และ AK031 ที่มีความสามารถในการเข้าสร้างปมกับรากถั่วเขียว ดังนั้นจากสมบัติของเชื้อดังกล่าวข้างต้น ไอโซเลตที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อเพื่อปรับใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพในสภาพดินเค็ม สำหรับการส่งเสริมการปลูกถั่วเขียว คือ ไอโซเลต AK024 เพราะเจริญได้ในอาหารที่มี NaCl 2.0% ได้รวมทั้งสามารถสร้างปมรากกับถั่วเขียวได้จำนวนมากที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนค่าวัสดุ อุปกรณ์และสถานที่ ในการปฏิบัติงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

นันทกร บุญเกิด, 2529, คู่มือการใช้ไรโซเบียม, อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 258 หน้า.
หนึ่ง เตียอำรุง, 2554, แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 252 หน้า.
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552, 200 หน้า.
สมศักดิ์ วังใน, 2541, การตรึงไนโตรเจน: ไรโซเบียม-พืชตระกูลถั่ว, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 252 หน้า.

สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง, 2557, ความหลากหลายของไรโซเบียมในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, วารสารวิจัย มข, 19(5):656-669.

Alexander, M., 1977, Introduction to soil microbiology, 2nd ed., John Wiley and sons, New York and London, 472 p.

Bolanos, L. M., Hamdaoui, E. and Bonilla, I., 2003, Recovery of development and functionally of nodules and plant growth in salt-stressed *Pisum sativum – Rhizobium leguminosarum* symbiosis by boron and calcium, Journal of Plant Physiology, 160:1493-1497.

Somasegaran, P. and H. J. Hoben, 1994, Handbook for Rhizobia:Methods Legume-rhizobium Technology, Springer-Verlag, New York, 340 p.

Predeepa, R.J. and Ravindran, D.A., 2010, Nodule formation, distribution and symbiotic efficacy of *Vigna unguiculata* L. under different soil salinity regimes, Emirates Journal of Food and Agriculture, 22(4):275-284.

Patil, S.M., Patil, D.B., Patil, M.S., Gaikwad, P.V., Bhamburdekar, S.B. and Patil, P.J., 2014, Isolation, characterization and salt tolerance activity of *Rhizobium* sp. From root nodules of some legumes, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 3(5):1005-1008.

Rao, D.L. N. and Sharma, P.C., 1995, Alleviation of salinity stress in chickpea by Rhizobium inoculation or nitrate supply, Biologia Plantarum, 37(3):405-410.

Table 1 Salt Tolerance of 35 isolates test by using YM medium with differences concentration of NaCl (%)*

code	NaCl (%)					Code	NaCl (%)					Code	NaCl (%)				
	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0		0.1	0.5	1.0	1.5	2.0		0.1	0.5	1.0	1.5	2.0
AK 001	+	+	+	+	+	AK 014	+	-	-	-	-	AK 025	+	-	-	-	-
AK 002	+	+	+	+	-	AK 015	+	+	-	-	-	AK 026	+	-	-	-	-
AK 003	-	-	-	-	-	AK 016	+	+	+	+	+	AK 027	+	+	+	+	-
AK 004	+	+	+	-	-	AK 017	+	-	-	-	-	AK 028	+	-	-	-	-
AK 005	+	+	+	+	-	AK 018	-	-	-	-	-	AK 029	+	-	-	-	-
AK 006	+	+	-	-	-	AK 019	+	-	-	-	-	AK 030	+	+	+	+	-
AK 007	+	+	-	-	-	AK 020	+	+	-	-	-	AK 031	+	-	-	-	-
AK 008	+	+	+	+	+	AK 021	+	-	-	-	-	AK 032	+	-	-	-	-
AK 009	-	-	-	-	-	AK 022	+	-	-	-	-	AK 033	+	-	-	-	-
AK 010	+	-	-	-	-	AK 023	+	-	-	-	-	AK 034	+	-	-	-	-
AK 012	+	+	-	-	-	AK 024	+	+	+	+	+	AK 035	+	-	-	-	-
AK 013	+	+	-	-	-												

Note: + = Growth; - = No growth

Table 2 Symbiotic efficacy of the total 35 isolates by using green mungbean grown in Leonard jar*

Code	Nodules*	Code	Nodules*	Code	Nodules*	Code	Nodules*	Code	Nodules*
AK 001	0	AK 008	1	AK 015	4.6	AK 022	0	AK 029	0.6
AK 002	1	AK 009	10	AK 016	0.3	AK 023	4.3	AK 030	6
AK 003	9.3	AK 010	3.6	AK 017	5	AK 024	16	AK 031	10.3
AK 004	0	AK 011	0	AK 018	0	AK 025	5	AK 032	5.7
AK 005	0	AK 012	0	AK 019	4	AK 026	7	AK 033	1.6
AK 006	5.3	AK 013	0	AK 020	5	AK 027	16	AK 034	0
AK 007	3.3	AK 014	5.6	AK 021	0.3	AK 028	7	AK 035	0

Note: * Average number of nodules formation per plant

ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำต่อคุณภาพของเมล็ดมะเขือพวง
Effect of Hydropriming on Quality of Pea Eggplant (*Solanum torvum* Sw.) Seed

พิจิตรา แก้วสอน[1] ชนิกานต์ เกิดกล้า[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]
Kaewsorn, P.[1], Kerdkla, C.[1] and Chulaka, P.[1]

Abstract

Hydropriming of pea eggplant seed was studied in order to improve the uniformity of germination. Seeds were water soaking (WS), aeration (A) or non-aeration (NA) for 5 hr and incubation (IN) (100%RH, 20°C) for 0, 24 and 48 hr or non-incubation (NIN). Seeds were then dried to 7% moisture content. The experiment was designed in Completely Randomized Design that composted of 7 treatments: 1) non-primed seed (control) 2) WS + NA + NIN, 3) WS + NA + IN for 24 hr, 4) WS + NA + IN for 48 hr, 5) WS + A + NIN 6) WS + A + IN for 24 hr, and 7) WS + A + IN for 48 hr. Results showed that WS seeds with NA and IN for 48 hr tended to increase the highest germination (62.00%), fastest days to emergence (9.54 days) and fastest mean germination time (12.52 days), compared with non-primed seed (19.50%, 11.81 days and 12.52 days, respectively).

Keywords: germination, speed of germination, seed vigor, mean germination time

บทคัดย่อ

ศึกษาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำของเมล็ดมะเขือพวงเพื่อให้เมล็ดงอกได้สม่ำเสมอ โดยแช่เมล็ดในน้ำ (water soaking; WS) ที่มีการเติม (aeration; A) หรือไม่เติมอากาศ (non-aeration; NA) เป็นเวลา 5 ชม. และบ่มเมล็ด (incubation; IN) (100%RH, 20°C) เป็นเวลา 0 24 หรือ 48 ชม. หรือไม่บ่มเมล็ด (non-incubation; NIN) เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อม (control) จากนั้นลดความชื้นเมล็ดลงเหลือ 7% วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 7 ทรีทเมนต์ ได้แก่ 1) control 2) WS + NA + NIN 3) WS + NA + IN นาน 24 ชม. 4) WS + NA + IN นาน 48 ชม. 5) WS + A + NIN 6) WS + A + IN นาน 24 ชม. และ 7) WS + A + IN นาน 48 ชม. พบว่า เมล็ดมะเขือพวง WS + NA + IN นาน 48 ชม. มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด (62.00%) มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็วที่สุด (9.54 วัน) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (12.52 วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (19.50% 11.81 วัน และ 13.63 วัน ตามลำดับ)

คำสำคัญ: ความงอก ความเร็วในการงอก ความแข็งแรงของเมล็ด เวลาเฉลี่ยในการงอก

คำนำ

มะเขือพวงเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมทั่วไป ทนต่อสภาพแห้งแล้ง และมีศัตรูพืชน้อย (ชิดชนก, 2548) มีระบบรากแข็งแรง และทนทานต่อโรคต่าง ๆ ได้ดี เช่น โรคเหี่ยว (Verticillium wilt) เกิดจากเชื้อรา *Verticillium dahliae* Klebahn. (Bletsos และคณะ, 2003) ทนทานต่อไส้เดือนฝอย (*Meloidogyne*) (Lim, 2013) เป็นต้น ดังนั้น จึงนิยมใช้มะเขือพวงเป็นต้นตอ (root stock) ของกิ่งพันธุ์ (scion) พืชในวงศ์ Solanaceae เช่น มะเขือ (*Solanum melongena* L.) (Gisbert และคณะ, 2011) มะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum* L.) (Cutti และ Kulckzynski, 2016) เป็นต้น การพักตัวของเมล็ดพืชในวงศ์ Solanaceae มีหลายรูปแบบ เช่น เมล็ดมะเขือแอฟริกัน (*Solanum ethiopicum*) มีการพักตัวที่มีสาเหตุเกิดจากเอ็มบริโอ ซึ่งเมล็ดใช้ระยะเวลาในการงอกประมาณ 4-5 เดือน (Seck, 2009) เมล็ดมะแว้งต้น (*Solanum nicatum*) มีการพักตัวที่เกิดจากเปลือกหุ้มเมล็ดหนา ทำให้น้ำซึมผ่านเมล็ดไม่ได้ (Joshua, 1978) นอกจากนี้เมล็ดมะเขือพันธุ์ Kopek มีการพักตัวแบบ primary dormancy ที่เกิดขึ้นตั้งแต่อยู่บนต้นแม่และยังคงมีการพักตัวเมื่อเก็บเกี่ยวเมล็ดใหม่ (Caecilia, 1990) เมล็ดมะแว้งนก (*Solanum nigrum*) พบการพักตัวของเมล็ดยาวนานถึง 39 ปี ในประเทศอังกฤษ (Edmonds และ Chweya, 1997) ส่วนเมล็ดมะเขือพวงมีการพักตัวเนื่องจากมีสารยับยั้งการงอกที่เปลือกเมล็ด รวมถึงการพักตัวจากเอ็มบริโอแต่ไม่ซับซ้อน (Baskin และ Baskin, 2004; Hayati และคณะ, 2005) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ หรือ seed priming เป็นกระบวนการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปปลูก

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 10900
[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

โดยทำให้เมล็ดพร้อมสำหรับการงอก โดยนำเมล็ดแช่ในน้ำหรือสารละลายที่มีค่าชลศักย์ (water potential) ต่ำ และทำให้เมล็ดแห้งลงเพื่อหยุดการงอกนั้น เมื่อเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ได้รับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการงอก เมล็ดสามารถงอกได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ (Copeland และ McDonald, 1995) ซึ่งการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ หรือ hydropriming เป็นวิธีหนึ่งสำหรับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมี และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำเมล็ดแช่ในน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่งและลดความชื้นเมล็ดลงก่อนที่จะเกิดกระบวนการงอก ทำให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้นมีความสม่ำเสมอในการงอก และเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (McDonald, 2000) Qian และคณะ (2011) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของเมล็ดมะเขือพวงที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ พบว่าเมล็ดมีค่าการนำไฟฟ้าลดลง ปริมาณของ malondialdehyde ของ lipid peroxidation ลดลง และปริมาณแป้งลดลง แต่ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้และปริมาณไขมันหยาบภายในเมล็ดเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำได้ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้เมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำยังมีกิจกรรมของเอนไซม์ superoxide dismutase และเอนไซม์ catalase ภายในเมล็ดเพิ่มขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มะเขือพวง เพื่อให้เมล็ดงอกได้สม่ำเสมอ และใช้ประโยชน์ในการผลิตต้นกล้าหรือใช้เป็นต้นตอ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดมะเขือพวงไร้หนามพันธุ์พวงหยกมาแช่ในน้ำ reverse osmosis (water soaking; WS) ที่มีการเติม (aeration; A) หรือไม่เติมอากาศ (non-aeration; NA) เป็นเวลา 5 ชม. และบ่มเมล็ด (incubation; IN) (100%RH, 20°C) เป็นเวลา 0 24 หรือ 48 ชม. หรือไม่บ่มเมล็ด (non-incubation; NIN) เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อม (control) จากนั้นลดความชื้นเมล็ดลงเหลือ 7% วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 7 ทรีทเมนต์ ได้แก่ 1) control 2) WS + NA + NIN 3) WS + NA + IN 24 ชม. 4) WS + NA + IN นาน 48 ชม. 5) WS + A + NIN 6) WS + A + IN นาน 24 ชม. และ 7) WS + A + IN นาน 48 ชม. นำเมล็ดไปทดสอบความงอกมาตรฐานด้วยวิธี top of paper (TP) ที่อุณหภูมิสลับ 20-30°C โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติครั้งแรกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้ายที่ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ตามหลักการประเมินความงอกของ *Solanum melongena* (ISTA, 2014) บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก

ผลและวิจารณ์ผล

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือพวงด้วยน้ำโดยวิธีการต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) การแช่เมล็ดในน้ำโดยไม่ให้อากาศร่วมกับการบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 64.00% และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในน้ำโดยไม่ให้อากาศร่วมกับการบ่มเมล็ดนาน 48 ชม. การแช่เมล็ดในน้ำร่วมกับการให้อากาศและบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. และการแช่เมล็ดในน้ำร่วมกับการให้อากาศและบ่มเมล็ดนาน 48 ชม. (62.00, 60.50 และ 59.00% ตามลำดับ) อาจเป็นเพราะปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำเพียงพอต่อกระบวนการงอกของเมล็ด ดังนั้นการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สอดคล้องกับประเสริฐ (2542) รายงานว่าการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศเป็นเวลา 5 ชม. ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพริกพันธุ์บางช้าง นอกจากนี้ การบ่มเมล็ดจะทำให้กระบวนการงอกของเมล็ดดำเนินไปอย่างสมบูรณ์มากขึ้น การงอกจึงเกิดได้เร็ว และป้องกันการสูญเสียน้ำจากเมล็ดที่เร็วเกินไป (Fujikura และคณะ, 1993) ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกน้อยที่สุด คือ 19.50% โดยเมล็ดที่งอกมีต้นอ่อนผิดปกติจำนวนมาก 42.50% รองลงมา คือ เมล็ดสดไม่งอก (36.00%) และเมล็ดตาย (2.00%) ตามลำดับ (Table 2) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือพวงด้วยน้ำโดยวิธีการต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่รากงอก (days to emergence; DTE) แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยการแช่เมล็ดในน้ำร่วมกับการให้อากาศและบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. ทำให้เมล็ดมี DTE เร็วที่สุด คือ 9.39 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในน้ำร่วมกับการให้อากาศและบ่มเมล็ดนาน 48 ชม. และการแช่เมล็ดในน้ำโดยไม่มีการให้อากาศร่วมกับการบ่มเมล็ดนาน 48 ชม. (9.49 และ 9.54 วัน ตามลำดับ) สอดคล้องกับ วิลาสินี (2547) รายงานว่าการบ่มเมล็ดพริกพันธุ์บางช้างในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 48 ชม. ทำให้เมล็ดมี DTE เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่บ่ม การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือพวงด้วยน้ำโดยวิธีการต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) การแช่เมล็ดในน้ำโดยไม่ให้อากาศและบ่มเมล็ดนาน 48 ชม. ทำให้เมล็ดมี MGT เร็วที่สุด คือ 12.52 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในน้ำร่วมกับการให้อากาศและบ่มเมล็ดนาน 48 หรือ 24 ชม. และการแช่เมล็ดในน้ำโดยไม่ให้อากาศและบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. ทำให้เมล็ดมี MGT 12.72 12.73 และ 12.83 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 13.63 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในน้ำร่วมกับการให้อากาศและไม่บ่มเมล็ด ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการ

งอก 13.35 วัน สอดคล้องกับ กุลธิดา และคณะ (2558) รายงานว่าการบ่มเมล็ดพริกพันธุ์บางช้างในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการไม่บ่มเมล็ดพันธุ์ เมื่อพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำทุกทรีทเมนต์มีความงอกสูง มีจำนวนวันที่รากงอกเร็ว และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) เพราะการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ช่วยทำให้เมล็ดเกิดกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดซึ่งเป็นการเตรียมพร้อมให้กับเมล็ดก่อนงอก จึงทำให้เมล็ดงอกได้สม่ำเสมอและงอกได้สูงขึ้น (McDonald, 2000)

สรุปผล

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือพวงด้วยน้ำ โดยแช่เมล็ดนาน 5 ชม. และไม่ให้อากาศ จากนั้นบ่มเมล็ดนาน 48 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด เมล็ดมีจำนวนวันที่รากงอกเร็วที่สุด และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการเพาะกล้าเพื่อใช้เป็นต้นตอ (root stock) หรือผลิตต้นกล้าสำหรับเมล็ดที่มีมูลค่าหรือคุณค่าในงานด้านปรับปรุงพันธุ์ หรืองานอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรม (germplasm)

เอกสารอ้างอิง

กุลธิดา โชทนากูล, พิจิตรา แก้วสอน, ปริยานุช จุลกะ และวันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2558, ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยวิธี Hydropriming ต่อคุณภาพของเมล็ดพริก 2 พันธุ์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 63(3)(พิเศษ):617-620.

ชิดชนก, 2548, ผักพื้นบ้านไทย สมุนไพรต้านโรค, สำนักพิมพ์ไพลินบุ๊คเน็ต, กรุงเทพฯ. 160 หน้า.

ประเสริฐ ประภานภสินธุ์, 2542, การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกด้วยวิธี hydropriming และ osmoconditioning, ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิลาสินี รามนัฏ, 2547, การกระตุ้นการงอกเมล็ดพริกโดยวิธี Hydropriming, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Baskin, J.M. and Baskin, C.C., 2004, A classification system for seed dormancy, Seed Science Research, 14:1-16.

Bletsos, F., Thanassoulopoulos, C. and Roupakias, D., 2003, Effect of grafting on growth, yield and verticillium wilt of eggplant, HortScience, 38(2):183-186.

Caecilia, E.S.U., 1990, Study of seed dormancy on ‘Kopek’ *Solanum melongena*, B.S. Thesis, Bogor Agriculture University, Indonesia.

Copeland, L.O. and McDonald, M.B., 1995, Principles of seed science and technology, Chapman & Hill, New York, 409 p.

Cutti, L. and Kulckzynski, S.M., 2016, Treatment of *Solanum torvum* seeds improves germination in a batch-dependent manner, Pesquisa Agropecuária Tropical, 46(4):464-469.

Edmonds, J.M. and Chweya, J.A., 1997, Black Nightshades *Solanum nigram* L. and Related Species, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy.

Fujikura, Y., Kraak, H.L., Basra, A.S. and Karssen, C.M. 1993, Hydropriming, a simple and inexpensive priming method, Seed Science and Technology, 21:369-642.

Gisbert, C., Prohens, J., Raigón, M.D., Stommel, J.R. and Nuez, F., 2011, Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: Effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition, Scientia Horticulturae, 128(1):14-22.

Hayati, N.E., Sukprakarn, S. and Juntakool, S., 2005, Seed germination enhancement in *Solanum stramonifolium* and *Solanum torvum*, Kasetsart Journal, 39(3):368-376.

International Seed Testing Association, 2014, International Rules for seed testing, Bassersdolf, Switzerland.

Joshua, A., 1978, Seed germination of *Solanum incatum*: An example of germination problems of tropical vegetable crops, Acta Horticulturae, 83:155-162.

Lim, T.K., 2013, *Solanum torvum*, Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants, 6:429-441.

McDonald, M.B., 2000, Seed priming, pp. 287-325, *In* Black, M. and Bewley, J.D., eds. Seed Technology and its Biological Basic, Sheffield Academic Press, England.

Qian, Z., Chen, H., Wu, Z. and Cui, Y., 2011, Effect of priming on *Solanum torvum* seed physiological changes, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, 8:28-34.

Seck, A., 2009, An overview on good agricultural practices of African eggplants (*Solanum* spp.), pp. 27-73, *In* Nono-Womdim, R., Ojiewo, C., Abang, M. and Oluoch, M.O., eds., Good Agricultural Practices for African Indigenous Vegetables, The International Society for Horticultural Science, Belgium.

Table 1 Germination days to emergence (DTE) and mean germination time (MGT) of hydroprimed pea eggplant seed

Treatment	Germination (%)	DTE (day)	MGT (day)
Non-primed seed (control)	19.50 c[1/]	11.81 a	13.63 a
Water soaking + non-aeration + non-incubation	38.50 b	10.70 b	13.03 bc
Water soaking + non-aeration + incubation for 24 hr	64.00 a	9.98 c	12.83 cd
Water soaking + non-aeration + incubation for 48 hr	62.00 a	9.54 cd	12.52 d
Water soaking + aeration + non-incubation	40.00 b	10.90 b	13.35 ab
Water soaking + aeration + incubation for 24 hr	60.50 a	9.39 d	12.73 cd
Water soaking + aeration + incubation for 48 hr	59.00 a	9.49 cd	12.72 cd
F-test	*	*	*
CV (%)	15.07	3.13	1.76

[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)

Table 2 Abnormal seedling (ABS), fresh-ungerminated seed (FUS) and dead seed (DS) of hydroprimed pea eggplant seed.

Treatment	ABS (%)	FUS (%)	DS (%)
Non-primed seed (control)	42.50 a[1/]	36.00 a	2.00 a
Water soaking + non-aeration + non-incubation	34.50 a	27.00 ab	0.00 b
Water soaking + non-aeration + incubation for 24 hr	17.50 b	18.50 b	0.00 b
Water soaking + non-aeration + incubation for 48 hr	18.00 b	19.50 b	0.50 ab
Water soaking + aeration + non-incubation	38.00 a	22.00 b	0.00 b
Water soaking + aeration + incubation for 24 hr	20.00 b	19.00 b	0.50 ab
Water soaking + aeration + incubation for 48 hr	15.50 b	24.50 b	0.50 ab
F-test	*	*	*
CV (%)	30.30	28.90	26.54

[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)

ผลของปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักฮ่องเต้ในระบบไฮโดรโพนิกส์
Effect of Liquid Organic Fertilizer on Growth and Yield of Pak Choi in Hydroponics System

ปรัชวนี พิบำรุง[1] และ เหมวรรณ ธรรมเจตนา[1]
Pibumrung, P.[1] and Thammajetana, H.[1]

Abstract

This study aimed to determine the effect of liquid organic fertilizer and standard inorganic solution (AB) on growth and yield of Pak Choi (*Brassica chinensis* var Chinensis) in deep water hydroponics system in plastic tray (40x25 centimeter). The experiment was CRD with three replicates; AB standard solution (T1), liquid from mealworm waste compost (T2), liquid from vermicompost (T3), liquid from chicken compost (T4) and liquid from mixed manure compost (T5). Pak Choi were harvested at 55 days after planting. Results showed that the average height, fresh weight and yield of pak choi were statistically significant different ($p \leq 0.01$). The application of AB standard solution were given the highest height, fresh weight and yield (12.42±0.35 cm/plant, 60.77±2.27 g/plant and 486.16±18.17 g/tray, respectively), but they were not statistically significant different with the application of liquid from mealworm waste compost (11.39±0.28 cm/plant, 52.95±2.85 g/plant and 423.57±22.85 g/tray, respectively).

Keywords: liquid organic fertilizer, compost, manure, hydroponics

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากมูลสัตว์กับการใช้ปุ๋ยสารละลายมาตรฐานอนินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักฮ่องเต้ (*Brassica chinensis* var Chinensis) ในระบบไฮโดรโพนิกส์น้ำนิ่งแบบเติมอากาศในถาดพลาสติก (40x25 เซนติเมตร) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ สารละลายปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน AB (T1) ปุ๋ยน้ำจากมูลหนอนนก (T2) ปุ๋ยน้ำจากมูลไส้เดือน (T3) ปุ๋ยน้ำจากมูลไก่ (T4) และปุ๋ยน้ำจากมูลสัตว์รวม (T5) ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อผักอายุ 55 วันหลังย้ายปลูก พบว่าน้ำหนักสดและผลผลิตผักฮ่องเต้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยผักฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายมาตรฐาน AB ให้ความสูง น้ำหนักสดและผลผลิตสูงสุด (12.42±0.35 เซนติเมตรต่อต้น 60.77±2.27 กรัมต่อต้น และ 486.16±18.17 กรัมต่อถาด ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยน้ำจากมูลหนอนนก (11.39±0.28 เซนติเมตรต่อต้น 52.95±2.85 กรัมต่อต้น และ 423.57±22.85 กรัมต่อถาด ตามลำดับ)

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ปุ๋ยหมัก มูลสัตว์ ไฮโดรโพนิกส์

คำนำ**

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นระบบการผลิตพืชที่ตลาดมีความต้องการสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสามารถลดปัญหาการขาดแคลนผักตามฤดูกาล และควบคุมปริมาณและคุณภาพการผลิตได้แน่นอนตามความต้องการของตลาด อย่างไรก็ตามผู้บริโภคมักมีความกังวลเกี่ยวกับการสะสมไนเตรทในพืชผักไฮโดรโพนิกส์ เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก และพืชดูดไปใช้ในรูปของไนเตรท ถ้าพืชดูดขึ้นมาในปริมาณที่มากกว่าการนำไปใช้ ก็จะสะสมในเนื้อเยื่อพืช และเมื่อรับประทานพืชผักที่มีปริมาณไนเตรทตกค้างสูงไนเตรทจะเปลี่ยนรูปเป็นไนไทรต์ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค methemoglobinemia (Hyun และคณะ, 2009) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นทางเลือกในการผลิตผักระบบไฮโดรโพนิกส์ และสามารถทำได้โดยการศึกษาเพิ่มเติมเช่นเดียวกับการผลิตพืชอินทรีย์ ดังงานวิจัยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปลูกผักกาดหอมกรีนคอสในระบบไฮโดรโพนิกส์ (ทัตพล และคณะ, 2559) และผลของน้ำหมักชีวภาพร่วมกับสมุนไพรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด (ปิยะภรณ์, 2556) อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบไฮโดรโพนิกส์มีข้อจำกัด เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าปุ๋ยเคมี เมื่อนำมาใช้ต้องคำนึงถึงการสลายตัวเป็นธาตุอาหารพืชให้มีธาตุอาหารเพียงพออย่างสมดุล รวมทั้งต้องควบคุมค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างที่

---

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

เหมาะสมอีกด้วย (ศักดิ์สิทธิ์ และปริยานุช, 2557) การศึกษาครั้งนี้จึงทำการพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากมูลสัตว์ที่มีในชุมชน นำมาผ่านกระบวนการหมักและเตรียมเป็นสารละลายปุ๋ยอินทรีย์น้ำ แล้วนำมาทดสอบปลูกผักฮ่องเต้ในระบบไฮโดรโพนิกส์ เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตผักฮ่องเต้กับการใช้สารละลายมาตรฐานอนินทรีย์ AB เพื่อเป็นการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการผลิตพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ทางเลือก โดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติภายในท้องถิ่นพัฒนาการผลิตพืชด้านเกษตรอินทรีย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

เตรียมปุ๋ยอินทรีย์โดยการนำมูลสัตว์ผสมหินฟอสเฟตอัตราส่วน 1:1 หมักร่วมกับพด.1 ทิ้งไว้ 15 วัน ผสมพด.9 และเชื้อไตรโคเดอร์มาชนิดสด* ทิ้งไว้ครบ 30 วัน ตลอดเวลาการผลิตกลับกองทุก 7 วัน นำปุ๋ยหมักมูลสัตว์ที่ได้อัตราส่วน 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 50 ลิตร ทำการหมักแบบเติมอากาศเป็นเวลา 10 ชั่วโมง กรองสารละลายที่ได้นำมาผสมน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:1 ปรับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายระหว่าง 2.0-2.5 ms/cm ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย 6.0-7.0 ในทุกชุดการทดลอง และทำการปรับค่าการนำไฟฟ้าทุก 7 วัน โดยปรับลดค่าการนำไฟฟ้าด้วยการเติมน้ำกลั่นและปรับลดและเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย acetic acid และ potassium hydroxide ตามลำดับ ทำการปลูกผักฮ่องเต้แบบไม่ใช้ดินในระบบไฮโดรโพนิกส์น้ำนิ่งเติมอากาศ (ใช้ปั๊มลมต่อกับหัวทรายช่วงเวลา 14.00-16.00 น. ของทุกวัน) โดยใช้ถาดพลาสติกขนาด 40x25 เซนติเมตร ใส่สารละลายธาตุอาหารในแต่ละชุดการทดลอง ปิดถาดด้วยแผ่นโฟมเจาะรูสำหรับปลูกระยะห่างกัน 1 นิ้ว วางแผนกาทดลองแบบ CRD (Completely randomized design) แบ่งเป็น 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 สารละลายมาตรฐาน AB (ชุดควบคุม) (T1) กรรมวิธีที่ 2 ปุ๋ยหมักมูลหนอนนก (T2) กรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (T3) กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยหมักมูลไก่ (T4) และกรรมวิธีที่ 5 ปุ๋ยหมักมูลสัตว์รวม (อัตราส่วน 1:1:1) (T5) เตรียมกล้าผักฮ่องเต้โดยการเพาะเมล็ดในฟองน้ำขนาด 1x1 นิ้ว เมื่อกล้างอกดูแลและให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ เมื่อกล้าอายุครบ 2 สัปดาห์ คัดเลือกกล้าที่สมบูรณ์ 1 ต้นต่อฟองน้ำนำไปปลูกในถาดตามกรรมวิธีทดลองครบอายุการเก็บเกี่ยว รวม 55 วัน บันทึกการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก น้ำหนักสดและผลผลิต นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลอง*

การตรวจวัดคุณภาพสารละลายในทุกกรรมวิธีการทดลอง พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.85-2.29 mS/cm โดยค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 2, 3 และค่าการนำไฟฟ้ารวมเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ และกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยหมักมูลหนอนนกและมูลไส้เดือนดินมีแนวโน้มค่าการนำไฟฟ้ารวมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากันเท่ากับ 2.14 mS/cm (Table 1) การความเป็นกรด-ด่างของสารละลายในทุกกรรมวิธีการทดลอง พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยระหว่าง 6.36-7.18 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 2, 3 และค่าความเป็นกรด-ด่างรวมเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ และกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยหมักมูลหนอนนกมีแนวโน้มค่าความเป็นกรด-ด่างรวมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.14 (Table 2)

ด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักฮ่องเต้ทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 1 ที่ใช้สารละลายมาตรฐาน AB ให้ความสูงต้นเฉลี่ย (12.42 ±0.35 cm/plant) จำนวนใบเฉลี่ย (11.38 ±0.59 leaves/plant) ความยาวรากเฉลี่ย (11.70 ±0.69 cm/plant) น้ำหนักสดเฉลี่ย (60.77 ±2.27 g/plant) และผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (486.16 ±18.17 g/tray) อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 ที่ใช้ปุ๋ยหมักมูลหนอนนกในด้านความสูงต้นเฉลี่ย (11.39 ±0.28 cm/plant) ความยาวรากเฉลี่ย (10.51 ±0.29 cm/plant) น้ำหนักสดเฉลี่ย (52.95 ±2.86 g/plant) และผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (423.57 ±22.85 g/tray) และกรรมวิธีที่ 3 ที่ใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินด้านความยาวรากเฉลี่ย (10.79 ±0.27 cm/plant) (Table 3)

วิจารณ์ผล**

การพัฒนาปุ๋ยหมักมูลสัตว์เป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ทดแทนปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐานในการปลูกพืชไฮโดรโพนิกส์ โดยการนำมูลหนอนนกซึ่งมีธาตุอาหารสูง (ปรัชวนี และชมพร, 2558) มูลไส้เดือนดิน (ปริศนา, 2557) และมูลไก่ (ทัตพล และคณะ, 2559) มาผ่านกระบวนการหมักร่วมกับหินฟอสเฟตเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชเป็นปุ๋ยอินทรีย์แห้ง นอกจากช่วยลดความแปรผันของวัสดุอินทรีย์จากแหล่งที่ต่างกันแล้ว ยังสามารถลดปัญหาด้านกลิ่นรบกวนในการเตรียมสารละลายมูลสัตว์ได้อีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบทุกกรรมวิธีพบว่า สารละลายที่ใช้ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มให้ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารละลายมาตรฐาน AB สำหรับผักฮ่องเต้มีรายงานว่าค่าการนำไฟฟ้าที่สูงขึ้น 2.40-3.20 mS/cm มีผลให้ความกว้างทรงพุ่มน้ำหนักแห้งต้นและรากมากขึ้น (ศักดิ์สิทธิ์แ ละปริยานุช, 2557) ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงของสารละลายปุ๋ยหมักมูลสัตว์ทั้ง 3 ชนิด

แสดงให้เห็นว่ามีธาตุอาหารพืชละลายอยู่เพียงพอ อย่างไรก็ตามควรมีการปรับค่าการนำไฟฟ้าให้เหมาะสมกับพืชปลูกแตกต่างกันไป โดยการปรับเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าสามารถทำได้ด้วยการเพิ่มปริมาณปุ๋ยหมักมูลสัตว์ที่ใช้ และการปรับลดค่าการนำไฟฟ้าด้วยการเติมน้ำในการเตรียมสารละลาย โดยเฉพาะการเจริญเติบโตในระยะแรกของการปลูกพืชแล้วจึงปรับเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (อาณัฐ, 2552) ด้านค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายปุ๋ยหมักมูลสัตว์มีค่าสูงกว่าสารละลายปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยหมักมูลสัตว์ที่ใช้มีหินฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบรวมอยู่ด้วย ซึ่งเมื่อหินฟอสเฟตสลายตัวจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น (อพัสภรณ์ และวิเชียร, 2557) และตลอดระยะเวลาการปลูกผักฮ่องเต้ พบว่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างของทุกกรรมวิธีที่ใช้สารละลายปุ๋ยหมักมูลสัตว์มีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงว่าสารละลายปุ๋ยหมักมูลสัตว์น่าจะยังมีการละลายของมวลสารออกมา จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายไม่คงที่ ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างทุกสัปดาห์ อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายปุ๋ยหมักมูลสัตว์ทุกกรรมวิธี และพบว่าสารละลายจากปุ๋ยหมักมูลสัตว์มีธาตุอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตโดยไม่ต้องมีการเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่ใช้ แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐานที่ต้องมีการเพิ่มปริมาณปุ๋ยตลอดระยะการผลิต เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่ามีความคุ้มทุนโดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยหมักมูลหนอนนกในระบบการผลิตพืชอินทรีย์ ที่มีการควบคุมโรคพืชในปุ๋ยโดยการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (จิระเดช, 2555) ในกระบวนการหมักอีกด้วย โดยมูลสัตว์ที่ใช้พบว่ามูลหนอนนกมีมีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนารูปแบบปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการผลิตพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์มากที่สุด รองลงไปคือมูลไส้เดือนดิน และมูลไก่ และการผลิตในรูปปุ๋ยหมักมูลสัตว์แห้ง ยังช่วยให้ผู้บริโภคสามารถเตรียมสารละลายปุ๋ยอินทรีย์ได้สะดวกรวดเร็วมากขึ้น ตลอดจนสามารถใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการผลิตพืชบนดินได้เช่นกัน

สรุปผล

การใช้สารละลายปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน AB และสารละลายปุ๋ยหมักมูลหนอนนก ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักฮ่องเต้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นปุ๋ยหมักมูลหนอนนกสามารถพัฒนาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ทางเลือกเพื่อการผลิตพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

จิระเดช แจ่มสว่าง, 2555, การใช้เชื้อไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคในผักไม่ใช้ดิน, เกษตรก้าวหน้า, 25(2): 46-70.

ทัตพล พุ่มดารา อาคม คิดสง่า และนิสาชล เทศศรี, 2559, การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปลูกผักกรีนคอสในระบบไฮโดรโปนิกส์, แก่นเกษตร 44 ฉบับพิเศษ 1: 892-897.

ปรัชวนี พิบำรุง และชมพร สุวินทรากร, 2558, ผลการใช้มูลหนอนนกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือยาวในระบบเกษตรอินทรีย์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3) (พิเศษ): 313-316.

ปริศนา คล้ายทอง, 2557, การใช้น้ำสกัดจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชไร้ดินด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปิยะภรณ์ จิตรเอก, 2556, ผลของน้ำหมักชีวภาพร่วมกับสมุนไพรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด 4 ชนิด ในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ศักดิ์สิทธิ์ มูลดำและปิยะนุช จุลกะ, 2557, ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT), วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2) (พิเศษ): 9-12.

อพัสภรณ์ ขวัญนุ้ย และวิเชียร จาฏุพจน์, 2557, การละลายของหินฟอสเฟตและอิทธิพลของซีโอไลต์ซิลิคอนต่อการละลายได้ของหินฟอสเฟตในดินกรดที่ดอน, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 32(1): 59-67.

อาณัฐ ตันโช, 2552, คู่มือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโพนิกส์) พิมพ์ครั้ง 3, เชียงใหม่: Trio Advertising & Media Co., Ltd.

Hyun, S.E., et al., 2009, Methemoglobinemia development after ingestion of a Chinese herbal medicine: A case report, Korea Journal of Pediatrics, 52: 385-388.

Table 1 The average electrical conductivity (mS/cm) of hydroponics treatments*

Treatments	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Average
T1	1.85±0.06	1.97±0.04b	1.95±0.05b	1.88±0.02	1.85±0.05	1.90±0.07b
T2	2.04±0.09	2.26±0.09a	2.22±0.08a	2.10±0.09	2.07±0.09	2.14±0.12a
T3	2.03±0.07	2.29±0.09a	2.23±0.02a	2.12±0.12	2.05±0.09	2.14±0.13a
T4	2.00±0.03	2.02±0.04b	2.14±0.12ab	2.06±0.07	2.00±0.10	2.04±0.09ab
T5	2.02±0.04	2.10±0.10b	2.19±0.07a	2.09±0.06	2.02±0.04	2.08±0.09ab
F-test	Ns	**	**	ns	Ns	**

** Different letters within the column indicate significant differences according to the DMRT ($p \leq 0.01$)

Table 2 The average pH of hydroponics treatments*

Treatments	week 1	week 2	week 3	week 4	week 5	Average
T1	6.73±0.23	6.38±0.06b	6.36±0.13b	6.61±0.27	6.70±0.12	6.55±0.22b
T2	7.18±0.20	7.23±0.12a	7.13±0.11a	7.09±0.13	6.10±0.10	7.14±0.13a
T3	7.08±0.16	7.14±0.08a	7.03±0.08a	7.04±0.10	7.04±0.12	7.07±0.10a
T4	7.04±0.13	7.08±0.09a	6.01±0.10a	6.96±0.05	7.08±0.17	7.03±0.11a
T5	7.07±0.08	7.12±0.12a	7.09±0.04a	7.01±0.10	7.06±0.18	7.07±0.10a
F-test	ns	**	**	ns	Ns	**

** Different letters within the column indicate significant differences according to the DMRT ($p \leq 0.01$)

Table 3 The average of stem height, leave number, root length, fresh weight and yield of pak choi*

Treatments	stem height (cm/plant)	leave number (leaves/plant)	root length (cm/plant)	fresh weight (g/plant)	yield (g/tray)
T1	12.42±0.35a	11.38±0.59a	11.70±0.69a	60.77±2.27a	486.16±18.17a
T2	11.39±0.28ab	10.09±0.25b	10.51±0.29ab	52.95±2.86ab	423.57±22.85ab
T3	10.90±0.13b	9.78±0.25b	10.79±0.27a	50.10±2.45bc	400.80±19.80bc
T4	10.19±0.28b	9.71±0.38b	9.66±0.27bc	43.98±4.27c	352.00±33.97c
T5	10.59±0.52b	9.76±0.41b	9.03±0.08c	47.13±3.08bc	377.21±24.68bc
F-test	**	**	**	**	**

** Different letters within the column indicate significant differences according to the DMRT ($p \leq 0.01$)

การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบโดยชีววิธี
The Study on Efficiency of *Trichoderma* sp. against Black Spot Disease of Rose by Biological Control

ทินกร พันธ์งาม[1] และ เพชรพิกุล วางมูล[2]
Panngam, T.[1] and Vangmul, P.[2]

Abstract

This research was to study the effect of *Trichoderma* sp. on the mycelial growth inhibition of black spot disease (*Diplocarpan rosae* Wolf). The isolation of fungal strains was performed by using tissue transplanting technique. The mycelial growth inhibition was compared with commercial fungicide, carbendazim. The experiment was performed in 2 ways, on Potato Dextrose Agar (PDA) plates and on rose leaf. The average mycelial growth inhibition by *Trichoderma* sp. on PDA was 52.8%, whereas no effect by carbendazim. On the other hand, rose leaves were cleaned, punched with the needle, and inoculated with the tested fungi. All inoculated leaves were incubated in an appropriate condition for 7 days. *Trichoderma* sp. inhibited the mycelial growth of the pathogen on rose leaves for 90%, whereas carbendazim inhibited only 50%. Therefore, the *Trichoderma* sp. has a potential to be used to control black spot disease in rose leaves.
Keywords: rose black spot disease, *Trichoderma* sp., biological control

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อใบจุดดำของกุหลาบ (Black spot disease; *Diplocarpan rosae* Wolf) โดยการคัดแยกเชื้อราบริสุทธิ์จากใบกุหลาบโดยวิธี Tissue transplanting และเปรียบเทียบการยับยั้งกับสารคาร์เบนดาซิม โดยดำเนินการใน 2 รูปแบบคือ การทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อโดยดูความสามารถในการยับยั้งเส้นใยเชื้อราก่อโรคบนอาหาร Potato Dextrose Agar ไตรโคเดอร์มายับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคเฉลี่ย 52.8% ส่วนคาร์เบนดาซิมไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ ส่วนอีกวิธีการคือการยับยั้งการก่อโรคใบจุดในต้นกุหลาบ โดยนำใบกุหลาบมาทำบาดแผลและปลูกเชื้อราก่อโรค นำไปบ่มสภาวะที่เหมาะสมเป็นเวลา 7 วัน พบว่าไตรโคเดอร์มายับยั้งการเจริญของโรคที่บาดแผลได้ 90% สารเคมีคาร์เบนดาซิมยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคใบจุดได้ 50% จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบ
คำสำคัญ: โรคใบจุดดำ เชื้อราไตรโคเดอร์มา การควบคุมโดยชีววิธี

คำนำ

กุหลาบเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งประเภทกุหลาบตัดดอกและกุหลาบกระถาง ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกุหลาบตัดดอกประมาณ 5,500 ไร่ กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ตาก นครปฐม สมุทรสาคร ราชบุรี และกาญจนบุรี (อุดมพงษ์, 2559) พื้นที่ปลูกกุหลาบในประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากต้นกุหลาบได้รับความเสียหายจากการเข้าทำลายของโรคใบจุดดำ (Black spot disease; *Diplocarpon rosae* Wolf) เป็นโรคที่พบเสมอๆ ในกุหลาบที่ปลูกเป็นแปลงใหญ่ๆ หรือปลูกประดับอาคารบ้านเรือนเพียง 2-3 ต้น โดยมากจะเกิดกับใบล่างๆ อาการเริ่มแรกเป็นจุดกลมสีดำขนาดเล็กด้านบนของใบ และจะขยายใหญ่ขึ้นหากอากาศมีความชื้นสูง และผิวใบเปียก หากเป็นติดต่อกันนาน จะทำให้ใบร่วงก่อนกำหนด ต้นโทรม ใบและดอกมีขนาดเล็กลง (เกรียงศักดิ์, 2549) การฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราในกุหลาบต้องใช้ความเข้มข้นสูง เนื่องจากเชื้อโรคมีความสามารถพัฒนาตัวเองให้ทนต่อสารเคมี ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางลดการใช้สารเคมีและความปลอดภัยของผู้บริโภคจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาสิ่งทดแทนการใช้สารเคมี ทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจคือการควบคุมโดยชีววิธีเพื่อลด

[1]มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ถ.ปรีดีพนมยงค์ ต.ประตูชัย อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[1]Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 96, Pridi Banomyong Rd., Pratu Chai Si Ayutthaya, Phranakhon Sri Ayutthaya 13000, Thailand
[2]มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ถ.ปรีดีพนมยงค์ ต.ประตูชัย อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[2]Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 96, Pridi Banomyong Rd., Pratu Chai Si Ayutthaya, Phranakhon Sri Ayutthaya 13000, Thailand

การเกิดโรคใบจุดดำของกุหลาบ โดยพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* sp. เป็นเชื้อราปฏิปักษ์ที่นำไปใช้ในการควบคุมโรคพืชหลายชนิด โดยเฉพาะ *Trichoderma harzianum* ที่สามารถเข้าทำลายโรคพืชอื่นๆ อีก เช่น แอนแทรคโนสของถั่วเหลืองระยะต้นอ่อน (อรรถกร, 2551) โรคดอกจุดสนิมของกล้วยไม้สกุลหวาย (อารีรัตน์, 2550) เป็นต้น นอกจากนี้เชื้อรา *Trichoderma* sp. ยังช่วยให้เมล็ดพืชมีอัตราการงอกที่เร็วขึ้น และช่วยชักนำให้ต้นพืชมีความต้านทานต่อเชื้อโรคพืช (วาริน และคณะ, 2550) อีกด้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบโดยชีววิธีจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการนำไปใช้และพัฒนาการเกษตรของประเทศไปสู่ระบบเกษตรแบบยั่งยืนต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1 การแยกเชื้อสาเหตุโรคใบจุดดำของกุหลาบและพิสูจน์การก่อโรค

1.1 การคัดแยกเชื้อราบริสุทธิ์จากใบกุหลาบที่แสดงอาหากโรคใบจุดดำ โดยวิธี Tissue transplanting จากนั้นซับด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการฆ่าเชื้อ นำชิ้นตัวอย่างมาวางในจานอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อพบการเจริญของเส้นใยเชื้อรา ใช้เข็มปลายงอตัดบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อรา วางบริเวณกึ่งกลางจานอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

1.2 การพิสูจน์การก่อโรคของเชื้อราโรคใบจุดดำของกุหลาบ พิสูจน์การก่อโรคตามวิธีของ Koch (Koch’s Postulation) (Agrios, 1997) ตัดเส้นใยเชื้อรามาวางบนใบกุหลาบที่ทำบาดแผลไว้ นำใบกุหลาบวางในกล่องพลาสติกที่มีสำลีชุบน้ำวางไว้ภายในกล่องเพื่อรักษาความชื้นตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง สังเกตการเจริญของเชื้อราทุกวันพร้อมทั้งสังเกตบาดแผลที่เกิดขึ้น

2 การทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1 การเตรียมเชื้อราก่อโรคสำหรับการทดสอบเพาะเลี้ยงเชื้อราใบจุดของกุหลาบบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

2.2 การทดสอบประสิทธิเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดดำของกุหลาบบนจานเพาะเชื้อด้วยวิธี Dual culture technique เมื่อโคโลนีของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อชุดควบคุมเจริญเต็มจานเพาะเชื้อ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อรา คำนวณประสิทธิภาพเชื้อรา *Trichoderma* sp. (%) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อรา *Diplocarpon rosae* (percent inhibition of radial growth: PIRG) โดยใช้สูตรการคำนวณดัดแปลงจากวาริน และคณะ (2550) ดังนี้ PIPG = [(Rc – Rt) / Rc] x 100

RC = ค่าเฉลี่ยของรัศมีเชื้อรา *D. rosae* ในกรรมวิธีควบคุม

RT = ค่าเฉลี่ยของรัศมีเชื้อรา *D. rosae* ในกรรมวิธีทดสอบ

3 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบ

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา ด้วยวิธีการที่ดัดแปลงมาจากวิธี Koch’s Postulation โดยเพิ่มขั้นตอนของการวางชิ้นวุ้นของเชื้อราก่อโรคใบจุดดำลงบนใบกุหลาบที่อยู่ภายในกล่องควบคุมความชื้น ใช้เข็มเขี่ยเชื้อทำบาดแผลที่ใบกุหลาบ จำนวน 2 จุด เพื่อทำให้เกิดแผลใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ตัดเส้นใยเชื้อรามาวางบนใบกุหลาบบริเวณที่ถูกทำบาดแผลไว้นำใบกุหลาบที่ปลูกเชื้อแล้วใส่ลงในกล่องพลาสติกใส ที่มีสำลีชุบน้ำวางไว้ภายในกล่องเพื่อรักษาความชื้น ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ ห้องเป็นเวลา 7 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมบวก ทำการทดลอง 4 ซ้ำ วัดการเจริญของเส้นใยเชื้อราบนใบกุหลาบ ให้ระดับคะแนนที่ 0 - 6 จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเป็นเปอร์เซ็นต์ (Per cent disease index : PDI) ดัดแปลงจากวิธีของ Colbaugh และคณะ (2001)

คำนวณค่า Percent disease index : PDI = $\dfrac{\text{Sum of all disease ratings}}{\text{Total no. of ratings x Maximum disease grade}}$ x 100

4 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์การเกิดโรคโดยใช้ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ P = 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผล**

1 การคัดแยกเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบและการพิสูจน์การก่อโรค

1.1 การคัดแยกเชื้อราจากใบกุหลาบ เกิดจากเชื้อรา *Diplocarpon rosae* Wolf ลักษณะของ เชื้อราที่แยกได้ มีลักษณะของเส้นใยสีขาว เมื่อเจริญเต็มที่สร้างสปอร์สีดำ ในประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศร้อนและความชื้นสูง เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราชนิดนี้มาก จึงพบการสร้างสปอร์และการเจริญเติบโตในลักษณะของเชื้อรานี้ ซึ่งมีอีกชื่อหนึ่งว่า *Marssonina rosae* (Lib.) Lind. (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) เชื้อรา *D. rosae* ที่แยกได้บนอาหาร PDA เจริญเต็มที่บนอาหารเลี้ยงเชื้อใช้เวลา 5-7 วัน

1.2 การพิสูจน์การก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบ ผลการพิสูจน์การก่อโรคพบว่าลักษณะบาดแผลที่ปรากฏบนใบกุหลาบอาการ ใบที่เป็นโรคนี้เริ่มมีจุดวงกลมสีดำที่ผิวด้านบนของใบ วงกลมนี้จะขยายวงกว้างออกไปอย่างรวดเร็วในที่มีอากาศชื้นขนาดของวงกลมแตกต่างกันบ้าง แต่ส่วนมากมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ½ - 1 เซนติเมตร ถ้าสังเกตดูดี ๆ จะเห็นเป็นวงกลมสีดำ บางวงอาจจะมีเนื้อเยื่อโดยรอบแผลเป็นสีเหลือง หรืออาจจะมีเนื้อใบเหลืองแล้วร่วงหลุดไปตามก้านใบอาจจะพบแผลวงกลมลักษณะเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ใบเหลืองและร่วงเร็วยิ่งขึ้น

2 การทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบบนจานอาหาร PDA

จากการทดสอบพบว่าร้อยละการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเฉลี่ยเท่ากับ 52.8 (ภาพที่ 3) จึงสรุปได้ว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hamitou และ Laid (2015) ที่พบว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Phoma* sp. และ *Glocladium* sp. สาเหตุโรคจุดของมะเขือเทศ ดังนั้นในการทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบบนจานเพาะเชื้อจึงทำการทดสอบต่อในสภาพบนใบกุหลาบ

3 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดดำบนใบกุหลาบ

การยับยั้งการก่อโรคใบจุดในต้นกุหลาบ โดยนำใบกุหลาบมาทำบาดแผลและปลูกเชื้อราก่อโรค นำไปบ่มสภาวะที่เหมาะสมเป็นเวลา 7 วัน พบว่าไตรโคเดอร์มายับยั้งการเจริญของโรคที่บาดแผลได้ 90% สารเคมีคาร์เบนดาซิมยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคใบจุดได้ 50%

สรุปผล

การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคของพืชเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นวิธีการที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ มากกว่าการใช้สารเคมี ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดดำของกุหลาบ การทดสอบได้ดำเนินการใน 2 รูปแบบ ได้แก่ การทดสอบในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และ การทดสอบบนใบกุหลาบ ผลการทดสอบในจานอาหารเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคใบจุดสีดำของกุหลาบได้ จึงมีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาร่วมกับวิธีอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกัน และลดการเกิดโรคใบจุดดำของกุหลาบได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีความปลอดภัยสูงกว่าการใช้สารเคมีสังเคราะห์

คำขอบคุณ

การวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

วาริน อินทนา มนตรี อิสรไกรศีล ศุภลักษณ์ เศรษฐสกุลชัย ประคอง เย็นจิตต์ และทักษิณ สุวรรณโน, 2550, ประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ฮาซิเอนั่ม สายพันธุ์กลายในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการลดประมาณเชื้อราไฟทอพทอร่าพาล์มมิโวร่าในสวนทุเรียน, วิทยาสารกำแพงแสน, 5(3): 1-9.

Colbaugh PF, Crow WT, Mackay WA and George S.W., 2001, Black spot; *Diplocarpon rosae*, Texas A&M Research and Extension Centre at Dallas, Dallas, Texas 75: 252.

Mokhtar, H., and Dehimat, L., 2015, In vitro and In vivo Efficiency of *Trichoderma harzianum* against Phoma and Glocladium Soft Rot Occurred on Tomato Fruits (*Lycopersicon esculentum*), International Journal of Current Research, 4(8): 141-147

Figure 1 Colony of *Diplocarpon rosae* causes black spot disease of rose on PDA agar.

Figure 2 Percent inhibition of mycelial growth of *Diplocarpon rosae* by tested *Trichoderma* sp**.**

Table 1 Percent inhibition of mycelial growth of *Diplocarpon rosae* by tested *Trichoderma* sp.

Treatment	**Inhibition (%)**
Diplocarpon rosae	100[a][1/]
Trichoderma sp.	52.8[b]
Trichoderma harzianum	39.58[c]
carbendazim	100[a]

[1/]Means within a column followed by the same letter are not significantly different at P<0.01 by LSD.

Table 2 Percent disease index of *Trichoderma* sp.

Treatment	**Percent disease index (%)**
Diplocarpon rosae	85[a][1/]
Trichoderma sp.	10[c]
Trichoderma harzianum	10[c]
carbendazim	50[b]

1/Means within a column followed by the same letter are not significantly different at P<0.01 by LSD.

การประเมินความต้องการธาตุอาหารของพริกขี้หนูยอดสนโดยการวิเคราะห์ดินและพืช
Assessment of Nutrient Requirements for Yod Son Chili (*Capsicum annuum* L.) through Soil and 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

Estimating nutrient requirements during crop growth and nutrient removal by yield of Yod Son chili is a guideline of fertilizer management planning. In this study, soil texture at the experimental field was loam, neutral soil, low level of organic matter, moderate level of exchangeable K ,high level of and exchangeable Mg and very high in available P and exchangeable. The results showed that the highest nitrogen (N) and potassium (K) were found in all plant parts (stem leaves root and yield) followed by calcium (Ca), magnesium (Mg) and phosphorus (P). The suitable ratio of N-P-K for Yod Son chili was 4:1:5. The average amounts of N, P_2O_5 and K_2O required through the developmental stages was 3.25, 0.56 and 4.04 kg/rai, respectively. The N, P_2O_5 and K_2O removed by yield were 3.49, 1.19 and 4.28 kg/ton, respectively.

Keywords: Yod Son Chili, plant analysis, soil analysis, nutrient requirements

บทคัดย่อ

การประเมินความต้องการธาตุอาหารระหว่างการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการปุ๋ยของพริกขี้หนูพันธุ์ยอดสน ทำการทดลองในแปลงปลูกที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน มี pH เป็นกลาง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงและมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก จากผลการทดลองพบว่า ในส่วนของลำต้น รากและผลผลิตของพริกขี้หนูพันธุ์ยอดสนมีปริมาณไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) สูง รองลงมาคือ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และฟอสฟอรัส (P) โดยพริกขี้หนูพันธุ์ยอดสนมีความต้องการ N-P-K ในสัดส่วน 4:1:5 มีการดูดใช้ธาตุอาหารเพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของต้นใน 1 ฤดูปลูก คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยธาตุอาหารหลัก N P_2O_5 และ K_2O เท่ากับ 3.25 0.56, และ 4.04 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และมีปริมาณธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยธาตุอาหารหลัก N P_2O_5 และ K_2O ที่สูญเสียไปกับผลผลิต 1 ตัน เท่ากับ 3.49 1.19 และ 4.28 กิโลกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: พริกขี้หนูยอดสน การวิเคราะห์พืช การวิเคราะห์ดิน ความต้องการธาตุอาหาร

คำนำ

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนไทย นิยมใช้ในการบริโภคสดหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร สำหรับประเทศไทยพริกเป็นพืชผักที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด ในปี 2559 มีพื้นที่ปลูกพริก 252,518 ไร่ ผลผลิต 282,793 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) พริกที่ปลูกกันมากในปัจจุบันสามารถแบ่งตามขนาดของผลพริกได้ 2 ชนิด คือ กลุ่มแรก พริกใหญ่หรือพริกชี้ฟ้า ได้แก่ พริกหนุ่ม พริกหยวกและพริกยักษ์ กลุ่มที่สอง พริกเล็กหรือพริกขี้หนู ได้แก่ พริกขี้หนูผลใหญ่และพริกขี้หนูผลเล็ก โดยพริกที่นิยมปลูกมากที่สุด คือ พริกในกลุ่มพริกขี้หนูผลใหญ่ มีพื้นที่ปลูกร้อยละ 51.3 (วีระ และ เยาวรัตน์, 2557) แม้ว่าประเทศไทยจะมีพื้นที่ปลูกพริกค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ปลูกพืชผักชนิดอื่นแต่ในบางฤดูกาลยังประสบกับปัญหาผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด เนื่องมาจากปัญหาการขาดแคลนแรงงาน การใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีทำให้ต้นทุนการผลิตสูง โดยทั่วไปเกษตรกรจะใส่ปุ๋ยเคมีตลอดฤดูปลูกประมาณ 100-150 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน, 2556) แม้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีจะมีความจำเป็นในการยกระดับผลผลิตให้ได้ตามเป้าหมายและเป็นการทดแทนธาตุอาหารพืช ที่ถูกนำออกไป

[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, Chatuchak, 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, Chatuchak, Bangkok, 10900

แต่การใช้ปุ๋ยเคมีอาจมีผลกระทบต่อดินและพืชได้หากใช้ในปริมาณที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งการกำหนดปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการนั้นสามารถทำได้โดยการประเมินปริมาณธาตุอาหารที่ปรากฏในต้นและการประเมินธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว (crop removal) ซึ่งการประเมินปริมาณธาตุอาหารตลอดระยะการเจริญเติบโตของพืชจะทำให้ได้ปริมาณธาตุอาหารและสัดส่วนของธาตุอาหารที่พืชต้องการในแต่ละช่วงเวลาพัฒนาการได้ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปปรับใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ปุ๋ยและสามารถนำมาใช้สนับสนุนผลการวิเคราะห์ดิน ได้ (ประสิทธิ์ และ สุนทรี, 2555: Zublena, 1997; Synder, 1998) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารตลอดระยะการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตของพริกขี้หนูยอดสนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาการให้ปุ๋ยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

คัดเลือกแปลงปลูกพริกขี้หนูยอดสน ในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จำนวน 3 แปลง เนื้อที่แปลงละ 1 ไร่ สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกพืชที่ระดับความลึก 0-15 และ 0-30 เซนติเมตร นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดิน (เนื้อดิน pH, EC, OM, Avail. P, Exch. K Ca และ Mg) ตามวิธีของกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน (2544) ปลูกพริกขี้หนูยอดสนระยะปลูก 50 x 100 เซนติเมตร จำนวน 1 ต้นต่อหลุม การปฏิบัติดูแลรักษาแปลงเป็นไปตามวิธีของเกษตรกร ก่อนปลูกรองพื้นด้วยปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นมีอายุ 15 วัน ให้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นมีอายุ 30 วัน เก็บตัวอย่างต้นพริกขี้หนูยอดสนในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth) และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (harvesting period) แปลงละ 30 ต้นต่อครั้ง แยกตัวอย่างพืชเป็นส่วนลำต้น ใบ รากและผลผลิต ชั่งน้ำหนักสดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน จนตัวอย่างพืชมีน้ำหนักแห้งคงที่นำไปบดละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม ตามวิธีของกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน (2544) แล้วนำผลวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารไปคำนวณหาปริมาณธาตุอาหารที่พริกขี้หนูต้องการใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต

ผลและวิจารณ์ผล***

1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ

วิเคราะห์สมบัติของดินก่อนการทดลอง พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วน ปฏิกิริยาดินเป็นกลาง มีค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) 1.40 dS/m ปริมาณอินทรียวัตถุในดินปานกลาง มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก ส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางและมีแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง (Table 1)

หลังการทดลองดินมีระดับ pH ลดลง ปฏิกิริยาดินเป็นกลาง ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) เพิ่มขึ้น มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ยังคงอยู่ในระดับสูงมาก โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและยังคงอยู่ในระดับเดิม (Table 1)

2. ความเข้มข้นธาตุอาหารพืช

วิเคราะห์ความเข้มข้นของ N P K Ca และ Mg ในลำต้น ใบและรากของพริกขี้หนูยอดสนในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น พบว่า ลำต้นและใบมีความเข้มข้นของ N ใกล้เคียงกับ K โดยมี N 4.76% และ K 4.63% รองลงมาคือ Ca 1.29% Mg 0.82% และมี P น้อยที่สุด 0.34% เช่นเดียวกับในรากที่พบว่ามีความเข้มข้นของ N สูงที่สุด 7.85% รองลงมาคือ K 7.27% Ca 2.50% Mg 1.29% และ P 0.57% ตามลำดับ (Table 2)

ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่วนของลำต้น ใบ รากและผลพริก มีความเข้มข้นของ N และ K ใกล้เคียงกัน ส่วนในราก พบว่า มีความเข้มข้นของ Ca 1.61% ซึ่งสูงกว่าในลำต้น ใบและผลพริก ส่วน Mg มีความเข้มข้นสูงที่สุดในลำต้นและใบ (Table 2)

3. การประเมินความต้องการธาตุอาหาร**

นำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ N P K Ca และ Mg ที่วิเคราะห์ได้มาคำนวณเป็นปริมาณธาตุอาหารในส่วนลำต้น ใบ ราก และผลผลิตโดยน้ำหนักแห้งเพื่อประเมินความต้องการธาตุอาหารในระหว่างการเจริญเติบโตของต้นพริกขี้หนูยอดสน พบว่า พริกขี้หนูยอดสนมี N และ K เป็นองค์ประกอบในส่วนของลำต้นและใบในปริมาณใกล้เคียงกัน ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น พริกขี้หนูยอดสน 1 ต้น มีปริมาณ N 0.106 กรัม P 0.008 กรัม K 0.102 กรัม Ca 0.029 กรัม และ Mg 0.018 กรัม (Table 3) ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ผลพริก มี N P และ K มากกว่าในส่วนของลำต้น ใบและราก ในระยะนี้พริกขี้หนูยอดสน 1 ต้น มีปริมาณ N 2.264 กรัม P 0.261 กรัม K 2.328 กรัม Ca 0.757 กรัม และ Mg 0.418 กรัม (Table 3) และในผลพริก 1 ต้น มีปริมาณ N 3.486 กรัม P 0.518 กรัม K 3.565 กรัม Ca 0.376 กรัม และ Mg 0.352 กรัม (Table 3)

เมื่อนำปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นพริกขี้หนูยอดสนมาคำนวณเป็นปริมาณธาตุอาหารในรูปปุ๋ยธาตุอาหารหลัก พบว่า พริกขี้หนูยอดสนมีความต้องการปุ๋ยเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต เท่ากับ 3.25- 0.56-4.04 กิโลกรัม N- P_2O_5- K_2O ต่อไร่ และมีปริมาณธาตุอาหารในรูปปุ๋ยธาตุอาหารหลักที่สูญเสียไปกับผลผลิต 1 ตัน เท่ากับ 3.49-1.19-4.28 กิโลกรัม N- P_2O_5- K_2O คิดเป็นสัดส่วนปุ๋ยประมาณ 4:1:5 (Table 4)

สรุปผลการทดลอง**

พริกขี้หนูยอดสนให้ผลผลิต 1 ตันต่อไร่ มีการดูดใช้ธาตุอาหารเพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของต้นใน 1 ฤดูปลูก คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยธาตุอาหารหลัก N P_2O_5 และ K_2O เท่ากับ 3.25 0.56 และ 4.04 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และมีปริมาณปุ๋ย N P_2O_5 และ K_2O ที่สูญเสียไปกับผลผลิต เท่ากับ 3.49 1.18 และ 4.31 กิโลกรัมคิดเป็นสัดส่วนปุ๋ยประมาณ 4:1:5

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544, คู่มือ การวิเคราะห์ดินและพืช, กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559, รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช (รต.01) แบบรายปี [สืบค้น], http://production.doae.go.th/report/report_main2.php?report_type=1, [15/ May/ 7].

ประสิทธิ์ ขุนสนิท และ สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, 2554, มวลชีวภาพของอ้อยพันธุ์ K95-84, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3): 485-493.

วีระ ภาคอุทัย และเยาวรัตน์ ศรีวรานันท์, 2557, พริก: ปลูกอย่างไรในภาวะโลกกำลังร้อน, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน, 2556, คู่มือการปลูกพริก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม [สืบค้น], http://kukr.lib.ku.ac.th/db/KPS/search_detail/dowload_digital_file/192832/25042 [22/ August/ 16].

Snyder. C.S., 1998, Plant tissue analysis- A Valuable Nutrient Management Tool. A regional newsletter. Potash and Phosphate Institute (PPI) of Canada.

Zublena J.P. 1997. Nutrient removal by crops in North Carolina. [Online], Available: http://www.soil.ncsu.edu/publications/Soilfacts/AG-439-16/ [15/ December/ 16].

Table 1 Soil properties before planting and after harvesting Yod Son chili.**

	pH	EC_e (dS/m)	OM (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Before planting	6.75	1.40	2.07	68.18	67.78	2,822.60	390.55
After harvesting	6.69	2.37	2.07	118.99	90.02	3,215.82	473.35

Table 2 Means of nutrient concentration in different parts of Yod Son chili during the growing season.**

Growth stages	Plant part	Nutrient concentration (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Vegetative growth	stem and lea	4.76	0.34	4.63	1.29	0.82
	root	3.09	0.23	2.64	1.21	0.47
Harvesting	stem and lea	2.59	0.19	2.69	1.57	0.78
	root	2.38	0.20	2.41	1.61	0.33
	fruit	2.31	0.34	2.36	0.25	0.23

Table 3 Means of nutrient content in different parts of Yod Son chili during the growing season.***

Growth stage	Plant part	Nutrient content (g/plant)				
		N	P	K	Ca	Mg
Vegetative growth	stem and leaf	0.100	0.007	0.097	0.027	0.017
	root	0.006	0.001	0.005	0.002	0.001
	total	0.106	0.008	0.102	0.029	0.018
Harvesting	stem and leaf	0.924	0.068	0.959	0.561	0.279
	root	0.092	0.008	0.093	0.062	0.013
	fruit	1.248	0.185	1.276	0.134	0.126
	total	2.264	0.261	2.328	0.757	0.418

Table 4 Nutrient uptake and removal of Yod Son chili during the growing season.**

Nutrient	Nutrient uptake (kg/ rai)	Removed with yield/ ton (kg/ rai)	Total (kg/ rai)
N	3.25	3.49	6.74
P_2O_5	0.56	1.19	1.75
K_2O	4.04	4.28	8.32

ผลของ Forchlorfenuron ต่อการพัฒนาผลและการสุกของกล้วยไข่
Effect of Forchlorfenuron on Fruit Development and Ripening of 'Khai' Banana

ธนัญญา หมาดหมัน[1] กัลยาณี สุวิทวัส[2] ศุภธิดา อับดุลลากาซิม[1] และ ภาสันต์ ศารทุลทัต[1]
Madhman, T.[1], Suvittawat, K.[2], Abdullakasim, S.[1] and Saradhuldhat, P.[1]

Abstract

Forchlorfenuron (CPPU), a synthetic cytokinin, may increase fruit size and delay fruit ripening. To determine how CPPU affect to fruit development and ripening of 'Khai' banana, the solutions of CPPU 0 (control), 5, 10 mg/L were sprayed on young bunch at 14 days after emerged (last bract opened). The fruit treated with CPPU reached fully mature and ready to be harvest at 60 days after emerged while the control fruit did at 54 days after emerged. The CPPU fruit was 59% larger in bunch weight and 62% greater in hand weight over the control. All treatment fruit were not different in TSS (25.1- 27.5 ° Brix) and firmness (8.7-9.2 N). The CPPU-fruit took 7 days for ripening whiles the control 5 days. These data suggested that CPPU can increase 'Khai' banana fruit size associated with prolonging fruit development and ripening.

Keywords: delay harvest, cytokinin, fruit quality

บทคัดย่อ

Forchlorfenuron (CPPU) เป็นไซโตไคนินสังเคราะห์ที่อาจช่วยเพิ่มขนาดผลและยืดระยะการสุกแก่ของพืชได้ เพื่อให้ทราบผลของ CPPU ต่อการพัฒนาผลและการสุกของกล้วยไข่ จึงได้วิจัยโดยพ่น CPPU เข้มข้น 0 (ควบคุม) 5, 10 mg/L ให้กับผลกล้วยไข่ระยะ 14 วันหลังแทงปลี (ปลีเปิดสุดเครือ) พบว่าผลกล้วยที่ได้รับ CPPU มีการพัฒนาจนถึงระยะแก่บริบูรณ์และเก็บเกี่ยวได้ที่อายุ 60 วันหลังแทงปลี ซึ่งช้ากว่าผลกล้วยชุดควบคุมที่เก็บเกี่ยวได้ที่ 54 วันหลังแทงปลี เครือที่ได้รับ CPPU มีน้ำหนักเครือมากกว่าชุดควบคุม 59% มีน้ำหนักหวีเพิ่มขึ้น 62% แต่มี TSS 25.1- 27.5 ° Brix และความแน่นเนื้อ 8.7-9.2 N ใกล้เคียงกับชุดควบคุม ทั้งนี้กล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU ใช้เวลาบ่มเพื่อให้เปลือกพัฒนาเป็นสีเหลืองทั้งผลนาน 7 วัน นานกว่าผลชุดควบคุมที่ใช้เวลา 5 วัน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า CPPU ช่วยให้กล้วยไข่มีการพัฒนาผลให้ได้ขนาดเพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มผลผลิตและเกิดกระบวนการสุกนานขึ้นเล็กน้อย

คำสำคัญ: เก็บเกี่ยวช้า ไซโคไตนิน คุณภาพผล

คำนำ

Forchlorfenuron (CPPU) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชสังเคราะห์ในกลุ่ม cytokinin สามารถกระตุ้นการแบ่งตัวของเซลล์ (cell division) และขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) (Moore, 1989; Kim และคณะ 2006) CPPU ได้ถูกทดลองใช้กับผลไม้หลายชนิด สามารถกระตุ้นให้เกิดเจริญเติบโตของลูกแพร์ญี่ปุ่นที่เป็นผลไม้ประเภท Parthenocarpic (Yu และคณะ, 2001; Zhang และคณะ, 2008) สำหรับในกล้วยไข่ มีรายงานว่าเมื่อพ่น CPPU ความเข้มข้นตั้งแต่ 10-100 mg/L ให้กับผลกล้วยไข่ที่ระยะ 2 สัปดาห์หลังแทงปลี พบว่าสามารถช่วยเพิ่มขนาดผลและผลผลิตกล้วยไข่ได้อย่างชัดเจน แต่เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ 54 วันหลังแทงปลี เท่ากับที่เก็บเกี่ยวผลกล้วยไข่ปกติพบว่ากล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) น้อยกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสาร และมีความแน่นเนื้อมากกว่า (ภาสันต์, 2559) ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก CPPU มีส่วนช่วยในการชะลอการสุกแก่ของพืชด้วย จึงทำให้ผลพัฒนาช้ากว่าปกติ จึงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าและมีความแน่นเนื้อมากกว่า CPPU อาจไปส่งเสริมกลไกการชะลอการแก่ของผลไม้โดยรักษาระดับการสังเคราะห์ RNA และโปรตีนให้คงอยู่นานขึ้น (สุรนันต์, 2526)

จากข้อมูลเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า CPPU สามารถช่วยเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่ได้ ขณะเดียวกันอาจช่วยยืดอายุการพัฒนาของผลกล้วยไข่ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาผลนานขึ้น เพื่อให้ทราบระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาผลโดยยังคงคุณภาพผลเมื่อ

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakorn Pathom, 73140
[2] สถานีวิจัยปากช่อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30130
[2] Pakchong Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakorn Ratchasima, 30130

สุกใกล้เคียงกับกล้วยไข่ทั่วไป จึงได้วิจัยเพื่อให้ทราบผลของ CPPU ต่อการพัฒนาผลและการสุกของกล้วยไข่ ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เพื่อผลิตกล้วยไข่ให้มีคุณภาพต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ สวนกล้วยไข่ อ.หนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี (13.0408 N, 99.4307 E) โดยคัดเลือกต้นกล้วยไข่ต้นปลูกที่แทงปลีสม่ำเสมอกันแล้วพ่น CPPU ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 5 และ 10 mg/L ร่วมกับสารจับใบ บริเวณเครือที่ระยะ 2 สัปดาห์ หลังแทงปลีให้ทั่วทั้งเครือ (ประมาณ 120 มล/ต้น) ตัดปลีและหวีสุดท้ายออกหลังกาบปลีหวีสุดท้ายเปิดโดยให้แต่ละเครือมีจำนวน 5 หวีเท่ากัน ดูแลรดน้ำตามวิธีการที่เกษตรกรปฏิบัติ วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD)* ทำการทดลองจำนวน 7 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อกล้วยไข่อยู่ในระยะแก่บริบูรณ์ (ผลค่อนข้างกลม เห็นเหลี่ยมไม่ชัด) นำผลผลิตมายังห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาพืช เก็บข้อมูล จำนวนวันที่ผลพัฒนา (นับจากวันที่แทงปลีจนถึงวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต) น้ำหนักผลผลิต (น้ำหนักเครือ, หวี, ผล) และบันทึกจำนวนวันที่ใช้บ่มผลจนเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งผล ความหนาเปลือก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) เมื่อผลสุก ตามวิธีการที่อ้างโดยภาสันต์ (2559)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU 5 และ 10 mg/L มีระยะเวลาในการพัฒนาผลจนถึงระยะแก่บริบูรณ์ และเก็บเกี่ยวได้ที่อายุ 60 วันหลังแทงปลี ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่เก็บเกี่ยวได้ที่อายุ 54 วันหลังแทงปลี (Table 1) และหลังจากที่กล้วยไข่ผ่านกระบวนการบ่มแล้ว พบว่ากล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU 5 และ 10 mg/L ใช้เวลาในกระบวนการสุกจนผิวพัฒนาเป็นสีเหลืองทั้งผลนาน 7 วัน ซึ่งมากกว่าชุดควบคุม (5 วัน) อย่างมีนัยสำคัญ มีความหนาเปลือกมากกว่า ขณะเดียวกันกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU มีปริมาณ TSS (25.1-25.7 ° Brix) และ ความแน่นเนื้อ (8.7-9.2 N) ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (Table 2) ในส่วนของผลผลิตของกล้วยไข่พบว่ากล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU 5 และ 10 mg/L มีน้ำเครือ 9.1 และ 9.6 kg ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุม (5.9 kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม 50 และ 67%) มีน้ำหนักหวี 1.9 และ 2.1 kg ตามลำดับ (เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม 53 และ 70%) และมีน้ำหนักผล 90.0 และ 94.2 g ตามลำดับ (เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม 39 และ 45%) (Table 1) แสดงให้เห็นว่าสาร CPPU สามารถเพิ่มผลผลิตกล้วยไข่ได้อย่างชัดเจน โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพภายในของผลผลิต

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า CPPU ทำให้กล้วยไข่มีระยะเวลาในการพัฒนาผลจนถึงระยะแก่บริบูรณ์ยาวนานขึ้น สอดคล้องกับ Raphael stem และคณะ (2006) ได้รายงานว่า เมื่อพ่น CPPU ให้กับลิ้นจี่ พบว่าลิ้นจี่นั้นมีอายุการเก็บเกี่ยวช้ากว่าชุดควบคุม 2-3 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากกระบวนการชะลอการแก่ของผลไม้เกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณของโปรตีน หรือ amino acid ซึ่งมีการทดลองกับใบ Xanthium โดยอาศัยปริมาณคลอโรฟิลล์เป็นตัวกำหนดการแก่ พบว่าไซโตไคนินมีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ซึ่งไปมีผลต่อการชะลอการแก่ได้ (สุรนันต์, 2526) จึงทำให้เกิดการชะลอกระบวนการสุกแก่ในผลกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU ได้ ฉะนั้นการใช้สาร CPPU ให้กับกล้วยไข่จำเป็นต้องทิ้งระยะเวลาในการพัฒนาผลมากขึ้น ทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตล้าช้าออกไปเพื่อให้เกิดกระบวนการพัฒนาของผลได้สมบูรณ์

สำหรับกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU พบว่าใช้เวลาในกระบวนการสุกจนผิวพัฒนาเป็นสีเหลืองทั้งผล (บ่ม) นานขึ้น เช่นเดียวกับบลูเบอรรี่ที่ได้รับ CPPU 10 mg/L ที่ 10 และ 17 วันหลังดอกบาน มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารถึง 24.2% และมีอายุการเก็บรักษาสูงสุด สามารถช่วยลดอาการเน่าในระหว่างการเก็บรักษาของผลบลูเบอร์รี่ได้ (Retamales และคณะ 2014) แสดงให้เห็นว่า CPPU ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ช้า โดยมีรายงานในองุ่นพันธุ์ merlot ที่พ่น CPPU ให้กับดอกที่กำลังบาน พบว่าเถาขององุ่น ที่ได้รับ CPPU มีน้ำผลเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุมถึง 2 เท่า และสุกช้ากว่าชุดควบคุม (Rhonda J. Smith1, n.d.) (วงจันทร์, 2535)

ในส่วนของความหนาเปลือกที่เพิ่มขึ้นของกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU อาจเป็นผลมากจากโครงสร้างของเปลือกกล้วย ที่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนเซลล์และขนาดของเซลล์ ในช่วงที่ผลกล้วยไข่มีการเจริญเติบโต ทำให้เกิดการเพิ่มความหนาของเปลือกและจำนวนชั้นของเซลล์ เซลล์ใน epidermis, ground tissue และ vascular bundle มีการเพิ่มขนาดขณะที่ผลกำลังพัฒนา (Amnuaysin et al., 2012) แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของ CPPU มีผลต่อการส่งเสริมการแบ่งเซลล์ทั้งในส่วนเนื้อผลและในเปลือกกล้วยไข่ ทำให้เปลือกกล้วยไข่ที่ได้รับ CPPU นั้นมีความหนาเปลือกเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อผลสุกความหนาเปลือก จำนวนชั้นเซลล์ และขนาดของเซลล์ลดลงต่างจากที่ระยะแก่บริบูรณ์

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าผลผลิตของกล้วยไข่ (น้ำหนักเครือ น้ำหนักหวี และน้ำหนักผล) ที่ได้รับ CPPU มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลที่กำลังเจริญเติบโตเมื่อได้รับ CPPU จากภายนอกที่ระยะผลอ่อน จะเกิดการดึง

สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และโปรตีนให้เคลื่อนย้ายมายังผลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ให้เนื้อเยื่อบริเวณผลอ่อนมีการสะสมอาหารเพิ่มมากขึ้น และผลมีการพัฒนาขนาดใหญ่ขึ้นมากกว่าปกติและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย

จากการวิจัยครั้งนี้ เห็นได้ว่าการพ่น CPPU ให้กับผลกล้วยไข่ช่วยทำให้ผลมีขนาดเพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจน แต่มีผลต่อกระบวนการพัฒนาผลและกระบวนการสุก โดยทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตล่าช้าและใช้เวลาบ่มเพิ่มขึ้น 4 และ 2 วัน ตามลำดับ โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพภายในผล

สรุป

การพ่น CPPU ความเข้มข้น 5, 10 mg/L ทำให้กล้วยไข่มีการพัฒนาผล และมีกระบวนการสุกยาวนานขึ้น สามารถเพิ่มผลผลิตกล้วยไข่ได้โดยไม่กระทบต่อคุณภาพภายในผล

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้ และ คุณประเทือง สัมฤทธิ์ เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ภาสันต์ ศารทูลทัต, ธนัญญา หมาดมัน, ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต, ศุภธิดา อับดุลลากาซิม และธีร์ หะวานนท์, 2559, การใช้ Forchlorfenuron และ Gibberellic Acid เพื่อเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่, วารสารวิทยาสาสตร์เกษตร, 47(2) (พิเศษ): 349-352.

ภาสันต์ ศารทูลทัต, ธนัญญา หมาดมัน, ศุภธิดา อับดุลลากาซิม และกัลยาณี สุวิทวัส, 2559, ผลการใช้ Forchlorfenuron ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มขนาดผลกล้วยไข่, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 3 (ฉบับพิเศษ 1): 38-42.

วงจันทร์ วงศ์แก้ว, 2535, หลักสรีรวิทยาของพืช, พิมพ์ครั้งที่ 1, ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี่พับบลิชชิ่ง, กรุงเทพ.

สุรนันต์ สุภัทรพันธุ์, 2526, โครงการตำราฮอร์โมน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Amnuaysin, N., Seraypheap, K. and Kidyoo, N., 2012, Anatomical changes in peel structure of ‘Hom Thong’ banana during fruit development and ripening, Tropical Natural History, 12(2): 127-136.

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 Growth Regulation, 45: 209-213.

Raphael, A., Ohad, N. and Ruit, B.A., 2006, The cytokinin CPPU delays maturity in litchi cv, ‘Mauritius’ and extends storage-life, Horticultural Science and Biotechnology, 81(1): 158-162.

Retamales J.B., Godoy, R., Moggia, C., Lobos, G.A., and Romero, S., 2014, CPPU sprays alter blueberry (*Vaccinium corymbosum* L. ‘Duke’) fruit quality at harvest and its behavior in postharvest, Acta Horticulturae, 189-194.

Yu, J.Q., Li, Y., Qian, Y.R., and Zhu, Z.J., 2001, Cell division and cell enlargement in fruit of *Lagenaria leucantha* as influenced by pollination and plant growth substances, Journal Plant Growth Regulation, 33: 117–122.

Zhang, C., Lee, U., and Tanabe, K., 2008, Hormonal regulation of fruit set, parthenogenesis induction and fruit expansion in Japanese pear, Journal Plant Growth Regulation, 55: 231–240.

Table 1 Days of fruit development, bunch weight, hand weight and fruit weight of 'Khai' banana sprayed with CPPU 0 5 and 10 mg/L when the last hand emerged.

Concentration (mg/L)	Days of fruit development (days)	Bunch weight (kg)	Hand weight (kg)	Fruit weight (g)
CPPU 0	54 b	5.9 b	1.2 b	64.2 b
CPPU 5	60 a	9.1 a	1.9 a	81.8 a
CPPU 10	60 a	9.6 a	2.1 a	93.0 a
F-Test	*	*	*	*
% cv	22.0	24.06	24.44	24.28

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

Table 2 Pulp firmness, peel thickness, total soluble solids (TSS) and fruit ripening of 'Khai' banana sprayed with CPPU 0 5 and 10 mg/L when the last hand emerged.

Concentration (mg/L)	Pulp firmness (N)	Peel thickness (mm)	TSS (°Brix)	Fruit ripening (Day)
CPPU 0	8.7	0.7 c	27.5	5 a
CPPU 5	9.2	1.2 b	25.7	7 b
CPPU 10	9.2	1.4 a	25.1	7 b
F-Test	ns	*	ns	*
% cv	24.50	25.81	24.08	24.67

* 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 ($p > 0.05$)

(A)
(B)
(C)
(D)

CPPU 0 mg/L CPPU 5 mg/L CPPU 10 mg/L

Figure 1 Bunch (A), hand (B), green fruit (C) and ripened fruit of 'Khai' banana sprayed with CPPU 0 5 10 mg/L.

ผลของ pH และความเข้มข้นของโมลิบดีนัมในการเจริญเติบโตของแหนแดง (*Azolla microphylla*)
Effects of pH and Concentration of Molybdenum on Growth of *Azolla microphylla*

ปทุมมาลย์ นาคสมพันธ์[1] ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต[2] ลพ ภวภูตานนท์[1] และ ภาสันต์ ศารทูลทัต[1]
Naksomphan, P.[1], Kaewsuralikhit, S.[2], Phavaphutanon, L.[1] and Saradhuldhat, P.[1]

Abstract

Since cultivation environment affects growth of Azolla, this research aim to determine water pH and concentration of molybdenum on *A. microphylla*. Experiment 1: pH - duplicates of 5 g of *Azolla* were grown for a week in solution with pH of 3, 4, 5, 6, 7 and repeated with pH of 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 and 6.5 including with pH 7.7 as a control. Experiment 2: molybdenum – the *Azolla*s were grown in Hoagland's solutions adjusted to 0, 0.3, 0.6 and 0.9 mg / L molybdenum. The data revealed that the *Azolla* was great multiplied in solution pH 4.0-4.5 with highest fresh weight (16.67-17.24 g), nitrogen (5.02-5.08%N DW) and doubling time of 1.96-1.97. The molybdenum concentration was not affected the growth, but at concentration of 0.3-0.6 mg/L resulting in the highest nitrogen 4.15-4.20% DW. These indicated that suitable cultivating solution for A. *microphylla* was pH 4.0-4.5 and molybdenum at 0.3-0.6 mg/L.
Keywords: yield, nitrogen, nutrients, acidity

บทคัดย่อ

สภาพแวดล้อม เช่น pH และธาตุอาหาร มีผลต่อการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของแหนแดง จึงทำการทดลองเพื่อให้ทราบ pH ของสารละลายและความเข้มข้นของโมลิบดีนัมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของแหนแดง A. *microphylla* โดยการทดลองที่ 1 เลี้ยงแหนแดง 5 กรัม ในสารละลายที่ปรับ pH เป็น 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.7 (control (pH น้ำ ณ แปลงทดลอง)) เป็นเวลา 1 สัปดาห์ การทดลองที่ 2 เลี้ยงแหนแดง 5 กรัมในสารละลาย Hoagland's ที่ปรับความเข้มข้นของโมลิบดีนัมเป็น 0, 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า pH 4.0-4.5 แหนแดงมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ control โดยมีน้ำหนักสด 16.67-17.24 กรัม ไนโตรเจน 5.02-5.08% และใช้เวลาเกิด Doubling time (Dt) 1.96-1.97 วัน ขณะที่ความเข้มข้นของโมลิบดีนัมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่สูงขึ้น (4.15-4.20 %) เมื่อมีความเข้มข้น 0.3-0.6 mg/L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า pH 4.0-4.5 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง *A. microphylla* ส่วนความเข้มข้นของโมลิบดีนัมที่เหมาะสมต่อการตรึงไนโตรเจนคือ 0.3-0.6 mg/L
คำสำคัญ: ผลผลิต, เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน, ธาตุอาหาร, ความเป็นกรด

คำนำ

แหนแดง (Azolla) เป็นเฟินน้ำขนาดเล็กที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 3-5% (ประยูรและบรรหาญ, 2545) มีการเพิ่มจำนวนเร็ว การเพิ่มจำนวนเป็นเท่าตัว (doubling time) ใช้เวลาเพียง 2-5 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม (Taghi-Ganji และคณะ 2005) มีรายงานว่าแหนแดงเติบโตได้ดีในสภาพน้ำที่มีความเป็นกรดอ่อนๆ เนื่องจากมีธาตุอาหารละลายได้มากกว่าน้ำที่เป็นด่าง ดังเช่นแหนแดง *A. pinnata* NE17/19 เติบโตได้ดีที่ pH 4.0-5.5 (ประยูรและบรรหาญ, 2545) ส่วน *A. filiculoides* เติบโตได้ดีในช่วง pH 5-7 (Cary และ Weerts, 1992) ธาตุอาหารที่ใช้เลี้ยงแหนแดง เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ช่วยให้แหนแดงเจริญเติบโตดีขึ้น ในขณะที่ธาตุรองเช่น แมกนีเซียม และโมลิบดีนัมที่ความเข้มข้นต่ำๆ (Wagner, 1997) ช่วยส่งเสริมการตรึงไนโตรเจนในแหนแดง (ธงชัย, 2557) เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอ็นไซม์ไนโตรจีเนสจึงทำให้การตรึงไนโตรเจนของแหนแดงมีประสิทธิ์ภาพสูงขึ้น

---

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakon Pathom 73140
[2]กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900
[2]Soil Microbiology Research Group, Soil Science Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

ในประเทศไทยพบแหนแดง *A. pinnata* เป็นส่วนใหญ่ เมื่อมีการนำแหนแดงชนิดอื่นเข้ามาศึกษา พบว่าแหนแดง *A. microphylla* สามารถเติบโตและเพิ่มจำนวนได้เร็วกว่าถึง 10 เท่า กรมวิชาการเกษตรจึงแนะนำให้เกษตรกรเลี้ยงเพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืช โดยมีรายงานการทดลองนำแหนแดงมาใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับต้นกล้ากล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 พบว่าสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและความแข็งแรงได้มากขึ้น (ศิริลักษณ์ และคณะ, 2558) เช่นเดียวกับดาวเรืองที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงขึ้นเมื่อผสมแหนแดงร่วมกับวัสดุปลูก (ชิดชนก, 2557) ในขณะที่ถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris*) ที่ใส่แหนแดงร่วมด้วย มีการเจริญเติบโตของต้นและผลผลิตที่สูงขึ้น (Tejaswini และคณะ, 2015) เป็นต้น จากข้อมูลงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าแหนแดงมีคุณสมบัติดีเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนในการปลูกพืช แต่การผลิตแหนแดงให้ได้ปริมาณมากจำเป็นต้องทราบปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตเพื่อควบคุมให้เกิดการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงทำการทดลองเพื่อให้ทราบผลของ pH และความเข้มข้นของโมลิบดีนัมต่อการเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของแหนแดง *A. microphylla* เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับพัฒนาการผลิตแหนแดง *A. microphylla* ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เลี้ยงแหนแดง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)* การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของ pH ต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง โดยเลี้ยงแหนแดงในสารละลายดินที่มีการปรับความเป็นกรด-ด่างให้มีค่า pH 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 และ 6.5 ใช้ pH 7.7 เป็น control (ค่า pH ของแหล่งน้ำธรรมชาติ) การทดลองที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นของโมลิบดีนัมต่อการเจริญเติบโตและตรึงไนโตรเจนของแหนแดง ในสารละลาย Hoagland 's solution โดยปรับความเข้มข้นของโมลิบดีนัมเป็น 0, 0.3, 0.6 และ 0.9 mg/L ในภาชนะปลูกขนาด 15x15 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร จำนวน 5 ซ้ำ เลี้ยงแหนแดง *A. microphylla* เริ่มต้น 5 กรัม เป็นเวลา 1 สัปดาห์ในทุกการทดลอง นำแหนแดงขึ้นมาผึ่งให้หมาดนาน 2 ชั่วโมงก่อนนำมาชั่งน้ำหนักสด (Girgis, 2006) แล้วนำไปอบที่ 70C เป็นเวลา 2 วัน เพื่อหาน้ำหนักแห้ง หาเวลาในการเกิด doubling time (Dt) วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนโดยวิธี Dumas method ด้วยเครื่อง Protein/Nitrogen Determinator (LECO FP-528) คำนวณหา Doubling Time (Callo และคณะ, 1985) จากสูตร $Dt=0.3t/\log R$ เมื่อ Dt คือจำนวนวันที่มีการผลิตแหนแดงเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว, t คือจำนวนวันที่เลี้ยงแหนแดง และ R คือจำนวนผลผลิตที่ได้หลังจากวันที่ t

ผลและวิจารณ์ผล

ผลของ pH สารละลายดินต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง *A. microphylla*

แหนแดงที่เลี้ยงในสารละลายดินปรับ pH เป็น 3.5-7.7 มีการเติบโตที่แตกต่างกัน ในสารละลายดินที่มี pH 4.0-4.5 แหนแดงสามารถเติบโตได้สูงที่สุด ให้ค่าน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงสุด ใช้เวลาเกิด Dt 2.0 วัน (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับแหนแดง *A. pinnata* NE17/19 ที่เจริญเติบโตได้ดีที่ pH 4.0-5.5 (ประยูร และบรรหาญ, 2545) สารละลายที่มี pH สูงหรือต่ำกว่านี้แหนแดงมีการเติบโตค่อนข้างต่ำ ใช้เวลาเกิด Dt นานขึ้น (Table 1) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า pH มีผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดงมากเนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดความสามารถในการละลายของธาตุอาหารพืช โดยในแหนแดงพบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงที่ pH เป็นกรดค่อนข้างสูง (pH 4.0-4.5) อาจเพราะแหนแดงต้องการธาตุบางธาตุ เช่น แมงกานีส โมลิบดีนัมและเหล็ก (ละลายได้ดีในช่วง pH ต่ำ) เพื่อใช้ในกระบวนการตรึงไนโตรเจนจึงทำให้แหนแดงเจริญเติบโตและตรึงไนโตรเจนได้ดีที่ pH เป็นกรด ในกรณีที่ pH เป็นด่างส่งผลให้เกิดการตกตะกอนของธาตุอาหารบางธาตุเช่น ฟอสเฟตซึ่งถือเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และกระบวนการการตรึงไนโตรเจนของ *Anabaena azollae* (ประยูร และบรรหาญ, 2545) แหนแดงจึงไม่สามารถนำธาตุอาหารเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ได้

ผลของความเข้มข้นของโมลิบดีนัมต่อการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของแหนแดง *A. microphylla*

การเลี้ยงแหนแดงในสารละลายที่มีความเข้มข้นของโมลิบดีนัมแตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและการเกิด Dt ของแหนแดงที่ความเข้มข้น Mo 0.0-0.6 mg/L ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการเลี้ยงแหนแดง *A. caroliniana* ที่กล่าวว่าโมลิบดีนัมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง (Hechanova และ Curayag, 1987) แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนพบว่ามีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อความเข้มข้นของโมลิบดีนัมเพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.3-0.6 mg/L เพราะโมลิบดีนัมเป็นส่วนประกอบของเอ็มไซม์ไนโตรจีเนสจึงทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงขึ้น (ธงชัย, 2557) แต่เมื่อความเข้มข้นของโมลิบดีนัมสูงขึ้นเป็น 0.9 mg/L แหนแดงมีน้ำหนักสดลดลงเช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

(Table 2) อาจเพราะในสารละลายมีความเข้มข้นของโมลิบดีนัมสูงมากเกินความต้องการของแหนแดงจึงเกิดอาการเป็นพิษ แหนแดงจึงเจริญเติบโตได้น้อย เห็นได้จากข้าวที่มีโมลิบดีนัม 0.4 mg/L จะแสดงอาการผิดปกติ เช่นเดียวกับถั่วเหลืองที่ได้รับโมลิบดีนัมเพียง 0.02 mg/L จะแสดงอาการผิดปกติเช่นเดียวกัน แต่ในพืชอื่นๆ เช่นกล้วยอาจทนรับโมลิบดีนัมได้ถึง 1.50-3.20 mg/L แสดงให้เห็นว่าการตอบสนองของพืชต่อโมลิบดีนัมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชเป็นสำคัญ (ลิลลี่ และคณะ, 2556)

สรุปผล

pH ช่วง 4.0-4.5 แหนแดง *A. microphylla* สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ส่วนความเข้มข้นของโมลิบดีนัมที่ส่งเสริมการตรึงไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.3-0.6 mg/L

Table 1 Effect of pH 3.5-6.5 on the growth *A. microphylla* in soil solution.

Treatment	Fresh Weight (g)	Dt (Day)	Dry Weight (g)	% Nitrogen
pH 3.5	8.91 d	3.8 a	0.81 c	4.07 e
pH 4.0	16.67 a	2.0 c	0.91 a	5.08 a
pH 4.5	17.24 a	2.0 c	0.91 a	5.02 a
pH 5.0	16.10 ab	2.0 c	0.89 ab	4.84 b
pH 5.5	16.29 ab	2.0 c	0.90 a	4.91 b
pH 6.0	15.14 b	2.1 bc	0.86 abc	4.69 c
pH 6.5	12.44 c	2.4 bc	0.83 bc	4.72 c
pH 7.7 (control)	11.94 c	2.6 b	0.85 abc	4.45 d
F-test	*	*	*	*
%CV	20.50	29.27	6.40	6.80

* 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 Molybdenum Concentration on the growth *A. microphylla* in Hoagland 's solution (pH 4.5).

Treatment	Fresh Weight (g)	DT (Day)	Dry Weight (g)	% Nitrogen
Mo 0.0 mg/L	18.64 a	1.86 b	1.06 ab	4.04 b
Mo 0.01 mg/L	18.56 a	1.86 b	1.00 b	4.05 b
Mo 0.3 mg/L	18.96 a	1.84 b	1.04 ab	4.20 a
Mo 0.6 mg/L	19.02 a	1.83 b	1.07 a	4.15 ab
Mo 0.9 mg/L	10.94 b	2.78 a	0.82 c	3.51 c
F-test	*	*	*	*
%CV	20.13	19.9	10.28	6.53

* Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$)
ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

เอกสารอ้างอิง*

ชิดชนก โชติกปฏิพัทธ์, 2557, การใช้แหนแดงเป็นวัสดุเพาะเมล็ดและวัสดุปลูกดาวเรือง, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 29 น.

ธงชัย มาลา, 2557, การตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพ. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 262 น.

ประยูร สวัสดี และบรรหาญ แตงฉ่ำ, 2545, แหนแดงชีววิทยาและการใช้ประโยชน์, กลุ่มงานวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางเกษตร กรมวิชาการเกษตร, พิมพ์ครั้งที่ 3 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพ, 163-255.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ มาลี ณ นคร ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวัฒน์, 2556, สรีรวิทยาพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 261 น.

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ประไพ ทองระอา กัลยาณี สุวิทวัส กานดา ฉัตรไชยศิริ นิศารัตน์ ทวีนุต ภาสันต์ ศารทูลทัต และพิมพ์นิภา เพ็งช่าง, 2558, การใช้แหนแดงเป็นวัสดุดินผสมเร่งการเจริญเติบโตของต้นอ่อน กล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 33 (3):589-595.

Callo, D.P., Dilag, R.T., Necesario, R.S., Wood, D.M., Tagalog, F.C., Gapasin, D.P., Ramirez, C.M. and Watanabe, I., 1985, A 14-day adaptability test on farmer's fields, Crop Science Society of the Philippines, 10(3):129-133.

Girgis M.G.Z., R.M. EL-Shahat., Al-Shaymaa., Ahmed, I. and Saleh, E.A., 2006, Propagation and Application of *Azolla pinnata* as an organic source of nitrogen for wheat, Annals of Agricultural Science Cairo, 51(2): 361-371.

Hechanova, S.C. Jr. and L.J. Curayag, 1987, Effects of phosphorus and molybdenum application on the yield and nitrogen content of azolla (*Azolla caroliniana*, Wildenow), Central Mindanao University, Musuan, Bukidnon (Philippines), Department, of Crop Science.

Sadeghi, R., R. Zarkami, K. Sabetraftar and Van Damme P., 2012, Use of support vector machines (SVMs) to predict distribution of an invasive water fern *Azolla filiculoides* (Lam.) in Anzali wetland, southern Caspian Sea, Iran Ecological Modelling. 243, 8-17 and 244, 117-126.

Taghi-Ganji, M., M. Khosravi, and R. Rakhshaee, 2005, Biosorption of Pb (²I), Cd (²I), Cu(²I) and Zn (II) from the wastewater by treated *A. filiculoides* with H2O2/MgCl2, International Journal of Environmental Science and Technology, 1: 265-271. Thesis, Fac Sci, Damietta, Mansoura Univ, Egypt.*

Tejaswini G.S., S. Mahadevakumar and Janardhana, G.R., 2015, Effect of *Azolla pinnata* on seed germination, vigour index, biomass and yield of French bean (Phaseolus vulgaris), Current Agriculture Research Journal 3(2): 137-141.

Wagner, G.M., 1997, Azolla: Aa review of its biology and utilization, Botanical Review, 63, 1-26.

การพัฒนาสีผลต่อคุณภาพเมล็ดพริกพันธุ์เหลืองทองของเกษตรกร บ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร

Fruit Color Development on Seed Quality of Lengtong Variety Chili in Nonsara Village, Chiang Khrua Subdistrict, Muang District, Sakon Nakhon Province

ศุภาวรรณ ประพันธ์[1] นัฐวัฒน์ ต้นคำใบ[1] และ วรรณญา พรหมบุตร[1]
Prapan, S.[1] Tonkhambai, N.[1] and Prombut, W.[1]

Abstract

A study of fruit color development on chili seed quality of Lengtong variety in order to determine fruit harvest time for seed production was performed at Nonsara village, Chiang Khrua Subdistrict, Muang District, Sakon Nakhon Province from November 2016 to February 2017. Blooming flowers were tagged for determining flowering date and fruits were harvested at three day intervals, started from 18 days after flowering (DAF) to 78 DAF. The result showed that 6 fruits color stages (green, light green, yellow, orange, red and dark red). Fruit color changed from orange to red at 57 DAF which was its physiological maturity stage. Seed dry weight was 369.00 mg/100seed. Its moisture content was 45.50%. Its standard germination was 83.00%. Its electrical conductivity was 112.40 µs/g. At 60-72 DAF, seed standard germination was 89.50-100.00%. Therefore, it suggested that harvesting red fruits at 57-72 DAF was the right time for seed production.

Keywords: Lengtong variety of chili, fruit color development, seed quality

บทคัดย่อ

ศึกษาการพัฒนาสีผลต่อคุณภาพเมล็ดพริกพันธุ์เหลืองทอง เพื่อกำหนดระยะการเก็บเกี่ยวผลสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ ทำในแปลงของเกษตรกรบ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2559 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2560 โดยผูกดอกที่บานเต็มที่เพื่อกำหนดวันดอกบาน เก็บเกี่ยวผลทุก 3 วัน โดยเริ่มจากอายุ 18 วันหลังดอกบาน ถึงอายุ 78 วันหลังดอกบาน ผลการทดลองพบว่า สีผลพริกพันธุ์เหลืองทองมี 6 ระยะการพัฒนา (สีเขียว สีเขียวอ่อน สีเหลือง สีส้ม สีแดง และสีแดงเข้ม) สีผลเปลี่ยนจากสีส้มไปเป็นสีแดงที่อายุ 57 วันหลังดอกบาน ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา น้ำหนักแห้งของเมล็ด คือ 369 มก./100 เมล็ด มีความชื้นในเมล็ด 45.50% มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 83.00% และค่าการนำไฟฟ้าในเมล็ด 112.40 ไมโครซีเมนต์/กรัม ที่อายุ 60-72 วันหลังดอกบาน เมล็ดมีความงอก 89.50-100.00% ดังนั้น ควรเก็บระยะผลสีแดง ที่อายุ 57-72 วันหลังดอกบาน เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์

คำสำคัญ: พริกพันธุ์เหลืองทอง การพัฒนาสีผล คุณภาพเมล็ดพันธุ์

คำนำ*

การประกอบอาชีพของเกษตรกรบ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร ส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพหลัก คือ อาชีพทำนา ควบคู่ไปกับการเลี้ยงสัตว์ ส่วนการประกอบอาชีพหลังนาที่สำคัญ คือ การปลูกพริก โดยพริกที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพริกขี้หนู สายพันธุ์ลูกผสมซุปเปอร์ฮอท และพริกพื้นเมืองพันธุ์เหลืองทอง (จิตติ และกัลยา, 2557) ซึ่งเป็นพริกขี้หนูผลใหญ่ เกษตรกรเลือกปลูกพันธุ์พริกเหลืองทองเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในจังหวัดและส่งไปจำหน่ายต่างจังหวัด เนื่องจากพริกเหลืองทองมีคุณสมบัติพิเศษคือมีกลิ่นหอม ตำละเอียดง่าย ไม่เน่าเสียง่าย สามารถตากเป็นพริกแห้งเก็บไว้บริโภคได้ ซึ่งผู้บริโภคใช้ประกอบอาหารเกือบทุกประเภท เช่น ต้มยำ แกง ผัด ตำน้ำพริก ส้มตำ (จารุวรรณ์ และเยาวรัตน์, 2557) การปลูกพริกพันธุ์เหลืองทองของเกษตรกรบ้านโนนศาลา เกษตรกรนิยมเก็บเมล็ดพริกไว้ใช้ทำพันธุ์เองหรือซื้อต้นกล้าต่อจากเกษตรกรที่เพาะขาย การทราบลักษณะพัฒนาการและการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์พืชเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพใน

[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, Thailand

การรักษาคุณภาพ การเก็บเกี่ยว การผลิตและการจัดการ เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสำหรับใช้ในการเพาะปลูกให้ได้ผลดียิ่งขึ้น (ขวัญจิตร และ วัลลภ, 2530) ดังนั้น หากทราบพัฒนาการของสีผลและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกเหลืองทองในระยะต่างๆ จะสามารถนำมาใช้กำหนดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ให้เหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์พริกเหลืองทองให้มีคุณภาพที่ดีต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกพริกพันธุ์เหลืองทองที่บ้านของนายสมบัติ นึกชอบ เกษตรกรผู้ปลูกพริกหมู่บ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร โดยปลูกแบบแถวคู่ ระยะ 40x20 เซนติเมตร ระยะระหว่างแถว 1.5 เมตร ดูแลรักษาตามวิธีการของเกษตรกร เมื่อพริกเหลืองทองเริ่มดอกบาน สังเกตการบานของดอก ผูกดอกที่บานเต็มที่ด้วยไหมสีต่างๆ เพื่อกำหนดวันดอกบาน เก็บผลพริกที่อายุ 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45, 48, 51, 54, 57, 60, 63, 66, 69, 72, 75 และ 78 วันหลังดอกบาน (Day after Flowering, DAF) เพื่อนำมาศึกษาพัฒนาการของสีผลโดยใช้คู่มือเทียบสีมาตรฐานแบบ R.H.S. Color Chart วัดตรงกลางของผล และผ่านำเมล็ดมาศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย ความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ด โดยใช้เวอร์เนียแบบดิจิตอล ความชื้นโดยการคำนวณจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งหลังอบ น้ำหนัก 100 เมล็ด ความงอกโดยใช้วิธีมาตรฐาน และความแข็งแรงของเมล็ดด้วยวิธีการหาค่าการนำไฟฟ้า

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การพัฒนาสีผลพริกพันธุ์เหลืองทอง : จากการศึกษาพัฒนาการสีผลพริกตั้งแต่อายุ 12-78 วันหลังดอกบาน พบว่า สีผลมีความแตกต่างกัน โดยผลพริกมีการพัฒนาสีผล 6 ระยะ ดังนี้ สีผลระยะที่ 1 ผลพริกมีสีเขียว ที่อายุ 12-30 วันหลังดอกบาน สีผลระยะที่ 2 ผลพริกมีสีเขียวอ่อน ที่อายุ 33-39 วันหลังดอกบาน สีผลระยะที่ 3 ผลพริกมีสีเหลือง ที่อายุ 42 วันหลังดอกบาน สีผลระยะที่ 4 ผลพริกมีสีส้ม ที่อายุ 45-51 วันหลังดอกบาน สีผลระยะที่ 5 ผลพริกมีสีแดง ที่อายุ 54-72 วันหลังดอกบาน และสีผลระยะที่ 6 สีพริกมีสีแดงเข้มและผลเริ่มเหี่ยว ที่อายุ 75-78 วันหลังดอกบาน ผลเริ่มเหี่ยว (Figure 1) การพัฒนาของผลจะมีการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุต่างๆ ตั้งแต่ในระยะที่เกิดดอกจนกระทั่งถึงระยะเมล็ดสุกแก่ (Physiological Maturity, PM) ทำให้สีผลเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีชี้วัดความสุกแก่ทางสรีรวิทยา (ชนันดา และคณะ, 2557)

ขนาดของเมล็ด : เมล็ดพริกพันธุ์เหลืองทองในช่วงอายุ 3-15 วันหลังดอกบาน มีขนาดค่อนข้างเล็ก จึงเริ่มวัดขนาดเมล็ดที่อายุ 18 วันหลังดอกบาน พบว่า *เมล็ดมีความกว้าง* 2.63 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับที่อายุ 21 และ 24 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีความกว้าง 2.54 และ 2.79 มิลลิเมตร จากนั้นเมล็ดมีพัฒนาการด้านความกว้างเพิ่มขึ้น จนถึงอายุ 57 วันหลังดอกบาน เมล็ดมีความกว้างสูงสุด 3.63 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับขนาดความกว้างของเมล็ดที่อายุ 60-78 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีความกว้าง 3.00-3.52 มิลลิเมตร *ความยาวของเมล็ด*ที่อายุ 18 วันหลังดอกบาน มีขนาด 4.43 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่อายุ 21-27 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีความยาวของเมล็ด 4.40-4.55 มิลลิเมตร เมล็ดมีการพัฒนาความยาวเพิ่มขึ้น และมีความยาวสูงสุด 5.57 มิลลิเมตร ที่อายุ 48 วันหลังดอกบาน *ความหนาของเมล็ด*ที่อายุ 18 วันหลังดอกบาน มีขนาด0.29 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับที่อายุ 21-27 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีความหนา 0.29-0.36 มิลลิเมตร เมล็ดมีความหนาสูงสุดที่อายุ 57 วันหลังดอกบาน (1.16 มิลลิเมตร) ไม่แตกต่างทางสถิติกับอายุ 45-78 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีความหนา 0.97-1.15 มิลลิเมตร จากผลการศึกษาแสดงพบว่าที่อายุ 48 วันหลังดอกบานเมล็ดมีความยาวสูงสุด ขณะที่ความกว้างและความหนายังมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นและมีขนาดสูงสุดที่อายุ 57 วันหลังดอกบาน สอดคล้องกับ ชุลีพร (2554) พบว่า การพัฒนาขนาดของเมล็ดพริกมีขนาดสูงสุดก่อนระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

ความชื้น : เมล็ดพริกที่อายุ 9 วันหลังดอกบานสูงสุด 95.59% ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่อายุ 12-21 วันหลังดอกบาน ที่มีความชื้น 89.90-91.43% (Figure 2) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับเมล็ดพืชทั่วไปคือระยะแรกหลังการปฏิสนธิเมล็ดมีความชื้นสูงกว่า 80% จากนั้นเมล็ดมีความชื้นลดลงที่อายุ 57 วันหลังดอกบานเมล็ดมีความชื้น 45.50% ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่อายุ 60-75 วันหลังดอกบาน ที่มีความชื้น 45.38-52.79%

น้ำหนัก 100 เมล็ด : เมล็ดพริกที่อายุ 9 วันหลังดอกบาน มีการสะสมน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด 3 มก./100 เมล็ด (Figure 2) จากนั้นเมล็ดมีการสะสมน้ำหนักเพิ่มขึ้นและมีน้ำหนักแห้งสูงสุด 369.00 มก./100 เมล็ด ที่อายุ 57 วันหลังดอกบาน ซึ่งถือเป็นระยะที่เมล็ดมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยา ไม่แตกต่างทางสถิติกับที่อายุ 54 และ 60-78 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีน้ำหนักแห้ง 344.0-368.0 มก./100 เมล็ด

เปอร์เซ็นต์ความงอก : เมล็ดพริกที่อายุ 9-33 วันหลังดอกบาน ยังไม่สามารถงอกได้ เนื่องจากต้นอ่อนยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ เมล็ดเริ่ม

งอกที่อายุ 36 วันหลังดอกบาน แต่มีความงอกต่ำเพียง 3.5% (Figure 2) จากนั้นเมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นตามพัฒนาการของเมล็ด โดยที่อายุ 57 วันหลังดอกบาน เมล็ดมีความงอก 83.0% ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่อายุ 60 และ 63 วันหลังดอกบาน ที่มีความงอก 86.5 และ 84.5% เมล็ดมีความงอก 100% ที่อายุ 69 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นความงอกลดลง โดยที่อายุ 75 และ 78 วันหลังดอกบาน มีความงอก 83.5 และ 80.0% ตามลำดับ

ค่าการนำไฟฟ้า : เมล็ดพริกที่อายุ 9 วันหลังดอกบาน มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด 411.71 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร/กรัม (Figure 2) เนื่องจากเมม เบรนของเมล็ดยังพัฒนาไม่เต็มที่ สารละลายที่อยู่ในเมล็ดจึงรั่วไหลออกมาได้ง่าย ทำให้เมล็ดมีค่าการนำไฟฟ้าสูง (Nerson and Paris, 1988) ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดลดลงตามพัฒนาการของอายุเมล็ด เมล็ดที่อายุ 27-78 วันหลังดอกบาน ค่าการนำไฟฟ้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 154.01-104.27 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร/กรัม และเมล็ดที่อายุ 57 วันหลังดอกบาน มีค่าการนำไฟฟ้า 112.40 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร/กรัม

สรุป

จากการศึกษาพัฒนาการสีผลและคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกพื้นเมืองพันธุ์เหลืองทอง ของเกษตรกรหมู่บ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร พบว่า

1. พริกพันธุ์เหลืองทองมีการพัฒนาสีผล 6 ระยะ คือ สีเขียว สีเขียวอ่อน สีเหลือง สีส้ม สีแดง และสีแดงเข้ม
2. มีระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 57 วันหลังดอกบาน ผลมีสีส้ม
3. อายุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บผลพริกเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์คือ ที่อายุ 57-72 วันหลังดอกบาน เนื่องจากมีความงอกสูง ความชื้นต่ำ

คำขอบคุณ

ขอบคุณคุณสมบัติ นึกชอบ เกษตรกรผู้ปลูกพริก บ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ขวัญจิตร สันติประชา, 2530, การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาว, วารสารสงขลานครินทร์, 9: 431-436.

จารุวรรณ์ บุญนำพา และเยาวรัตน์ ศรีวรานนท์, 2557, การจัดการการผลิตและการตลาดพริกพันธุ์เหลืองทองของเกษตรกร ตำบลขมิ้น อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร, ภาควิชาเศรษฐศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

จิตติ กิตติเลิศไพศาล และกัลยา กิตติเลิศไพศาล, 2557, การศึกษาฟังก์ชันการผลิต ศักยภาพ ประสิทธิภาพการผลิต และการตลาดพริกในจังหวัดสกลนคร, คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, สกลนคร.

ชนันดา ศรีบุญไชย ภานุมาศ ฤทธิ์ไชย เยาวพา จิระเกียรติกุล และพรชัย หาราโดน, 2557, พัฒนาการและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์กระเจี๊ยบแดง, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

ชุลีพร ไผ่ดา, 2554, พัฒนาการสีผลและการสุกแก่ของผลหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนูพันธุ์บุตรสี, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Nerson, H. and Paris, H.S., 1988, Effect of fruit age, fermentation and storage on germination of cucurbit seeds, Scientia Horticulturae, 35: 15-26.

Figure 1 Fruit color development and seed size of 'Lengtong' chili.

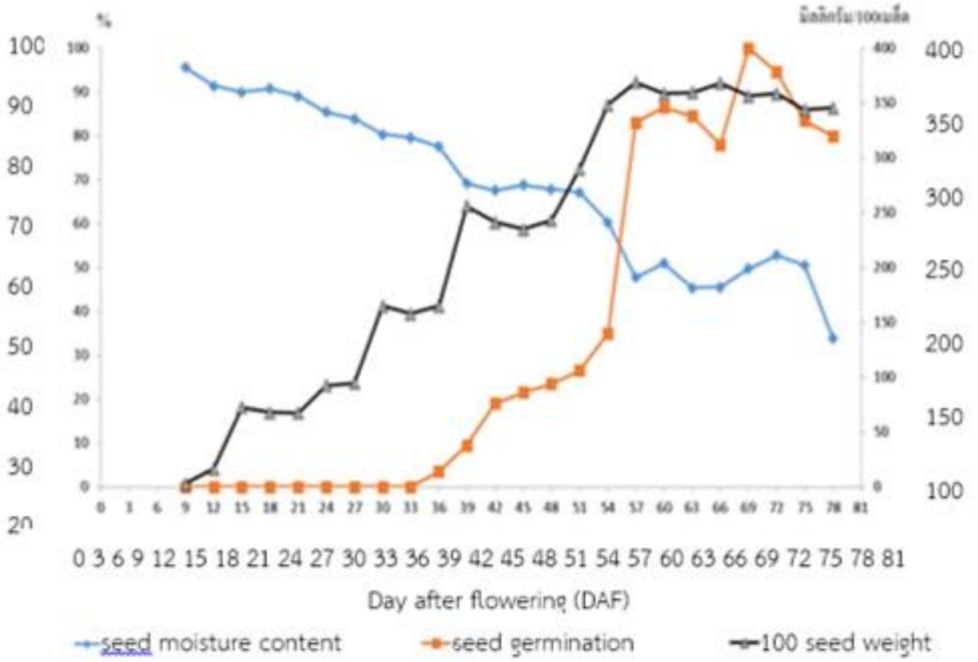


Figure 2 Seed moisture content (%), seed germination (%) and 100 seed weight (g) of 'Lengtong' chili.

เสถียรภาพของผลผลิตเมล็ดและชีวมวลในลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวีย
Stability of Seed Yield and Biomass in Interspecific Hybrids *Jatropha curcas* x *J. integerrima*

สินีนาฏ เกิดทรัพย์[1] อนุรักษ์ อรัญญนาค[2] พัชรินทร์ ตัญญะ[2] พรศิริ เลี้ยงสกุล[2] และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์[2]
Kerdsap, S.[1], Arunyanark, A.[2], Tanya, P.[2], Liangsakul, P.[2] and Srinives, P.[2]

Abstract

Objectives of this research were to assess the effect of genotypes and environments on yield and biomass traits, and to evaluate the relationship between yield and biomass of the interspecific hybrids between *Jatropha curcas* and *J. integerrima*.Nineteen backcross hybrid lines were evaluated in the field during 2013-2015.Data were collected on fruit dry-weight, seed dry-weight, %shelling and biomass weight. The difference among genotypes (G) was found in all traits. Effect of environment (E) was significant on fruit dry-weight, seed dry-weight and biomass except %shelling. The GxE interaction effect was detected only in biomass. Interspecific hybrid jatropha gave higher yield and biomass in the second year than the first year. The highest yield and biomass were KCI6(4)7, KCI1(9)1andM10CI8(1)4. There were positive correlations between biomass with fruit and seed dry-weight (r=0.63** and 0.64**). This result indicated that yield and biomass were stability traits, which can be used together as selection criteria for breeding program of interspecific hybrid Jatropha.

Keywords: *Jatropha curcas*, *J. integerrima*, biomass yield, interspecific hybrids

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลและหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับชีวมวลในลูกผสมกลับข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวีย จำนวน 19 สายพันธุ์ปลูกทดสอบในสภาพไร่เป็นระยะเวลา 2 ปี เก็บข้อมูลน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และน้ำหนักชีวมวลโดยพบความแปรปรวนทางพันธุกรรมในทุกลักษณะที่ศึกษาและพบอิทธิพลของสภาพแวดล้อมในลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนักชีวมวลยกเว้นเปอร์เซ็นต์กะเทาะ นอกจากนี้ ยังไม่พบอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมต่อทุกลักษณะที่ศึกษา ยกเว้นน้ำหนักชีวมวล ลูกผสมข้ามชนิดมีผลผลิตและชีวมวลในปีที่ 2 สูงกว่าปีที่ 1 สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและชีวมวลสูงสุด คือ KCI9(4)7, KCI1(9)1 และ M10CI8(1) 4นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างชีวมวลกับน้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้ง (r=0.63** และ 0.64**) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผลผลิตและชีวมวลในลูกผสมข้ามชนิดเป็นลักษณะที่มีเสถียรภาพสูง และสามารถปรับปรุงทั้งสองลักษณะพร้อมกันได้

คำสำคัญ:สบู่ดำ,เข็มปัตตาเวีย, ชีวมวล, ลูกผสมข้ามชนิด

คำนำ

สบู่ดำ (*Jatropha curcas*L.) สามารถปลูกได้ในทุกภาคของประเทศไทย เป็นพืชพลังงานที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทางเลือก เนื่องจากน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดสบู่ดำสามารถนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลที่มีคุณภาพดีสบู่ดำเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่อายุ 4 เดือนหลังปลูก และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดได้ จนอายุ 12 เดือน (Muakrong., 2014) จึงมีการตัดฟันต้นสบู่ดำและปล่อยให้ต้นสบู่ดำเจริญเติบโตใหม่และให้ผลผลิตในปีต่อไป สบู่ดำเมื่อปลูกแล้วสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่ปีแรกและเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อเนื่องได้หลายปีโดยในแต่ละปีต้องมีการตัดฟันส่วนของลำต้นและกิ่งออก อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากเมล็ดสบู่ดำเพียงอย่างเดียวอาจได้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน จึงควรหาแนวทางในการใช้ประโยชน์จากส่วนอื่นๆ ของต้นสบู่ดำ โดยเฉพาะส่วนของลำต้นและกิ่งที่ถูกตัดฟันออกทุกปี จึงมีชีวมวลจำนวนมากที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น เยื่อกระดาษ ปุ๋ยหมักชีวภาพ ชีวมวลอัดแท่ง และเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า (สมบัติ, 2548)

สายพันธุ์สบู่ดำที่มีการสำรวจในประเทศไทย พบว่ามีผลผลิตต่ำและไม่สม่ำเสมอ จึงควรมีการปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำให้มีศักยภาพเพียงพอที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรได้เพาะปลูกต่อไป แต่สบู่ดำมีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำจึงเป็นอุปสรรคต่อการปรับปรุงพันธุ์ อย่างไรก็ตาม สบู่ดำสามารถข้ามชนิดกับพืชในสกุลเดียวกันได้ (Tanya, 2011) การปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำด้วยวิธีสร้างลูกผสมข้ามชนิด โดยเฉพาะกับเข็มปัตตาเวีย (*J. Integerrima* Jacq.) ซึ่งเป็นพืชสกุลเดียวกันที่มีเนื้อไม้แข็ง ออกดอกตลอดทั้งปี ทนทานต่อโรคและแมลง (Muakrong, 2014) จึงเป็นการขยายฐานพันธุกรรมของสบู่ดำให้มีการกระจายตัวกว้างขึ้นและอาจคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณผลผลิต

[1]หลักสูตรการปรับปรุงพันธุ์พืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1]Plant Breeding Program, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Nakhon Pathom 73140
[2]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Nakhon Pathom 73140

เมล็ดและชีวมวลเพิ่มมากขึ้น รวมถึงมีคุณภาพมีคุณภาพเนื้อไม้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับสายพันธุ์ดั้งเดิม และเนื่องจากสบู่ดำเป็นพืชที่มีอายุหลายปีโดยจะมีการเจริญเติบโตใหม่ทุกปีบนต้นตอเดิมที่ถูกตัดฟัน อิทธิพลของสภาพแวดล้อมในแต่ละปีที่แตกต่างกัน รวมถึงการตัดฟันต้นสบู่ดำจึงอาจมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตทั้งเมล็ดและชีวมวลของสบู่ดำ การคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำจึงควรมีการประเมินสายพันธุ์เป็นเวลาอย่างน้อยสองปี ทั้งก่อนและหลังการตัดฟันต้น นอกจากนี้ลักษณะที่ใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำควรเป็นลักษณะที่มีเสถียรภาพสูง คือเป็นลักษณะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (genotype × environment interaction) สามารถให้ผลการคัดเลือกสายพันธุ์ที่คล้ายคลึงกันแม้ว่าสภาพแวดล้อม จะแตกต่างกัน (Becker, 1988) ดังนั้น ลักษณะที่มีเสถียรภาพจึงช่วยให้การคัดเลือกสายพันธุ์มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

ลักษณะผลผลิตและชีวมวลเป็นลักษณะที่สำคัญต่อการเพาะปลูกสบู่ดำในงานปรับปรุงพันธุ์จึงต้องหาวิธีการคัดเลือกทั้งสองลักษณะไปพร้อมกัน อย่างไรก็ตามการปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำยังขาดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดและชีวมวลเพื่อใช้ในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำลูกผสม การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวลและหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดกับชีวมวลในลูกผสมกลับข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวีย

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกทดสอบลูกผสมกลับข้ามชนิด ที่ได้จากการนำลูกผสมข้ามชนิด ระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวีย(*J. curcas* x *J. integerrima*; CI) ชั่วรุ่นที่ 1(F_1) ผสมกลับไปยังสบู่ดำ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท (Cn), แพร่ (P), โคราช (K), เม็กซิโก8 (M8) และเม็กซิโก10 (M10) จนได้ลูกผสมกลับ(back cross) ข้ามชนิดชั่วรุ่นที่ 1 (BC_1) และคัดเลือกจนเหลือ 19 สายพันธุ์ คือ CnCI4(1)7, CnCI5(1)4, CnCI7(3)4, PCI6(1)3, PCI4(4)4, KCI1(2)4, KCI1(9)1, KCI9(4)1, KCI9(4)7, M8CI3(3)1, M8CI3(1)1, M8CI4(1)7, M8CI5(1)2, M10CI2(1)2, M10CI2(1)4, M10CI2(1)7, M10CI7(1)6, M10CI8(1)4 และ Unknown (ลูกผสมข้ามชนิดที่ไม่ทราบต้นพ่อ) ปลูกทดสอบในสภาพไร่ เป็นระยะเวลา 2 ปี (2013-2015) ใช้แผนการทดลองแบบ Ramdomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ระยะปลูก 1x1.5 เมตร โดยปีที่ 1 เก็บข้อมูลน้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้งในรอบ 1 ปี และคำนวณหา %กะเทาะ จากนั้นทำการตัดฟันกิ่งและลำต้น ครั้งที่ 1 เมื่ออายุ 1 ปีหลังปลูกโดยตัดฟันลำต้นสูงจากพื้นดิน 30 เซนติเมตร นำลำต้นที่ตัดทั้งหมดมาชั่งน้ำหนักสด บันทึกเป็นน้ำหนักสดชีวมวล จากนั้นปล่อยให้ต้นตอของสบู่ดำแตกกิ่งเจริญเติบโตใหม่และเก็บข้อมูลน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง คำนวณหา%กะเทาะเช่นเดียวกับปีที่ 1 เมื่ออายุครบ 1 ปี จึงตัดฟันลำต้นและเก็บเกี่ยวชีวมวลในปีที่ 2นำข้อมูลผลผลิตและชีวมวลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสอง ปี จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับชีวมวลของสบู่ดำลูกผสมกลับข้ามชนิด

ผลและวิจารณ์ผล

พบอิทธิพลของสภาพแวดล้อม (environment; E) ที่เกิดจากการตัดฟันต้นสบู่ดำลูกผสม ต่อลักษณะน้ำหนักผลแห้งน้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนักชีวมวล (Table1) แต่ไม่พบอิทธิพลของการตัดฟันต่อลักษณะ%กะเทาะ สบู่ดำลูกผสมมีผลผลิตเมล็ดและชีวมวลในปีที่ 2 สูงกว่าปีที่ 1 โดยมีน้ำหนักผลแห้ง 228.43 กรัมต่อต้น ในปีที่ 2 และ 143.25 กรัมต่อต้นในปีที่ 1 น้ำหนักเมล็ดแห้ง 113.20 กรัมต่อต้นในปีที่ 2 และ 73.07 กรัมต่อต้นในปีที่ 1 และน้ำหนักชีวมวล 4.89 กิโลกรัมต่อต้นในปีที่ 2 และ 3.55 กิโลกรัมต่อต้นในปีที่ 1แต่มี % กะเทาะที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่าง 2 ปี คือ 50.90 % ในปีที่ 2 และ 49.58 %ในปีที่ 1 ผลการทดลองแสดงว่าหลังการตัดฟันสบู่ดำลูกผสมจะมีผลผลิตเมล็ดและชีวมวลเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลของพันธุกรรม (genotype; G) ในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา โดยสายพันธุ์ที่มีผลผลิตและชีวมวลสูง คือ สายพันธุ์ KCI9(4)7มีค่าเฉลี่ย 2 ปีของน้ำหนักผลแห้ง 306.95 กรัมต่อต้น น้ำหนักเมล็ดแห้ง 155.84 กรัมต่อต้น % กะเทาะ 49.96% และน้ำหนักชีวมวล 6.39 กิโลกรัมต่อต้น สายพันธุ์ KCI1(9)1 มีค่าเฉลี่ย 2 ปีของน้ำหนักผลแห้ง 216.28 กรัมต่อต้น น้ำหนักเมล็ดแห้ง 114.15 กรัมต่อต้น %กะเทาะ 52.29 % และน้ำหนักชีวมวล 8.06 กิโลกรัมต่อต้น และสายพันธุ์ M10CI8(1)4 มีค่าเฉลี่ย 2 ปีของน้ำหนักผลแห้ง 243.34 กรัมต่อต้น น้ำหนักเมล็ดแห้ง 123.95 กรัมต่อต้น % กะเทาะ 50.46% และน้ำหนักชีวมวล 10.77 กิโลกรัมต่อต้น ไม่พบอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ในลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และ % กะเทาะ แต่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในลักษณะน้ำหนักชีวมวลจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การตัดฟันต้นสบู่ดำมีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดและชีวมวลสูงขึ้น ดังนั้นจึงควรทำการทดสอบผลผลิตและชีวมวลซ้ำหลายๆปี เพื่อให้ผลการประเมินมีแม่นยำความน่าเชื่อถือมากขึ้น และการพบความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวล แสดงให้เห็นว่าสามารถคัดเลือกสบู่ดำลูกผสมสายพันธุ์ดีเด่นที่ให้ผลผลิตเมล็ดและชีวมวลสูงได้ และลักษณะผลผลิตเมล็ดไม่ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมแสดงว่า ผลผลิตเมล็ดเป็นลักษณะที่มีเสถียรภาพ

พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างข้อมูลในปีที่ 1 และปีที่ 2 ในลักษณะน้ำหนักผลแห้ง (r = 0.70**) และน้ำหนักชีวมวล(r = 0.63**) (Fig.1) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในปีที่ 1 และปีที่ 2ในลักษณะน้ำหนักเมล็ดแห้งและ % กะเทาะด้วย (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แสดงว่า การประเมินสายพันธุ์ลูกผสมโดยใช้ลักษณะน้ำหนักผลผลิตและน้ำหนักชีวมวลให้ผลการทดสอบที่คล้ายคลึงกันทั้งปีที่ 1 และปีที่ 2 พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักชีวมวลกับน้ำหนักผลแห้ง (r = 0.63**) และน้ำหนักชีวมวลกับน้ำหนักเมล็ดแห้ง (r=0.64**) (Fig.2) แสดงว่าหากสบู่ดำลูกผสมมีผลผลิตเมล็ดสูงก็จะมีน้ำหนักชีวมวลสูงด้วย และสามารถคัดเลือกสบู่ดำลูกผสมสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเมล็ดและชีวมวลสูงพร้อมกันได้

สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดมีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดและชีวมวลในปีที่ 2 มากกว่าปีที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ พิชัย (2548) ที่ระบุว่า เมื่อมีการตัดฟันต้นสบู่ดำอย่างสม่ำเสมอทุกปีจะทำให้ผลผลิตในปีถัดไปเพิ่มมากขึ้น จากงานงานวิจัยของ Gawali และคณะ (2016) พบความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดของสบู่ดำ แต่สำหรับงานวิจัยนี้พบว่า การสร้างสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด สามารถสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวล นอกจากนี้ จากรายงานของ Muakrong และคณะ (2013) ยังพบความแปรปรวนของลักษณะสีดอกและขนาดทรงพุ่มในสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดอีกด้วย และลักษณะผลผลิตส่วนใหญ่ไม่พบอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมจึงทำให้ผลของการคัดเลือกลำดับสายพันธุ์มีความคงที่สามารถคัดเลือกได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่าง 2 ปีในลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวล แสดงให้เห็นว่าสบู่ดำลูกผสมสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเมล็ดและชีวมวลสูงในปีแรกก็จะมีแนวโน้มให้ผลผลิตและชีวมวลสูงในปีต่อมาด้วยผลการวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่า ลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวลเป็นลักษณะที่มีเสถียรภาพสูง สามารถนำมาใช้คัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังพบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดกับชีวมวล แสดงสามารถคัดเลือกลูกผสมสายพันธุ์ที่มีความดีเด่นทั้งลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวลไปพร้อมกัน และสามารถนำลูกผสมและข้อมูลจากการทดลองนี้ไปใช้ในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ปลูกสบู่ดำลูกผสมต่อไป

สรุปผล

อิทธิพลของสภาพแวดล้อมเนื่องจากการตัดฟันในแต่ละปีมีผลกระทบต่อลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวล โดยผลผลิตเมล็ดและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดที่ถูกตัดฟันในปีแรกจะให้ผลผลิตสูงขึ้นในปีที่สอง และลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวลมีความแปรปรวนทางพันธุกรรม จึงสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีผลผลิตเมล็ดและชีวมวลสูงได้ ได้แก่ สายพันธุ์ KCI9(4)7, KCI1(9)1 และ M10CI8(1)4 นอกจากนี้ยังพบว่า ลักษณะผลผลิตเมล็ดไม่มีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมและลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวลให้ผลการคัดเลือกสายพันธุ์ที่คล้ายคลึงกันในแต่ละปี ทั้งสองลักษณะจึงเป็นลักษณะที่มีเสถียรภาพ การใช้ลักษณะผลผลิตและชีวมวลในการคัดเลือกจึงมีประสิทธิภาพสูงในงานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำ นอกจากนี้ลักษณะผลผลิตเมล็ดและชีวมวลยังมีความสัมพันธ์กันสูงจึงสามารถคัดเลือกและปรับปรุงทั้งสองลักษณะไปพร้อมกันได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการทุน NSTDA Chair Professor ของ ประจำปี 2554 ภายใต้ความร่วมมือระหว่างกันระหว่างมูลนิธิสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์กับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

พิชัย สราญรมย์, 2548, น้ำมันสบู่ดำกับเครื่องยนต์ดีเซล, สบู่ดำพลังงานสายพันธุ์ใหม่ 2005 เอกสารแจกประกอบการสัมมนาทางการเกษตรในจังหวัดจันทบุรีในช่วงปี 2548.

สมบัติ ชิณะวงศ์, 2548, สบู่ดำ (Physic nut): พืชพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพ. เกษตรกรรมธรรมชาติ, 8: 28-31.

Becker H.C., and Léon J., 1988, Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding, 101(1): 1–23.

Gawali A.S., Wagh R.S. and Sonawane C.J., 2016, Genetic variability in growth and seed traits of *Jatropha curcas* L. germplasm for genetic tree improvement, Forest Res, 5: 171.

Muakrong N., Phetcharat C., Tanya P., and Srinives P., 2013, Breeding field crops for ornamental purpose:A case In Jatropha spp. Proceeding International Conference on Tropical Horticultures, 17-s21.

Muakrong N., 2014., Interspecific jatropha hybrid as a new promising source of woody biomass, Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization, 12(0): s17 – s20.

Tanya P., Taeprayoon P., Hadkam Y., and Srinives P., 2011, Genetic diversity among Jatropha and Jatropha-related species based on ISSR markers, Plant Mol. Biol. Rep, 29: 252–264.

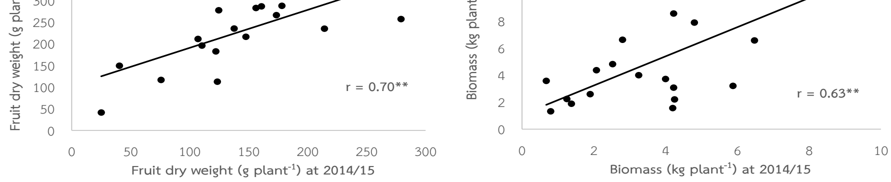


Fig. 1 Genotypic performance in fruit dry weight and biomass of interspecific hybrids (n = 19) in 2013/2014 and 2014/2015crop years. r = correlation coefficient, **significant at P ≤ 0.01.

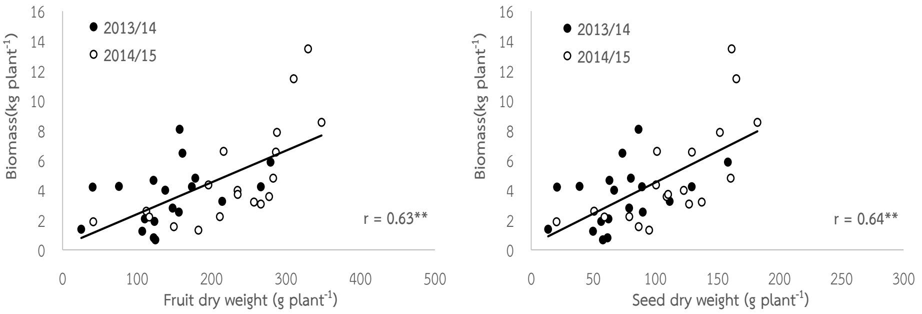


Fig. 2 Relationship between biomass with fruit and seed of interspecific hybrids (n = 19) in 2013/14 and 2014/15crop years. r = correlation coefficient, **significant at P < 0.01.

Table 1 Fruit dry weight, seed dry weight, % shelling and biomass fresh weight of interspecific hybrids between *Jatropha curcas* and *J. integerrima* in 2013/14 and 2014/15 crop years.

Genotype	Fruit dry weight (g plant^{-1})	Seed dry weight (g plant^{-1})	% Shelling	Biomass (kg plant^{-1})
Year				
2013/14	143.25	73.07	50.90	3.55
2014/15	228.43 a	113.20 a	49.58	4.89
F-test	**	**	ns	**
Genotypes				
CnCI4(1)7	219.44^{bcd}	125.28^{abc}	57.49^{a}	3.67^{def}
CnCI5(1)4	223.63^{a-d}	101.50^{cde}	44.45^{hi}	6.51^{bc}
CnCI7(3)4	232.94^{a-d}	116.13^{a-d}	49.27^{d-h}	6.34^{bc}
PCI6(1)3	117.90^{e-h}	53.52^{fg}	45.29^{ghi}	2.24^{efg}
PCI4(4)4	219.85^{bcd}	108.25^{b-e}	48.76^{e-h}	3.65^{def}
KCI1(2)4	94.87^{gh}	53.69^{fg}	54.62^{abc}	2.88^{d-g}
KCI1(9)1	216.28^{bcd}	114.15^{a-d}	52.29^{b-e}	8.06^{b}
KCI9(4)1	224.57^{a-d}	117.25^{a-d}	52.59^{b-e}	3.62^{def}
KCI9(4)7	306.95^{a}	155.84^{a}	49.96^{c-g}	6.39^{bc}
M8CI3(3)1	201.00^{b-e}	83.37^{c-f}	42.07^{i}	2.12^{efg}
M8CI1(1)1	159.04^{c-g}	64.37^{ef}	42.27^{i}	1.74^{efg}
M8CI4(1)7	33.14^{h}	17.06^{g}	53.15^{a-e}	1.63^{fg}
M8CI5(1)2	152.31^{d-g}	78.24^{def}	55.44^{ab}	1.06^{g}
M10CI2(1)2	96.08^{fgh}	48.98^{fg}	50.80^{b-e}	3.22^{def}
M10CI2(1)4	153.09^{d-g}	81.40^{c-f}	53.80^{a-d}	3.22^{def}
M10CI2(1)7	181.98^{b-f}	90.13^{c-f}	50.53^{c-f}	4.70^{cd}
M10CI7(1)6	268.07^{ab}	147.93^{ab}	55.52^{ab}	4.54^{cd}
M10CI8(1)4	243.34^{abc}	123.95^{abc}	50.46^{c-f}	10.77^{a}
Unknown	186.45^{b-e}	88.54^{c-f}	45.81^{f-i}	3.86^{de}
F-test	**	**	**	**
GenotypexYear				
F-test	ns	ns	ns	**
Mean	185.84	93.14	50.24	4.22

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT).ns, not significant at P < 0.05; *, significant for P < 0.05; **, significant for P < 0.01.

การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสม
Evaluation of the Relationship between Seed Yield and Biomass in Hybrid Jatropha

วิไลรัตน์ ฤกษ์วิรี[1] อนุรักษ์ อรัญญนาค[2] พัชรินทร์ ตัญญะ[2] พรศิริ เลี้ยงสกุล[2] และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์[2]
Roekwiree, W.[1], Arunyanark, A.[2], Tanya, P.[2], Liangsakul, P.[2] and Srinives, P.[2]

Abstract

The objectives of this research study the effect of genotype and environment on seed yield and biomass, and evaluate the correlation between seed yield and biomass of hybrid jatropha. Thirteen hybrid jatropha were evaluated under field experiments during year 2013-2015. The effects of genotypes (G) and environments (E) were significant for fruit dry weight, seed dry weight, percent shelling and biomass weight. Moreover, G x E interactions were significant for all traits. Hybrid jatropha had high yield and biomass in the second year than the first year. The highest yield and biomass were in KU33AxM2/3, KU27AxM2/5 and T1xM2/17. Furthermore, there were positive correlations between biomass with fruit dry-weight and seed dry-weight (r=0.84** and 0.88**), it indicated that selection of hybrid jatropha for yield and biomass can be done together.

Keywords: intraspecific hybrids, yield stability, seed yield, biomass yield

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อผลผลิตเมล็ดและชีวมวล และประเมินความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดกับชีวมวลของสบู่ดำลูกผสม โดยปลูกทดสอบสบู่ดำลูกผสมจำนวน 13 สายพันธุ์ ในสภาพไร่เป็นระยะเวลา 2 ปี (2013-2015) ผลการทดลอง พบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของสบู่ดำลูกผสมและอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการตัดฟันต่อลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง % กะเทาะ และน้ำหนักชีวมวล และพบอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในทุกลักษณะที่ศึกษา ลูกผสมมีผลผลิตและชีวมวลในปีที่ 2 สูงกว่าปีที่ 1 สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและชีวมวลสูงที่สุด คือ KU33AxM2/3, KU27AxM2/5 และ T1xM2/17 นอกจากนี้ ยังพบความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักชีวมวลกับน้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้ง (r = 0.84** และ 0.88**) แสดงให้เห็นว่าสามารถคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมที่ให้ผลผลิตและชีวมวลสูงไปพร้อมกัน และสายพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำต่อไป

คำสำคัญ: ลูกผสมภายในชนิด เสถียรภาพของผลผลิต ผลผลิตเมล็ด ผลผลิตชีวมวล

คำนำ

สบู่ดำ (*Jatropha curcas* Linn.) เป็นพืชพลังงานที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกากลาง อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดกลาง ขยายพันธุ์ได้ง่าย เจริญเติบโตเร็ว ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง มีการปรับตัวเข้ากับสภาพเพาะปลูกได้กว้างขวาง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล และนำกากที่เหลือมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตอาหารสัตว์ (Behera และคณะ 2010) สบู่ดำสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่ปีแรกและสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดได้อีกหลายปีหลังปลูก โดยในแต่ละปีจำเป็นต้องมีการตัดแต่งกิ่งและลำต้น เพื่อให้มีการเจริญเติบโตใหม่และให้ผลผลิตในปีถัดไป (Samsam, 2013) ดังนั้นในแต่ละปีจึงมีชีวมวลของสบู่ดำจากลำต้น กิ่ง ใบ และเปลือกผลแห้งปริมาณมาก อย่างไรก็ตามการปลูกสบู่ดำยังไม่มีความยั่งยืนในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากสบู่ดำให้ผลผลิตเมล็ดต่ำ ดังนั้นผู้ปลูกจึงได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่ำด้วย การเพาะปลูกสบู่ดำเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน จึงต้องมีการพัฒนาพันธุ์เพื่อเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิต รวมทั้งต้องพัฒนาแนวทางการใช้ประโยชน์จากสบู่ดำให้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะชีวมวลของสบู่ดำที่อาจจะนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและชีวมวลอัดแท่ง (wood pellets) หรือสามารถนำเนื้อไม้ไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ หรือไม้อัด (Muakrong

[1] หลักสูตรการปรับปรุงพันธุ์พืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Plant Breeding Program, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140
[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

และคณะ 2013) เช่นเดียวกับไม้โตเร็วหลายชนิดที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา กระถินยักษ์ และกระถินเทพณรงค์ (มะลิวัลย์ และคณะ, 2553) เพื่อเพิ่มผลตอบแทนให้เกษตรกรผู้ปลูกสบู่ดำ

สบู่ดำเป็นพืชที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ (Basha และคณะ, 2009; Na-ek และคณะ, 2011) การปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน โดยวิธีการสร้างลูกผสมจากสายพันธุ์พ่อและแม่ที่มีฐานพันธุกรรมแตกต่างกัน เช่น สบู่ดำสายพันธุ์ไทยกับสายพันธุ์ต่างประเทศ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาคุณภาพและปริมาณผลผลิตให้สูงขึ้น (Tanya และคณะ, 2011) อีกทั้งการปรับปรุงพันธุ์ยังต้องคำนึงถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อม เนื่องจากสบู่ดำมีอายุหลายปีและต้องถูกตัดฟันทุกปี การเจริญเติบโตและผลผลิตทั้งก่อนและภายหลังการตัดฟันจึงมีความสำคัญต่อการคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำ และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมจากการตัดฟันต้นสบู่ดำอาจมีผลกระทบต่อเสถียรภาพของสายพันธุ์ในการให้ผลผลิตเมล็ดและชีวมวลภายหลังการตัดฟันด้วย

ลักษณะผลผลิตและชีวมวลเป็นลักษณะที่มีความสำคัญต่อการเพาะปลูกสบู่ดำเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน ดังนั้น ในงานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำจึงต้องปรับปรุงทั้งสองลักษณะไปพร้อมกัน แต่อย่างไรก็ตาม ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองลักษณะ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่องานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรม และอิทธิพลของการตัดฟันต่อผลผลิตและชีวมวล และหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสม

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบสบู่ดำลูกผสม ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์สบู่ดำจากประเทศพม่า (Toungoo; T) สายพันธุ์จากประเทศเม็กซิโก (Mexico; M) และสายพันธุ์จากประเทศไทย (KU) จำนวน 13 สายพันธุ์ ได้แก่ T1 x M2/17, T1x M2/22, T1 x M2/24, T2 x M2/8, T2 x M2/13, T2 x M2/19, T3 x M2/9, T3 x M2/10, KU27A x M2/5, KU27A x M2/10, KU27B x M2/13, KU27B x M2/18 และ KU33A x M2/3 โดยปลูกทดสอบในสภาพไร่ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ใช้ระยะปลูก 1 × 1.5 เมตร โดยในปีแรก เก็บรวบรวมผลผลิตในรอบ 1 ปี บันทึกข้อมูลน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และ % กะเทาะ เมื่อต้นสบู่ดำลูกผสมมีอายุครบ 1 ปีหลังปลูก ทำการตัดฟันลำต้นระดับสูงเหนือพื้นดิน 30 เซนติเมตร นำต้นสบู่ดำที่ถูกตัดมาชั่งน้ำหนักเพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักสดรวม และบันทึกข้อมูลน้ำหนักชีวมวลในปีแรก จากนั้นปล่อยให้ต้นเจริญเติบโตใหม่ จนครบ 1 ปี เก็บรวบรวมผลผลิตและทำการตัดฟันเก็บเกี่ยวผลผลิตชีวมวลในปีที่ 2 และบันทึกข้อมูลผลผลิตและชีวมวลเช่นเดียวกับปีที่ 1

ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษา พบอิทธิพลทางพันธุกรรม (G) ต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสม 13 สายพันธุ์ โดยพบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง % กะเทาะ และน้ำหนักชีวมวล (Table 1) โดยน้ำหนักผลแห้งมีค่าระหว่าง 187.80 ถึง 324.12 กรัมต่อต้น (ไม่ได้แสดงข้อมูล) น้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่าระหว่าง 106.83 ถึง 172.92 กรัมต่อต้น % กะเทาะค่าระหว่าง 52.72 ถึง 58.64 % และน้ำหนักชีวมวลมีค่าระหว่าง 2.56 ถึง 4.89 กิโลกรัมต่อต้น แสดงให้เห็นว่า ลักษณะเหล่านี้มีความแปรปรวนทางพันธุกรรม จึงสามารถใช้ลักษณะดังกล่าวในการคัดเลือกสบู่ดำลูกผสม โดยสายพันธุ์ KU33A x M2/3 ที่เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ไทย (KU33A) กับสายพันธุ์เม็กซิโก (M2/3) ให้ผลผลิตและชีวมวลสูงที่สุด มีน้ำหนักผลแห้ง 324.12 กรัมต่อต้น น้ำหนักเมล็ดแห้ง 172.92 กรัมต่อต้น % กะเทาะ 52.72% และชีวมวลเท่ากับ 3.6 กิโลกรัมต่อต้น และอิทธิพลของสภาพแวดล้อม (E) หลังการปลูกในปีที่ 1 และหลังการตัดฟันในปีที่ 2 มีผลกระทบต่อลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง % กะเทาะ และน้ำหนักเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (G×E interaction) ต่อลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง % กะเทาะ และน้ำหนักชีวมวล การใช้ลักษณะเหล่านี้ในการคัดเลือกเป็นอุปสรรค์ต่องานปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากสายพันธุ์ที่ทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงลำดับของลักษณะผลผลิตและชีวมวลไปตามสภาพแวดล้อม และอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมยังเป็นปัจจัยทำให้การแสดงลักษณะไม่ตรงตามพันธุกรรม เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ก่อนและหลังการตัดฟัน ดังนั้นในการปลูกทดสอบสายพันธุ์จึงควรทำการทดสอบผลผลิตมากกว่า 1 ปี เพื่อประเมินแนวโน้มผลผลิต หรือทำการทดสอบเป็นเวลาหลายปีเพื่อให้ได้ผลการคัดเลือกสายพันธุ์ได้ถูกต้อง

สบู่ดำลูกผสมที่ผ่านการตัดฟันในปีที่ 2 มีปริมาณผลผลิตและชีวมวล สูงกว่าในปีที่ 1 (Figure 1) โดยในปีที่ 2 มีน้ำหนักผลแห้ง เพิ่มขึ้น 87.87 % น้ำหนักเมล็ดแห้ง เพิ่มขึ้น 99.94 % และน้ำหนักชีวมวล เพิ่มขึ้น 180 % ในขณะที่ % กะเทาะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 5.60 % เมื่อเทียบกับปีที่ 1 แสดงว่า ต้นสบู่ดำที่ผ่านการตัดฟันจะมีผลผลิตและชีวมวลเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษา

ของ Samsam (2013) และ Santoso และคณะ (2016) ซึ่งรายงานว่า ภายหลังจากการตัดฟันจะทำให้ต้นสบู่ดำมีการเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนกิ่ง และกระตุ้นให้เกิดช่อดอกที่สมบูรณ์ ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่มผลผลิต อย่างไรก็ตาม การตัดฟันมีอิทธิต่อ % กะเทาะเพียงเล็กน้อย เนื่องจากทั้งน้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้งต่างเพิ่มขึ้นหลังการตัดฟัน ทำให้เมื่อนำมาคำนวณสัดส่วนระหว่างหนักผลแห้งต่อน้ำหนักเมล็ดแห้ง (% กะเทาะ) จึงไม่เปลี่ยนแปลงจากปีที่ 1 มากนัก นอกจากนี้ เนื่องจากสบู่ดำเป็นพืชที่มีอายุยาว ซึ่งอาจมากกว่า 20 ปี แต่การศึกษานี้ได้ทำการทดลองเพียงสองปีเท่านั้นจึงสรุปได้เพียงว่าหลังการตัดฟันสบู่ดำจะมีผลผลิตและปริมาณชีวมวลเพิ่มขึ้น แต่สำหรับเสถียรภาพของผลผลิตและชีวมวลของสายพันธุ์สบู่ดำในระยะยาวนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับชีวมวลของสบู่ดำลูกผสม พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูงในเชิงบวกทั้งสองปี โดยน้ำหนักชีวมวลมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักผลแห้ง (r=0.84**) (Figure 2) และน้ำหนักเมล็ดแห้ง (r =0.88**) แสดงว่า สบู่ดำที่มีน้ำหนักชีวมวลสูงจะมีผลผลิตสูงเช่นกัน ดังนั้นในงานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำลูกผสมจึงสามารถคัดเลือกลักษณะผลผลิตกับชีวมวลไปพร้อมกัน

สบู่ดำลูกผสมที่มีผลผลิตและชีวมวลสูงมักมีทรงพุ่มใหญ่ขึ้น การปลูกในระยะปลูกเดิม คือ 1 x 1.5 เมตร อาจแคบเกินไปจนมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ดังนั้นอาจต้องขยายระยะปลูกสบู่ดำเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 x 1.5 เมตร หรือ 2 x 1.5 เมตร ซึ่งจะต้องมีการศึกษาหาระยะปลูกที่เหมาะสมสำหรับสบู่ดำลูกผสมที่ให้ผลผลิตเมล็ดและชีวมวลสูงต่อไป นอกจากนี้ยังต้องศึกษาถึงเสถียรภาพของสายพันธุ์สบู่ดำในการให้ผลผลิตในระยะยาวซึ่งอาจต้องใช้เวลาทดสอบมากกว่า 3 ปีขึ้นไป และการหาอายุที่เหมาะสมสำหรับตัดฟันลำต้น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อปริมาณชีวมวลของสบู่ดำ เช่นที่มีการรายงานในยูคาลิปตัส พบว่าอายุการตัดฟันที่แตกต่างกันมีผลกระทบต่อผลผลิตชีวมวล โดยปริมาณชีวมวลจะเพิ่มขึ้นตามอายุและมีสัดส่วนชีวมวลจากลำต้นที่เพิ่มขึ้นตามอายุด้วย (มะลิวัลย์ และคณะ, 2553) รวมถึงการศึกษาหาวิธีการตัดฟันต้นสบู่ดำที่มีประสิทธิ์ภาพที่จะให้ผลผลิตชีวมวลสูงสุดโดยไม่กระทบต่อการฟื้นตัวหลังการตัดฟันของสบู่ดำ

สรุป

อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการตัดฟันมีผลกระทบต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสม โดยการตัดฟันจะทำให้ผลผลิตและชีวมวลเพิ่มขึ้น สบู่ดำจึงมีแนวโน้วที่จะมีผลผลิตสูงขึ้นในปีหลัง และพบความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะผลผลิตและชีวมวล จึงสามารถปรับปรุงทั้งสองลักษณะได้ นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลของ G×E interaction ในลักษณะผลผลิตและชีวมวล ซึ่งอาจเป็นอุปสรรค์ต่องานปรับปรุงพันธุ์ และพบความสัมพันธ์กันสูงระหว่างชีวมวลกับน้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้ง จึงสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและชีวมวลสูงไปพร้อมกัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการทุน NSTDA Chair Professor ของ ประจำปี 2554 ภายใต้ความร่วมมือระหว่าง มูลนิธิสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์กับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์, เกษม หฤทัยธนาสันติ์, เอกพงษ์ ธนะวัติ, ศักดา พรมเลิศ และเอกชัย บ่ายแสงจันทร์, 2553, ศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ในการปลูกเป็นสวนป่าพืชพลังงาน, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, กรุงเทพมหานคร, 579-586.

Basha, S.D., and Sujatha, M., 2009, Genetic analysis of Jatropha species and interspecific hybrids of *Jatropha curcas* using nuclear and organelle specific markers, Euphytica, 168: 197–214.

Behera, S.K., Srivastava, P., Tripathi, R., Singh, J.P., Singh, N., 2010, Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass - A case study. Biomass and Bioenergy, 34: 30-41.

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.

Na-ek, Y., Wongkaew, A., Phumichai, T., Kongsiri, N., Kaveeta, R., Sreewongchai, T., and Phumichai, C., 2011, Genetic diversity of Physic nut (*Jatropha curcas* L.) revealed by SSR markers, Journal of Crop Science and Biotechnology, 14: 105–110.

Samsam, C.I., 2013, Pruning Techniques for *Jatropha curcas* L. to Increase Seed Yield Production, MMSU Science and Technology Journal, 3(1): 2012 0060.

Santoso, B.B., Parwata, I.G.M.A., Susanto, S., and Purwoko, B.S., 2016, Yield Performance of *Jatropha curcas* L. After pruning during five years production cycles in North Lombok dry land, Indonesia, Global Advanced Research Journal of Agricultural Science, 5(3): 103-109.

Tanya, P., Taeprayoon, P., Hadkam, Y. and Srinives, P., 2011, Genetic Diversity among Jatropha and Jatropha-Related Species Based on ISSR Markers, Plant Molecular Biology Reporter, 29: 252-264.

Table 1 Mean squares from combined analysis of variance over two years of fruit dry weight, seed dry weight, % shelling and biomass fresh weight of hybrid jatropha.

Source of Variation	Df	Fruit dry weight		Seed dry weight		% Shelling		Biomass	
Year	1	581,693	**	217,547	**	243.70	*	351.33	**
Rep. within Year	6	9,223		4,312		36.70		5.63	
Genotype	12	11,254	**	2,626	*	34.46	*	3.40	**
Genotype x Year	12	10,519	**	2,907	*	41.36	**	2.62	*
Error	72	3,709		1,199		15.43		1.08	

* significant at P < 0.05; ** significant at P < 0.01, df = degree of freedom

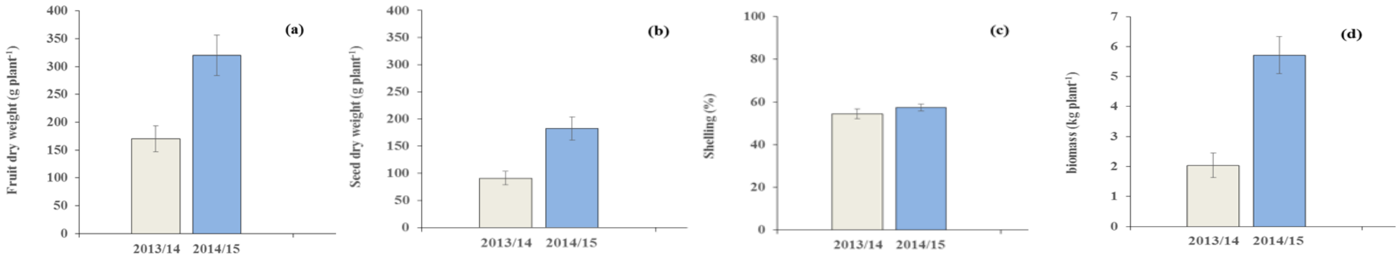


Figure 1 Comparison of fruit dry weight (a), seed dry weight (b), % shelling (c) and biomass fresh weigh (d) of hybrid jatropha between 2013/2014 and 2014/2015 crop years. Vertical bars represent ± standard error of mean.

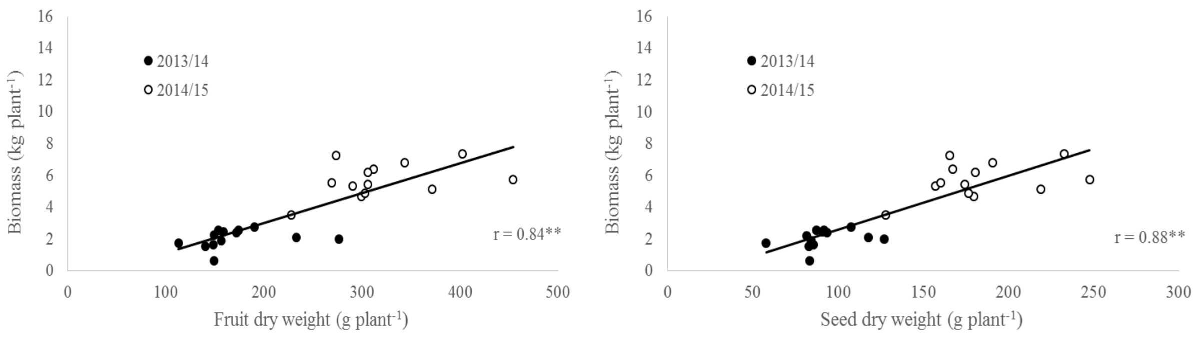


Figure 2 Relationship between biomass fresh weigh with fruit dry weight and seed dry weight of hybrid jatropha (n = 26) in 2013/14 and 2014/15 crop years. r = correlation coefficients, ** significant at P < 0.01.

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการพัฒนาของต้นอ่อนหญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) ในสภาพปลอดเชื้อ

Effect of Plant Growth Regulators on Development of *In Vitro* shoot culture of *Pennisetum purpureum*

วัลยา มงคลสวัสดิ์[1] สุกัญญา สมตน[2] และ ฉัตรสุดา วุฒิพา[2]
Mongkolsawat, W.[1], Somton, S.[2] and Woottipa, C.[2]

Abstract

Propagation of of *Pennisetum purpureum* was conducted under *In vitro* culture. Shoots were culture on Murashige and skoog (MS) 1962 supplemented with Cytokinin (BA and Kinetin) concentration 0, 1, 2, 4 and 8 mg/l and cultured on MS supplemented with a combination of BA (2, 4 mg/l) with NAA (0.5, 1 mg/l) and combination of Kinetin (4, 8 mg/l) with NAA (0.5, 1 mg/l.) for 8 weeks. Multiple shoots were cultured on MS medium 2, 4 mg/l BA and this produced the highest number of shoots (6.00) per explant. The highest lengths of shoot (34.50 cm) were obtained on the MS medium supplement with a combination of 4 mg/l Kinetin with 1 mg/l NAA. MS medium supplement with 0.5 mg/l NAA induced the highest root elongation (11.51 cm) that did not difference from MS medium supplemented with a combination of Kinetin (4 mg/l) with NAA (0.5, 1 mg/l) and Kinetin (8 mg/l) with NAA (0.5, 1 mg/l) which produced 12.00 - 14.50 roots per explants.

Keywords: plant tissue culture, plant growth regulators, napier grass, micropropagation

บทคัดย่อ

การขยายพันธุ์หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) ในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนบนสูตรอาหาร Murashige and skoog (MS) 1962 ที่เติม ไซโตไคนิน (BA และ Kinetin) ความเข้มข้น 0, 1, 2, 4 และ 8 มก./ล. และเพาะเลี้ยงบนสูตรอาหาร MS ที่เติม BA เข้มข้น 2 และ 4 มก./ล. ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.5 และ 1 มก./ล. และ Kinetin เข้มข้น 4 และ 8 มก./ล. ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.5 และ 1 มก./ล. เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เข้มข้น 2 และ 4 มก./ล. ชักนำ ให้จำนวนต้นสูงสุด 6.00 ยอดต่อต้น อาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 4 มก./ล. ร่วมกับ NAA 1 มก./ล. ชักนำให้เกิดความสูงเฉลี่ยสูงสุด 34.50 ซม. สำหรับความยาวของรากพบสูงสุดใน อาหารสูตร MS ที่เติม NAA 0.5 มก./ล. (ความยาวรากเฉลี่ย 11.51 ซม.) แต่ไม่แตกต่างกับ ความยาวของรากจากอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 4 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.5 และ 1 มก./ล. และ Kinetin 8 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.5 และ 1 มก./ล. (จำนวนรากเฉลี่ย 12.00 - 14.50 รากต่อต้น)

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สารควบคุมการเจริญเติบโต หญ้าเนเปียร์ การขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ

คำนำ

หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) เป็นพืชตระกูลหญ้า ปกติเป็นพืชที่ปลูกมาเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากโปรตีนสูงและผลิตต่อไร่สูง มีลักษณะเป็นกอ เจริญเติบโตเร็ว ว ลำต้นสูงได้ถึง 3-4 เมตร แตกกอดี ใบดกหนากว้างและไม่ทิ้งใบ ระยะออกดอกสั้น ไม่ติดเมล็ด มีระบบรากที่แข็งแรง เป็นพืชอาหารสัตว์สายพันธุ์ใหม่ สามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในกลุ่มสัตว์บก สัตว์ปีก สัตว์น้ำ สร้างรายได้และจะเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ที่สร้างความร่ำรวยให้แก่เกษตรกรไทยได้ในอนาคต และเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมพลังงานเพื่อเป็นพลังงานทดแทน เนื่องจากมีโครงสร้างสารอาหารเหมาะต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดแก๊ส มีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนสูงกว่าหญ้าชนิดอื่น ถึง 7 เท่า สามารถนำมาผลิตก๊าซ ไบโอมีเทนอัด (CBG) ที่สามารถทดแทนก๊าซ NGV และก๊าซชีวภาพ ผ่านกระบวนการหมัก (กระทรวงพลังงาน, 2556)

[1]สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
[1]Department of Biology, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Road, Muang, Udon Thani 41000, Thailand
[2]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
[2]Faculty of Education, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Road, Muang, Udon Thani 41000, Thailand

การวิจัยครั้งนี้เล็งเห็นถึงความสำคัญของขยายพันธุ์หญ้าเนเปียร์ เพื่อส่งเสริมเป็นพืชพลังงานทดแทน เพื่อแจกจ่ายและส่งเสริมการปลูกสำหรับเกษตรกร ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงทำการศึกษาการขยายพันธุ์และการอนุรักษ์ หญ้าเนเปียร์ โดยเปนการศึกษาเบื้องต่นในด่านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เนื่องจากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปัญหาด้านดินเค็ม ไมสามารถผลิตหญ้าเนเปียร์ได้อยางเพียงพอ และหญ้าเนเปียร์เป็นพืชมีดอกแต่ไม่ติดเมล็ด จึงต้องขยายพันธุ์จากการแตกหน่อเท่านั้น ดังนั้นการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จึงเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถขยายพันธุ์หญ้าเนเปียร์ให้ได้ปริมาณมากๆ ในเวลาที่รวดเร็ว ปลอดโรค และได้สายพันธุ์ที่เหมือนเดิมทุกประการ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะเลี้ยงตาข้างหญ้าเนเปียร์

นำหน่อหญ้าเนเปียร์ที่มีตาข้างที่สมบูรณ์ ล้างให้สะอาดตัดส่วนที่ไม่ต้องการออกเปิดน้ำไหลผ่านประมาณ 1 ชั่วโมง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์เข้มข้น 15 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เติม Tween-20 ในอัตราส่วน 1 หยด ต่อสารละลาย 100 มิลลิลิตร หรือประมาณ 0.01% เพื่อช่วยให้สารละลายจับกับผิวตัวอย่างได้ดี เขย่าเป็นระยะๆ เป็นเวลานาน 15 นาที ล้างเอาสารละลายออกด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที นำชิ้นส่วนตาข้างที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วมาเพาะบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS เป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์ โดยนำไปเลี้ยงไว้ที่ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อควบคุมอุณหภูมิ 25±2 ℃ ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มแสง 5,000 ลักซ์ (Lux)

ศึกษาผลของ BA และ Kinetin บนอาหารสังเคราะห์ MS (Murashige และ Skoog, 1962) ต่อการเจริญเติบโตต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนหญ้าเนเปียร์

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 9 ทรีทเมนท์ๆ ละ 10 ซ้ำ นำต้นอ่อนที่มีขนาด 1-1.5 มิลลิเมตร ย้ายเลี้ยงบนสูตรอาหารสังเคราะห์ MS ร่วมกับ BA และ Kinetin ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ผงวุ้น 8 กรัมต่อลิตร pH 5.7 เพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ควบคุมอุณหภูมิ 25±2 ℃ ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มแสง 5,000 ลักซ์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ บันทึกลักษณะที่สังเกตพบ จำนวนยอด ความสูงต้น จำนวนราก ความยาวราก

ศึกษาผลของ BA และ Kinetin ร่วมกับ NAA บนอาหารสังเคราะห์ MS (Murashige และ Skoog, 1962) ต่อการเจริญเติบโตต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนหญ้าเนเปียร์

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 11 ทรีทเมนท์ๆ ละ 10 ซ้ำ นำต้นอ่อนที่มีขนาด 1-1.5 มิลลิเมตร ย้ายเลี้ยงบนสูตรอาหารสังเคราะห์ MS ที่เติม BA ที่ระดับความเข้มข้น 2 และ 4 มก./ล. ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.5, 1 มก./ล. และ ย้ายเลี้ยงบนสูตรอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม Kinetin ที่ระดับเข้มข้น 4 และ 8 มก./ล. ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.5, 1 มก./ล. เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ผงวุ้น 8 กรัมต่อลิตร pH 5.7 เพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ควบคุมอุณหภูมิ 25±2 ℃ ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มแสง 5,000 ลักซ์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ บันทึกลักษณะที่สังเกตพบ จำนวนยอด ความสูงต้น จำนวนราก ความยาวราก

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาเปรียบเทียบสูตรอาหารสังเคราะห์ MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าสูตรอาหาร MS ที่เติม BA 2 และ4 มก./ล. สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดเฉลี่ยสูงที่สุด 6.00 ยอดต่อต้น และสูตรอาหาร MS ที่เติม Kinetin 4 มก./ล. ร่วมกับ NAA 1 มก./ล. สามารถชักนำให้เพิ่มความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 34.50 ซม. และสูตรอาหาร MS ที่เติม Kinetin 4, 8 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.5, 1 มก./ล. สามารถชักนำให้มีจำนวนรากเฉลี่ยสูงที่สุดตั้งแต่ 12.00-14.50 รากต่อต้น ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสูตรอาหาร MS ที่เติม Kinetin 0 ร่วมกับ NAA 0.5 มก./ล. สามารถชักนำให้มีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด 11.51 ซม. (Table 1 และ Figure 1)

การศึกษาสูตรอาหารสังเคราะห์ MS ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนหญ้าเนเปียร์ พบว่าสูตรอาหาร MS ที่เติม BA 2, 4 มก./ล. สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดเฉลี่ยสูงที่สุด 6.00 ยอดต่อต้น เนื่องจาก BA สามารถชักนำให้ตาข้างเกิดยอดใหม่ได้เนื่องจาก BA เป็นสารควบคุมการการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ โดยมีบทบาทส่งเสริมการสังเคราะห์ RNA และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ จึงมีผลในการเพิ่มจำนวนยอด (เมทินี และคณะ, 2553) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Karasawa (2001) ทำการขยายพันธุ์หญ้าเนเปียร์ในหลอดทดลอง พบว่า สูตรอาหาร MS ที่เติม BA 4.0

มก./ล. สามารถชักนำให้เกิดยอดดีที่สุด และสอดคล้องกับวิจัยของ อาทิตย์ (2555) พบว่าในสูตรอาหาร MS ที่เติม BA 4 มก./ล. ชักนำให้เกิดหน่อใหม่ของกล้วยน้ำว้าได้มากที่สุด การเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 4 มก./ล. ร่วมกับ NAA 1 มก./ล. ชักนำให้เกิดความสูงเฉลี่ยสูงสุด 34.50 ซม เนื่องจาก Kinetin เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่ม ไซโตไคนินที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ จึงมีผลให้เพิ่มปริมาณต้น และอิทธิพลร่วมระหว่างออกซินและไซโตไคนินในอัตราส่วนที่เหมาะสม เนื้อเยื่อจะเจริญไปเป็นต้นและรากที่สมบูรณ์ (Saupe, 2009) สูตรอาหาร MS ที่เติม Kinetin 4 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.5, 1 มก./ล. และ Kinetin 8 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.5, 1 มก./ล. สามารถชักนำให้มีจำนวนรากเฉลี่ยสูงที่สุดตั้งแต่ 12.00-14.50 รากต่อต้น ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสูตรอาหาร MS ที่เติม NAA 0.5 มก./ล. สามารถชักนำให้มีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด 11.51 ซม จะเห็นว่าสูตรอาหาร MS ที่เติม NAA 0.5 มก./ล. ชักนำให้เกิดรากได้ดี เนื่องจาก NAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการเกิดราก เมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเมื่อเติมในอาหารเป็น exogenous auxin มีความสมดุลกับปริมาณไซโตไคนิน จึงทำให้เกิดยอดใหม่และรากได้ดี (Saupe, 2009) ทั้งนี้ถ้าปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินและไซโตไคนินแตกต่างกัน ถ้าสัดส่วนระหว่างไซโตไคนิน มากกว่าออกซินจะกระตุ้นให้เกิดยอด หากออกซินมากกว่าทำให้เกิดราก (รังสฤษฏ์, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Ali และคณะ (2001) พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ในปริมาณที่เหมาะสม สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดี และงานวิจัยของ Hossain และคณะ (2008) ทำการเพาะเลี้ยงปลายยอด และข้อของหญ้าหวานบน อาหาร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด

สรุปผลการทดลอง

ต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงบนอาหาสูตร MS เข้มข้น 2 และ 4 มก./ล. ชักนำ ให้จำนวนต้นสูงสุด และอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 4 มก./ล. ร่วมกับ NAA 1 มก./ล. ชักนำให้เกิดความสูงเฉลี่ยสูงสุด และอาหารสูตร MS ที่เติม NAA 0.5 มก./ล. สามารถชักนำให้มีความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

จันทกานต์ อรณนันท์, 2544, การชักนำ ให้เกิดการกลายพันธุ์ในหญ้าเนเปียร์แคระโดยรังสีแกมมาร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

จีระวัชร์ เข็มสวัสดิ์ และคณะ, 2536, หญ้าเนเปียร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ชลนที รอดสว่าง, 2546, การพัฒนา Marker สำหรับศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าเนเปียร์ (Pennisetum purpureum) และหญ้ารูซี่ (Brachiaria ruziziensis). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ดิริฎา มานะวิบูลย์, 2545, การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในหญ้ารูซี่โดยรังสีแกมมาร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพันธุศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ดำรงค์รักษ์ จ้อยรักษา, 2546, ผลของรังสีแกมมาร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

เมทินี มรรคยาธร, สุรียา ตันติวิวัฒน์, มาลี ณ นคร, 2553, ผลของ BA ต่อการเพิ่มปริมาณยอดและผลของ IBA ต่อการชักนำการเกิดรากของกวาวคำ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, กรุงเทพมหานคร.

รังสฤษฏ์ กาวิต๊ะ, 2540, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ: หลักการและเทคนิค. (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาทิตย์ แจ้วสว่าง, 2555, ผลของ Benzyladenine ที่มีต่อการเพิ่มจำนวนการแตกหน่อของกล้วยน้ำว้าโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, เชียงราย.

Ali, A., Naz, S., Siddiqui, F.A. and Iqbal, J., 2001, Callogenesis, embryogenesis and organogenesis in Christmas cactus (*Schlumbergera bridesi*), American Journal of Botany, 33: 569-574.

Hossain, M.A., Shamimkabir, A.H.M., Jahan, T.A., and Hasan, M.N., 2008, Micropropagation of Stevia. International Journal of Sustainable Economy, Crop Production, 3(4): 1-9.

Karasawa, P., Zhong, H. and Sticklen, M., 2001, Auxin induced morphogenetic responses in long-term in vitro subcultured Napeirgrass, 95: 341-349,

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures, Physiologia Plantarum, 15:473-497.

Saupe, S.G., 2009, Plant Hormones. In Plant Physiology (Biology 327). Biology Department, College of St. Benedict, St. John's University; Collegeville, MN. Available: http://employees.csbsju.edu/ssaupe/biol327/Lecture/cytokinin.html.

Table 1 Effect of cytokinin (BA and kinetin) and combinations of different levels of cytokinin (BAP and kinetin) and auxin (NAA and IAA) on shoot culture of *Pennisetum purpureum* after 8 weeks.

Plant growth regulator (mg/l)			No. of shoots/explant mean±S.E.	Length of shoots/explant (cm) mean±S.E.	No. of roots/shoot mean±S.E.	Length of roots/shoot (cm) mean±S.E.
BA	Kinetin	NAA				
-	-	-	4.25 ± 0.31^{bcd}	26.75 ± 1.70^{bcde}	4.62 ± 1.10^{bc}	2.84 ± 0.49^{gh}
1	-	-	3.57 ± 0.42^{bcd}	22.35 ± 0.87^{efg}	0.42 ± 0.29^{e}	0.21 ± 0.14^{j}
2	-	-	6.00 ± 0.40^{a}	18.00 ± 2.85^{gh}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{j}
4	-	-	6.00 ± 0.89^{a}	18.70 ± 1.85^{fgh}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{j}
8	-	-	5.20 ± 1.20^{ab}	14.20 ± 1.82^{hi}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{j}
-	1	-	1.33 ± 0.21^{ef}	26.33 ± 2.48^{cde}	3.33 ± 0.76^{bcd}	6.90 ± 0.42^{de}
-	2	-	2.66 ± 0.42^{def}	23.33 ± 1.47^{efg}	4.33 ± 0.55^{bc}	6.95 ± 0.19^{de}
-	4	-	3.00 ± 0.46^{d}	24.75 ± 1.17^{de}	4.75 ± 1.01^{bc}	5.25 ± 0.35^{ef}
-	8	-	3.33 ± 0.76^{cd}	24.00 ± 1.31^{ef}	4.00 ± 0.63^{bcd}	4.22 ± 0.83^{fg}
-	-	0.5	1.00 ± 0.00^{f}	30.50 ± 1.50^{abcd}	3.33 ± 0.33^{bcde}	11.51 ± 1.32^{a}
-	-	1	1.00 ± 0.00^{f}	32.33 ± 3.33^{ab}	5.66 ± 0.66^{b}	9.83 ± 2.58^{ab}
2	-	0.5	4.12 ± 0.47^{bcd}	18.06 ± 0.68^{gh}	1.00 ± 0.46^{de}	0.77 ± 0.31^{ij}
2	-	1	4.83 ± 0.47^{abc}	14.16 ± 1.30^{hi}	1.66 ± 0.98^{cde}	0.62 ± 0.34^{ij}
4	-	0.5	4.42 ± 0.64^{abcd}	11.71 ± 0.97^{i}	0.42 ± 0.20^{e}	0.42 ± 0.27^{ij}
4	-	1	4.33 ± 0.49^{abcd}	10.75 ± 0.72^{i}	0.16 ± 0.16^{e}	0.16 ± 0.16^{i}
-	4	0.5	2.75 ± 0.25^{de}	31.25 ± 3.32^{abc}	12.00 ± 2.04^{a}	8.95 ± 2.47^{bc}
-	4	1	3.60 ± 0.24^{bcd}	34.50 ± 3.55^{a}	12.00 ± 1.92^{a}	6.22 ± 0.50^{de}
-	8	0.5	4.16 ± 0.16^{bcd}	30.50 ± 1.64^{abcd}	12.66 ± 1.64^{a}	6.24 ± 0.48^{de}
-	8	1	3.83 ± 0.65^{ab}	32.50 ± 2.56^{ab}	14.50 ± 2.04^{a}	5.41 ± 0.48^{ef}

Means followed by the same latter are not significantly different at $P < 0.05$.

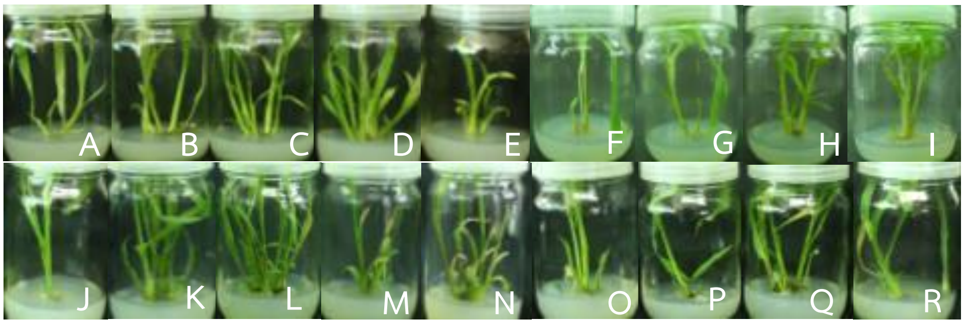


Figure 1 Multiple shoot formation of *Pennisetum purpureum* after 8 weeks of cultivation on MS medium supplemented with (A) and (J) Control (B) BA 1 mg/l (C) BA 2 mg/l (D) BA 4 mg/l (E) BA 8 mg/l (F) KN 1 mg/l (G) KN 2 mg/l (H) KN 4 mg/l (I) KN 4 mg/l (K) BA 2 mg/l +NAA 0.5 mg/l (L) BA 2 mg/l +NAA 1 mg/l (M) BA 4 mg/l +NAA 0.5 mg/l (N) BA 4 mg/l +NAA 1 mg/l (O) KN 4 mg/l +NAA 0.5 mg/l (P) KN 4 mg/l +NAA 1 mg/l (Q) KN 8 mg/l +NAA 0.5 mg/l (R) KN 8 mg/l +NAA 1 mg/l.

การประเมินน้ำหนักเมล็ดสบู่ดำที่น้อยที่สุดเพื่อหาปริมาณน้ำมันและการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำมันจากเมล็ดที่มีและไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดในสบู่ดำ 14 สายพันธุ์

Evaluation of the Minimum Jatropha Seed Weight on Oil Content and Comparison of not Removing Seed Coat and Removing Seed Coat for Oil Percentage Among 14 Jatropha Accessions

กรรณิกา ฝอยทอง[1] ผกายวรรณ ซื่อสัตยวงศ์[2] พัชรินทร์ ตัญญะ[1,3] อนุรักษ์ อรัญญนาค[1] ชูศักดิ์ จอมพุก[1] และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์[1,3]
Foytong, K.[1], Suesattayawong, P.[2], Tanya, P.[1,3], Arunyanark, A[1]., Jompuk, C. [1] and Srinives, P. [1,3]

Abstract

Jatropha is an interesting crop for Thailand and the World, which it can be grown in the arid area. Although jatropha oil is suitable for biodiesel, major problems of jatropha production are low seed yield, fruit synchronizes, late flowering and big shrub its barrier for harvesting. The aim of this study was to improve new jatropha accessions with very high oil content and to determine the rapid method for oil content using 5 levels of ground seeds. The oil percentage value from 0.5 g ground seed was not different from 1.0-2.5 g ground seed. However, oil percentage of seed without seed coat was higher than with seed coat about 2 times. The seed coat of jatropha is the factor that breeder has to consider as a criterion for selection step to get a new jatropha accessions.

Keywords: improved jatropha accessions, ground seed weight, oil percentage, seed coat

บทคัดย่อ

สบู่ดำเป็นพืชน้ำมันที่กำลังเป็นที่สนใจของประเทศไทยและโลก สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่แห้งแล้ง ถึงแม้ว่าน้ำมันสบู่ดำเหมาะสมนำมาเป็นส่วนผสมในน้ำมันไบโอดีเซล แต่ปัญหาที่สำคัญของสบู่ดำ ได้แก่ ผลผลิตต่ำ การสุกแก่ที่ไม่พร้อมกัน การออกดอกที่ช้า ทรงพุ่มใหญ่เป็นอุปสรรคต่อการเก็บเกี่ยวเมล็ด ดังนั้นจึงมุ่งเน้นพัฒนาสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมใหม่ที่มีปริมาณน้ำมันที่สูง และการหาวิธีการวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันอย่างรวดเร็ว โดยทดสอบน้ำหนักเมล็ดสบู่ดำที่บดแล้ว 5 ระดับ พบว่า น้ำหนักตัวอย่างที่ 0.5 กรัม ให้ผลของเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่ไม่แตกต่างจากน้ำหนักตัวอย่าง 1.0-2.5 กรัม และเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่มีการแกะเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกมีค่าสูงกว่าเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถึง 2 เท่า ซึ่งลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ดก็จะเป็นอีกหนึ่งลักษณะที่นักปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำจะใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ใหม่ต่อไป

คำสำคัญ: สายพันธุ์สบู่ดำที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ น้ำหนักตัวอย่างที่บด เปอร์เซ็นต์น้ำมัน เปลือกหุ้มเมล็ด

คำนำ

สบู่ดำเป็นพืชที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในแถบประเทศเม็กซิโก พบกระจายตัวอยู่ในหลายพื้นที่ของโลกทั้งแถบเขตร้อน และกึ่งร้อน สบู่ดำเป็นพืชน้ำมันที่ไม่ใช่พืชอาหาร ส่วนของต้นและใบสามารถนำมาเป็นชีวมวลได้ (Openshaw, 2000) นอกจากนี้คุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำสามารถนำมาเป็นส่วนผสมเพื่อผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลจากการรายงานของ Shabanimofrad และคณะ (2011) พบว่า เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ 59 สายพันธุ์ ที่ได้จากการสำรวจในรัฐ Selangor (35), Kelantan (13) และ Terengganu (11) ประเทศมาเลเซียมีค่าอยู่ระหว่าง 17.37-42.75 เปอร์เซ็นต์ Ginwal และคณะ (2004) ศึกษาเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ จากแถบภาคกลางของอินเดียมีค่าอยู่ระหว่าง 33-39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดใน (kernel) มีค่าอยู่ระหว่าง 47-58 เปอร์เซ็นต์ Basha และคณะ (2009) ทำการศึกษาปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำจำนวน 72 สายพันธุ์จาก 13 ประเทศ พบว่ามีค่าอยู่

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] นิสิตปริญญาโท สาขาการปรับปรุงพันธุ์พืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Program in Plant Breeding , Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[3] ศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร สถาบันวิทยาการขั้นสูงแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[3] Center for Advanced Studies for Agriculture and Food, Kasetsart University Institute for Advanced Studies, Kasetsart University, Bangkok, 10900 (CASAF, NRU-KU, Thailand)
*Corresponding author: altanya55@yahoo.com, patcharin.tan@ku.th

ระหว่าง 45.4-64.5 เปอร์เซ็นต์ในเมล็ดสบู่ดำ มีรายงานเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดสบู่ดำของไทยที่ 29.6 เปอร์เซ็นต์ (วิภาวรรณ และคณะ, 2556) 29.46 เปอร์เซ็นต์ (Shen และคณะ 2013) 37.72 เปอร์เซ็นต์ (One และคณะ 2014) ปัญหาหลักของสบู่ดำคือ ให้ผลผลิตต่ำ ผลสุกแก่ไม่พร้อมกัน ลำต้นที่สูงทำให้เก็บเกี่ยวเมล็ดได้ยาก และการติดผลแรกใช้เวลาหลังจากปลูกลงแปลงประมาณ 6-8 เดือน ซึ่งการปรับปรุงพันธุ์โดยผสมพันธุ์ระหว่างสบู่ดำด้วยกันเองยังไม่ประสบความสำเร็จจากการรายงานของ Tar และคณะ (2011) กล่าวว่า ลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างสบู่ดำด้วยกันเองจากประเทศเม็กซิโก ไทย และพม่า พบความดีเด่นของลูกผสมสูง แต่ผลผลิตที่ได้ยังไม่เพียงพอต่อการผลิตในเชิงเศรษฐกิจ การปรับปรุงพันธุ์ด้วยการหาแหล่งพันธุกรรมใหม่จะช่วยให้ลักษณะทางพืชไร่ของสบู่ดำเดิมเปลี่ยนไป Tanya และคณะฯ (2011) หาความสัมพันธ์ระหว่างพืชต่างชนิดในสกุล *Jatropha* ได้แก่ เข็มปัตตาเวีย (*J. integerrima*) หนุมานนั่งแท่น (*J. podagrica*) ฝิ่นต้น (*J. multifida*) สบู่แดง (*J. gossypifolia*) และละหุ่ง (*Ricinus communis*) ที่เป็นพืชต่างสกุลกัน ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล ISSR พบว่า เข็มปัตตาเวียมีความใกล้ชิดกับสบู่ดำมากที่สุด โครงการนี้ได้ผสมพันธุ์ระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวีย เพื่อเพิ่มความหลากหลายของลูกผสมที่เกิดขึ้น โดยมีเป้าหมายหลักในการคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำคือ เพิ่มเปอร์เซ็นต์น้ำมันสายพันธุ์ใหม่ให้สูงกว่าเดิม ซึ่งในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต้องประเมินสายพันธุ์เป็นจำนวนมาก จึงควรหาวิธีที่จะประหยัดเวลาในการเตรียมตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโดยใช้น้ำหนักตัวอย่างน้อยที่สุด รวมทั้งเปรียบเทียบถึงปริมาณน้ำมันที่ได้รับจากการสกัดน้ำมันที่มีและไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำใหม่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การหาน้ำหนักตัวอย่างน้อยที่สุดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ 14 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย ประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 คือ สบู่ดำ 14 สายพันธุ์ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 พ่อแม่พันธุ์สบู่ดำดั้งเดิม 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ไทย (T) และ สายพันธุ์เม็กซิโก (M) กลุ่มที่ 2 ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) คือ MT และกลุ่มที่ 3 ลูกผสมแบบ polycrosses 11 สายพันธุ์ และปัจจัยที่ 2 คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ 5 น้ำหนัก (W) คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 กรัม จำนวนซ้ำไม่เท่ากัน รวมทั้งสิ้น 249 ตัวอย่าง สุ่มเมล็ดสบู่ดำ 30-40 เมล็ดต่อตัวอย่าง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นในเมล็ดให้เหลือประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ บดเมล็ดและเก็บตัวอย่างในถุงซิปแล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอการสกัดน้ำมันด้วยชุดสกัด soxhlet extractor (2LRCSX) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย

การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำมันระหว่างเมล็ดที่มีและไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด จำนวน 14 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ pair comparison โดยมีปัจจัยที่สนใจคือ ตัวอย่างที่จะนำมาสกัดน้ำมันมี 2 แบบ คือ ทั้งเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ด (NRSC) และแบบที่ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด (RSC) สุ่มเมล็ดสบู่ดำ 60-80 เมล็ดต่อตัวอย่าง แบ่งเป็น 2 ชุดคือ ชุดที่มีการแกะเปลือกหุ้มเมล็ดออก และชุดที่ไม่มีการแกะเปลือกหุ้มเมล็ด นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นในเมล็ดให้เหลือประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ บดเมล็ดและเก็บตัวอย่างในถุงซิปแล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอการสกัดน้ำมันด้วยชุดสกัด soxhlet extractor (2LRCSX) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย จากทั้ง 2 การทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนการเปรียบเทียบ 2 ทรีทเมนต์ และความแตกต่างของเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rage Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม R (R Development Core Team, 2013)

ผลและวิจารณ์ผล

จาก Table 1 แสดงความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์น้ำมันโดยใช้น้ำหนักตัวอย่าง (W) แตกต่างกัน 5 น้ำหนัก คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 กรัม จาก 14 สายพันธุ์ (A) พบว่า ไม่มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์น้ำมันจากการใช้น้ำหนักตัวอย่างทั้ง 5 น้ำหนัก แสดงว่า ในการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันในสบู่ดำสามารถที่จะใช้น้ำหนักตัวอย่างตั้งแต่ 0.5-2.5 กรัม จาก Table 2 พบว่า สายพันธุ์ที่นำมาศึกษามีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์น้ำมัน มีค่าอยู่ระหว่าง 14-35 เปอร์เซ็นต์ โดยสายพันธุ์ A8 มีค่าสูงสุด 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสายพันธุ์ลูกผสมแบบ polycrosses สำหรับการผสมพันธุ์แบบ single cross หรือลูกผสมระหว่างสบู่ดำด้วยกันเองที่มีแหล่งที่มาแตกต่างกันอย่าง MT มีค่า 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสายพันธุ์เริ่มต้นที่พบในประเทศไทยอย่าง T นั้นพบเพียง 14 เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ในขณะที่สายพันธุ์เม็กซิโกซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสบู่ดำ M มีค่า 29 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่า CV มีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากสายพันธุ์ที่นำมาศึกษานั้นมีความหลากหลายของพันธุ์ประวัติโดยเฉพาะ polycrosses ในส่วนของปฏิกิริยาระหว่างสายพันธุ์กับน้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างกัน สามารถที่จะรวมค่านี้ไปกับค่าความคลาดเคลื่อนแล้วตรวจสอบความแปรปรวนใหม่ พบว่า ได้ผลลัพธ์เหมือนเดิม แต่ค่า CV ลดต่ำลงเหลือ 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการตรวจเอกสารส่วนใหญ่จะอ้างถึงวิธีการของ AOAC แต่จะไม่ได้ระบุน้ำหนักตัวอย่างสบู่ดำ Wu และคณะ (2012) ได้ทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ

แต่ไม่ได้มีรายงานถึงน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ การทดลองนี้ได้ชั่งเมล็ดสบู่ดำจากตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ พบว่า เมื่อสุ่มสบู่ดำมา 5 เมล็ด จะมีน้ำหนักประมาณ 3.5-4.4 กรัม นำเมล็ดไปบดแล้วชั่งมีน้ำหนัก 3.4-4.3 กรัม และเมื่อนำส่วนที่บดแล้วไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะมีน้ำหนักเหลืออยู่ 3.2-4.1 กรัม ซึ่งเมื่อคิดเป็นหนึ่งเมล็ดจะได้ประมาณ 0.64-0.82 กรัม เพียงพอต่อการที่จะหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันดังงานวิจัยครั้งนี้ จากการทดลองที่ 2 เมื่อทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำมันระหว่างเมล็ดที่มีและไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด จำนวน 14 ตัวอย่าง พบว่า เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดที่มีการเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกมีค่าสูงกว่าแบบมีเปลือกหุ้มเมล็ดประมาณ 2 เท่า ดัง Table 2 โดยเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีค่าระหว่าง 15.28-35.69 เปอร์เซ็นต์ โดยพันธุ์ T มีค่าต่ำสุด เหมือนกับรายงานของ Shen และคณะ (2013) ที่วิเคราะห์น้ำมันสบู่ดำจาก 8 ประเทศ คือ จีน อินเดีย ลาว มาลี ปาปัวนิวกินี ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม มีค่าอยู่ระหว่าง 18.08-37.89 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมื่อวิเคราะห์เฉพาะส่วนของเมล็ดที่ได้เอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกมีค่า 34.02-59.09 เปอร์ซ็นต์ สอดคล้องกับการวิจัยนี้ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำที่ได้เอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกสูงกว่าทั้งเมล็ดสบู่ดำถึง 2 เท่า เหตุผลคือ ในเปลือกหุ้มเมล็ดมีน้ำมันอยู่น้อยมาก น้ำมันเกือบทั้งหมดอยู่ในเมล็ดใน ส่วน Francis และคณะ (2013) กล่าวว่า สายพันธุ์ที่ไม่มีสารพิษหรือมีน้อยจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทั้งเมล็ดและเมล็ดในสูงกว่าสายพันธุ์ที่มีสารพิษ สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ที่พันธุ์ T มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำสุด ในขณะที่เมื่อทำการปรับปรุงพันธุ์รุ่นที่ 1 (F1) มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่าพันธุ์ T เมื่อทำการผสมกับพันธุ์ M ที่มีสารพิษต่ำ จากข้อมูลดังกล่าวทางโครงการได้เพิ่มลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดมาเป็นปัจจัยหนึ่งที่น่าสนใจในการคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำต่อไป

สรุปผล

น้ำหนักตัวอย่างเมล็ดสบู่ดำบดที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันคือ 0.5 กรัม ให้ค่าไม่แตกต่างจากน้ำหนักเมล็ดสบู่ดำที่บดแล้ว 1.0-2.5 กรัม ส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดสบู่ดำมีน้ำมันอยู่น้อยมากทำให้การวิเคราะห์เมล็ดสบู่ดำทั้งเปลือกได้น้ำมันน้อยกว่าตัวอย่างที่แกะเมล็ดออกถึงเท่าตัว เปลือกหุ้มเมล็ดจึงน่าจะเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการ NSTDA Chair Professor ประจำปี 2554 ซึ่งโครงการ “การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเร่งการปลูกเลี้ยงสบู่ดำพันธุ์ใหม่สำหรับเป็นพลังงานและอาหารสัตว์” (รหัสโครงการ P-11-00599) ภายใต้ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนเงินทุนการศึกษาและงานวิจัย ขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา และหน่วยวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและการปรับปรุงพันธุ์พืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิภาวรรณ เอกเอี่ยม, พรศิริ เลี้ยงสกุล, สนธิชัย จันทร์เปรม, อนุรักษ์ อรัญญนาค, พัชรินทร์ ตัญญะ และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2556, ศักยภาพในการให้ผลผลิตของพืชสกุล *Jatropha* ที่พบในประเทศไทย, Thai Journal of Genetic, 2013, S(1): 99-102.

AOAC, 2000, Oil and Fats, Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Vol. II, AOAC International, Maryland.

Basha, S.D., Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K. and Sujatha, M., 2009, A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries, Plant Science. 176, 812–23.

Francis, G., Oliver, J. and Sujatha, M., 2013, Non-toxic jatropha plants as a potential multipurpose multi-use oilseed crop, Industrial Crop and Products, 42: 397–401.

Ginwal, H.S., Phartyal, S.S., Rawat, P.S. and Srivastava, R.L., 2005, Seed source variation in morphology, germination, and seedling growth of *Jatropha curcas* Linn. in Central Asia, Silvae Genetica 54:76-80.

One, K.T., Muakrong, N., Tanya, P., Valette, J., Girard, P. and Srinives, P., 2014, Physicochemical properties of seeds and oil from an F_2 population of *Jatropha curcas* x *Jatropha integerrima,* ScienceAsia 40: 428–435.

Openshaw, K., 2000, A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise, Biomass Bioenergy 19(1):1–15.

Shabanimofrad, M., Yusop, M.R., Saad, M.S., Wahab, PE.M., Biabanikhanehkahdani, A. and Latif, M.A., 2011, Diversity of physic nut (*Jatropha curcas*) in Malaysia: application of DIVA-geographic information system and cluster analysis, AJCS 5(4): 361-368.

Shen, J., Kha, L.D., Kien, N.D. and Pinyopusarerk, K., 2013, Variation in seed traits and oil content in 24 *Jatropha curcas* L. seed sources from Asia, Africa and Papua New Guinea, Silvae Genetica 62(6): 257-264.

Tar, M.M., Tanya, P. and Srinives, P., 2011, Heterosis of agronomic characters in jatropha (*Jatropha curcas* L.), Kasetsart Journal (Natural Science) 45(4): 583-593.

Tanya, P., Taeprayoon, P., Hadkam, Y. and Srinives, P., 2011, Genetic diversity among *Jatropha* and *Jatropha*-related species based on ISSR markers, Plant Molecular and Biology Report, 29: 252-264.

R Development Core Team, 2013, R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.

Wu, J., Gao, S., Tang, L., Hou, P., Gao, J-H., and Chen, F., 2012, The traits, oil content and correlation studies of seed and kernel in *Jatropha curcas* L., African Journal of Agricultural Research 7(10): 1487-1491.

Table 1 Analysis of variance on oil percentage with 5 different sample weight of 14 jatropha accessions.

SOV	df	MS	df +	MS +
Accessions (A)	13	278.74**	13	278.74**
Weight (W)	4	0.68 ^{ns}	4	0.68 ^{ns}
A x W	52	0.99 ^{ns}		
Error	179	13.48	229	10.76
Total	248		3248	

% CV = 12.32 %CV(+) = 11.00 %

df = degree of freedom, MS = mean square, ns = non-significant, ** = significant at 1 %

Table 2 Effects of 14 jatropha accessions on mean oil content ± SE, and comparison of mean oil content between not removing seed coat (seed) and removing seed coat (kernel) among 14 jatropha accessions in Exp. 2.

No.	Experiment 1				Experiment 2 **		
	Accession lines	N	Oil percentage	#	Accession lines	RSC[1] (%)	NRSC[2] (%)
1	A1	15	24.75±0.30	e	A1	51.85	28.09
2	A2	30	29.98±0.65	bc	A2	54.78	31.40
3	A3	10	27.85±1.35	cd	A3	56.37	31.12
4	A4	20	34.42±0.29	a	A4	56.40	33.79
5	A5	15	25.92±2.00	de	A5	54.08	25.47
6	A6	10	29.75±0.89	bc	A6	59.16	30.73
7	A7	20	31.09±0.70	b	A7	57.29	35.69
8	A8	15	34.58±0.79	a	A8	56.98	30.04
9	A9	19	30.85±0.72	b	A9	55.62	30.91
10	A10	15	24.29±1.21	e	A10	56.41	34.32
11	A11	30	33.55±0.48	a	A11	52.19	31.19
12	T	5	13.90±0.13	f	T	42.48	15.28
13	M	20	29.10±1.05	bc	M	57.58	33.31
14	MT	25	29.95±0.56	bc	MT	60.16	31.52

Remark: Experiment 1 and 2 perform different times.

[1]Removing seed coat (RSC) = kernel [2]Not removing seed coat (NRSC) = seed

** t –test = 36.924, df = 14, p-value = 2.359^{e-15}

[#] The same letters indicate no significant difference in Exp. 1

ผลของตำแหน่งใบ และสูตรอาหารต่อการขยายพันธุ์ฮาโวเทียในสภาพปลอดเชื้อ
Effect of Leaf Position and Medium on Micropropagation of *Haworthia*

วศิน ทองพิสิฐสมบัติ[1] พัชรียา บุญกอแก้ว[1] และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์[1]
Thongpisitsombut W.[1], Boonkorkaew P.[1] and Wongchaochant S.[1]

Abstract

This research was aimed to find out the proper protocols for propagating *Haworthia cooperi* var. *truncata in vitro*. The leaf position starting from 1 to 6 from the shoot and types of modified Murashige and Skoog (MS) media by adding sucrose 10, 15 and 20 g/l with coconut water at concentrations of 100, 150 and 200 ml/l as cultivating factors were used to induce emerging shoots during the micropropagation managed as a completely randomize design. The results of the experiment revealed that the optimal leaf position of explant was the third or fourth from the shoot tip because of 80 % non-contamination and the highest development of callus and emerging shoots and roots up to 20 %. Additionally, medium containing 150 ml/l coconut water and 15 g/l sucrose was best to induce shoots from callus up to 3.19 shoots from explant and can stimulated shoot proliferation at 68.8 %.

Keywords: coconut water, *in vitro*, leaf culture, succulent plant

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการขยายพันธุ์ *Haworthia cooperi* var. *truncata* ในสภาพปลอดเชื้อ โดยศึกษาหาตำแหน่งใบที่เหมาะสมสำหรับนำมาทำเป็นเนื้อเยื่อปลอดเชื้อ โดยใช้ใบตำแหน่งที่ 1-6 จากยอดมาเลี้ยง และศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะต่อการชักนำยอดมี 10 สิ่งทดลอง คือ อาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ไม่เติมน้ำมะพร้าวและน้ำตาลซูโครส เปรียบเทียบกับที่เติมน้ำตาล 10 15 และ 20 ก./ล.และน้ำมะพร้าว 100 150 และ 200 มล./ล. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่า ใบตำแหน่งที่ 3 และ 4 เหมาะสมที่สุด เพราะปราศจากการปนเปื้อนถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และชิ้นส่วนมีการพัฒนาเป็นส่วนยอด ราก แคลลัส เฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสูตร MS ที่เติมน้ำมะพร้าว 15 มล./ล. และน้ำตาล 15 ก./ล. สามารถชักนำยอดจากแคลลัสได้ดีที่สุด เฉลี่ย 3.19 ยอด และมีอัตราการเกิดยอดถึง 68.8 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงใบ น้ำมะพร้าว พืชอวบน้ำ สภาพปลอดเชื้อ

คำนำ

ฮาโวเทีย (*Haworthia*) เป็นไม้อวบน้ำสกุลหนึ่ง จัดอยู่ในวงศ์ Asphodelaceae ปัจจุบันได้รับการยอมรับทั้งหมด 276 ชนิด (The Plant List, 2012) มีการกระจายพันธุ์ในทวีปแอฟริกาใต้ ปัจจุบันมีการปลูกเลี้ยงฮาโวเทียกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความหลากหลายของสายพันธุ์ มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว สวยงาม แปลกตา ปรับตัวได้ดี ทนต่อสภาวะแสงรำไร และการขาดน้ำ ทำให้นิยมปลูกเลี้ยงกันมาก อย่างไรก็ตามฮาโวเทียเป็นพืชที่เจริญเติบโตค่อนข้างช้า ถึงแม้จะขยายพันธุ์ได้หลายวิธี แต่ด้วยลักษณะตามธรรมชาติของฮาโวเทีย ทำให้การขยายพันธุ์ได้จำนวนน้อยและใช้เวลานาน ซึ่งตรงกันข้ามกับความต้องการของผู้บริโภคในตลาดไม้ประดับที่มีมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จึงน่าจะเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนฮาโวเทียได้ เพราะทำให้ได้ต้นพืชจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น และมีขนาดใกล้เคียงกันอย่างมากในแต่ละรอบการผลิต การวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตำแหน่งใบและสูตรอาหารที่เหมาะสมในการขยายพันธุ์ฮาโวเทียในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อชักนำให้ฮาโวเทียให้มีจำนวนมากขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การศึกษาตำแหน่งของใบที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นเนื้อเยื่อปลอดเชื้อ

ใช้ชิ้นส่วนใบของ *Haworthia cooperi* var. *truncata* ตำแหน่งใบที่ 1-6 โดยนับจากยอด ที่ยังไม่ขยายขนาดเต็มที่ นำไปทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (เติม Tween-20 3 หยด) เป็นเวลา 20 นาที และล้างออกด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที จากนั้นนำใบเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร Murashige and Skoog (MS) ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) มี 6 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ชิ้นส่วน บันทึกผลการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายหลังการฟอกฆ่าเชื้อทุกสัปดาห์ และการเจริญเติบโตเป็นเวลา 4 สัปดาห์

การทดลองที่ 2 การศึกษาสูตรอาหารเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการชักนำและเพิ่มจำนวนยอดในสภาพปลอดเชื้อ

นำแคลลัสของ *Haworthia cooperi* var. *truncata* ขนาดประมาณ 1 x 1 ซม. เลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม 6-Benzyladenine (BA) 2 มก./ล. และ 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) 1 มก./ล. (ประยุทธ์, 2525) เปรียบเทียบอาหารที่เติมน้ำตาล 10, 15 และ 20 ก./ล. กับการเติมน้ำมะพร้าว 100, 150 และ 200 มล./ล. โดยวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomize Design แบ่งออกเป็น 10 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 = ไม่เติมน้ำตาลและน้ำมะพร้าว
สิ่งทดลองที่ 2 = น้ำตาล 10 ก./ล. + น้ำมะพร้าว 10 มล./ล.
สิ่งทดลองที่ 3 = น้ำตาล 15 ก./ล. + น้ำมะพร้าว 10 มล./ล.
สิ่งทดลองที่ 4 = น้ำตาล 20 ก./ล. + น้ำมะพร้าว 10 มล./ล.
สิ่งทดลองที่ 5 = น้ำตาล 10 ก./ล + น้ำมะพร้าว 15 มล./ล.
สิ่งทดลองที่ 6 = น้ำตาล 15 ก./ล. + น้ำมะพร้าว 15 มล./ล.
สิ่งทดลองที่ 7 = น้ำตาล 20 ก./ล. + น้ำมะพร้าว 15มล./ล.
สิ่งทดลองที่ 8 = น้ำตาล 10 ก./ล. + น้ำมะพร้าว 20 มล./ล.
สิ่งทดลองที่ 9 = น้ำตาล 15 ก./ล. + น้ำมะพร้าว 20 มล./ล.
สิ่งทดลองที่ 10 = น้ำตาล 20 ก./ล. + น้ำมะพร้าว 20 มล./ล.

แต่ละสิ่งทดลองมี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ชิ้นส่วน โดยบันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดและจำนวนยอดทุกๆ 2 สัปดาห์ และเปลี่ยนอาหารทุก 4 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ผลและวิจารณ์ผล

การทดลองที่ 1 การศึกษาตำแหน่งของใบที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นเนื้อเยื่อปลอดเชื้อ

จากการนำใบในแต่ละตำแหน่งของ *Haworthia cooperi* var. *truncata* มาฟอกฆ่าเชื้อและเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าใบทุกตำแหน่งสามารถนำมาทำเป็นเนื้อเยื่อปลอดเชื้อได้ โดยมีค่าการปราศจากการปนเปื้อน 72-100 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะใบตำแหน่งที่ 1 เป็นใบที่สามารถทำให้ปลอดเชื้อได้มากที่สุดถึง 100 เปอร์เซ็นต์ตลอดเวลา 4 สัปดาห์ของการเพาะเลี้ยง ส่วนใบตำแหน่งอื่นๆ (ตำแหน่งที่ 2-6) เกิดการปนเปื้อนเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 3 และ 4 แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 1 A) นอกจากนี้ยังพบว่า หลังเลี้ยงนาน 2 สัปดาห์ ตำแหน่งที่ใบ 3 และ 4 เกิดการพัฒนาเป็นแคลลัส ยอด และรากได้ คิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตำแหน่งใบที่ 1 2 5 และ 6 เกิดการพัฒนาได้น้อยเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ และเสื่อมสภาพไปในที่สุด (ภาพที่ 1B) ทั้ง 6 ตำแหน่งไม่มีความแตกต่างกัน และสอดคล้องกับ Mycock และคณะ (1997) ใช้ใบตำแหน่งที่ 2 และ 3 นับจากยอดของ *Hawarthia limifolia* และ *Hawarthia koelmaniorum* เป็นชิ้นส่วนเริ่มต้นในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อชักนำให้เกิดแคลลัสบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D Picloram หรือ Kinetin ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ กัน และ Tejakhod และ Chu (2009) ใช้ใบตำแหน่งที่ 4 และ 5 นับจากยอดของ *Kalanchoe blossfeldiana* มาชักนำให้เกิดยอดบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ร่วมกับ NAA จากการทดลองใน *Haworthia cooperi* var. truncata ชิ้นส่วนใบตำแหน่งที่ 3 และ 4 นับจากยอด จึงเหมาะสำหรับนำมาเป็นชิ้นส่วนเริ่มต้นในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมากที่สุด สำหรับใบตำแหน่งที่ 1 นั้นถึงแม้ว่าจะสามารถทำให้เกิดการปลอดเชื้อได้มากที่สุด แต่ไม่สามารถพัฒนาต่อไปได้ อาจเป็นเพราะชิ้นส่วนมีขนาดเล็กมาก จึงมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนเชื้อต่ำ บอบช้ำจากการฆ่าเชื้อได้ง่ายและเจริญเติบโตได้ช้าจึงตอบสนองต่อสภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ไม่ดีนัก (สุรวิช, ม.ป.พ.)

การทดลองที่ 2 การศึกษาสูตรอาหารเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการชักนำและเพิ่มจำนวนยอดในสภาพปลอดเชื้อ

จากการนำแคลลัสของ *Haworthia cooperi* var. *truncata* เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร Murashige and Skoog (MS) ดัดแปลงโดยการเติม NAA 1 มก./ล. และ BA 2 มก./ล.ร่วมกับการเติมและไม่เติม น้ำตาลและน้ำมะพร้าว ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ พบว่าสูตรที่ไม่เติมน้ำตาลและน้ำมะพร้าวส่งผลให้แคลลัสไม่มีการเจริญเติบโต เกิดเป็นสีน้ำตาลและเสื่อมสภาพไป ส่วนอาหารสังเคราะห์สูตรที่เติมน้ำตาลร่วมกับน้ำมะพร้าวในทุกระดับความเข้มข้น สามารถชักนำให้แคลลัสพัฒนาเป็นยอดได้ โดยเฉพาะสูตร MS ดัดแปลงที่เติมน้ำตาล 15 ก./ล. ร่วมกับน้ำมะพร้าว150 มล./ล. ทำให้เกิดยอดได้เร็วที่สุด ภายใน 2

สัปดาห์หลังจากการเพาะเลี้ยง ทำให้มีจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.19 ยอด และร้อยละของการเกิดยอดถึง 68.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลและน้ำมะพร้าวที่ความเข้มข้นอื่นๆ ให้จำนวนยอดเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังพบว่า อาหารที่เติมน้ำตาลทุกระดับความเข้มข้น (10 15 และ 20 มล./ล.) ร่วมกับน้ำมะพร้าว 150 มล./ล.มีแนวโน้มในการชักนำให้แคลลัสเกิดยอดได้ดีและมีจำนวนยอดเฉลี่ยสูงกว่าสูตรที่เติมน้ำมะพร้าว 100 และ 200 มล./ล. (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 2) Stenhart (1962) และ Minocha และ Mehra (1974) รายงานว่าน้ำมะพร้าว 10 หรือ 20-60 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับการชักนำให้เกิดแคลลัส (callus formation) ในกระบองเพชร (cactus) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการเกิดแคลลัสในกระบองเพชรนั้น ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของ 2,4-D, Kinetin และน้ำมะพร้าว โดย Minocha และ Mehra (1974) แนะนำให้เติมน้ำมะพร้าวลงในอาหาร สำหรับเพิ่มจำนวนแคลลัสทุกครั้งที่เปลี่ยนอาหาร ดังนั้นจึงควรเติมน้ำมะพร้าว 150 มล./ล.ร่วมกับน้ำตาล 15 ก./ล.ร่วมกับการใช้ออกซินร่วมกับไซโตไคนิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการชักนำและเพิ่มจำนวนยอด *Haworthia cooperi* var. *truncata* ให้ประสบความสำเร็จเพิ่มมากขึ้น

สรุปผลการทดลอง

ตำแหน่งใบที่เหมาะสมของ *Haworthia cooperi* var. *truncata* ในการทำเป็นเนื้อเยื่อปลอดเชื้อ คือ ตำแหน่งใบที่ 3 และ 4 และอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง โดยเติม BA 2 มก./ล. และ NAA 1 มก./ล.ร่วมกับการเติมน้ำตาล 15 ก./ล. และน้ำมะพร้าวปริมาตร 150 มล./ล. เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำยอดมากที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ประยุทธ สุพรรณวิบูล, 2525, ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของแคลลัสบัวแก้ว (*Haworthia cooperi*), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 19 หน้า

สุรวิช วรรณไกรโรจน์, ม.ป.พ., เอกสารคำสอน หลักการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสวน, 294 หน้า.

Minocha, S.C., P.N. Mehra., 1974, Nutritional and morphogenetic investigations on callus culture of *Neomammillaria prolifera* Miller (Cactaceae), Amer. J. Bet, 61: 168-173.

Mycock, D.J., M.P. Walt, K.F. Hannweg, K. Naicker, M. Makwarela, P. Berjak., 1997, Somatic embryogenesis of two indigenous South African *Haworthia* spp. (*H. limifolia* and *H. Koelmaniorum*), S. Afr. J. Bot, 63(6): 345-350.

Steinhart, C.E., 1962, Tissue culture of cactus, Science, 137: 545-546.

Tejakhod S., C. Y. Chu., 2009, *Kalanchoe* Regeneration from Flower Buds and Leaves *in vitro*, Horticulture NCHU, 34(2): 53-62.

The Plant List, 2012. *Haworthia*. [Online], Avaliable: http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=haworthia

Table 1 Effect of sugar and coconut water on percentage of shoot proliferation and number of shoots of *Haworthia cooperi* var. *truncata* cultured for 8 weeks

Trt.	MS		Shoot proliferation (%)				Shoot number (shoots)			
	Sugar (g/l)	Coconut Water (ml/l)	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
1	0	0	0.0 c	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.00 c	0.00 d	0.00 d	0.00 d
2	10	10	0.0 c	6.3 b	31.3 ab	31.3 ab	0.00 c	0.06 d	0.31 cd	0.44 cd
3	15	10	18.8 abc	25.0 ab	43.8 a	43.8 ab	0.19 bc	0.63 bcd	1.00 bc	1.69 b
4	20	10	18.8 abc	50.0 a	62.5 a	68.8 ab	0.19 bc	0.94 bc	1.31 b	2.06 b
5	10	15	12.5 bc	37.5 ab	62.5 a	75.0 a	0.13 bc	0.50 bcd	1.06 bc	1.63 bc
6	15	15	37.5 a	56.3 a	62.5 a	68.8 a	1.13 a	2.25 a	2.75 a	3.19 a
7	20	15	12.5 bc	56.3 a	62.5 a	62.5 a	0.19 bc	1.06 b	1.50 b	2.00 b
8	10	20	25.0 ab	37.5 ab	56.3 a	68.8 a	0.25 b	0.56 bcd	1.19 b	2.06 b
9	15	20	0.0 c	18.8 ab	37.5 a	37.5 ab	0.00 c	0.38 cd	0.81 bc	0.88 bcd
10	20	20	6.3 bc	25.0 ab	37.5 a	37.5 ab	0.06 bc	0.38 cd	0.88 bc	1.13 bcd
F-Test			*	*	*	*	*	*	*	*
CV.(%)			96.65	76.92	44.53	36.57	41.74	60.98	45.42	49.84

Mean values within a column followed by the different letters were significantly at P< 0.05 according to DMRT.

* Significantly different at 95%

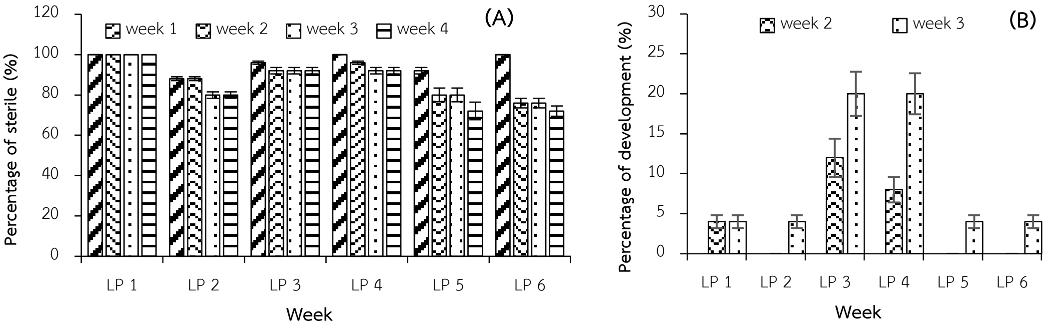


Figure 1 Effect of leaf position on percentage of sterile (A) and development (B) of *Haworthia cooperi* var. *truncata* cultured for 4 weeks.

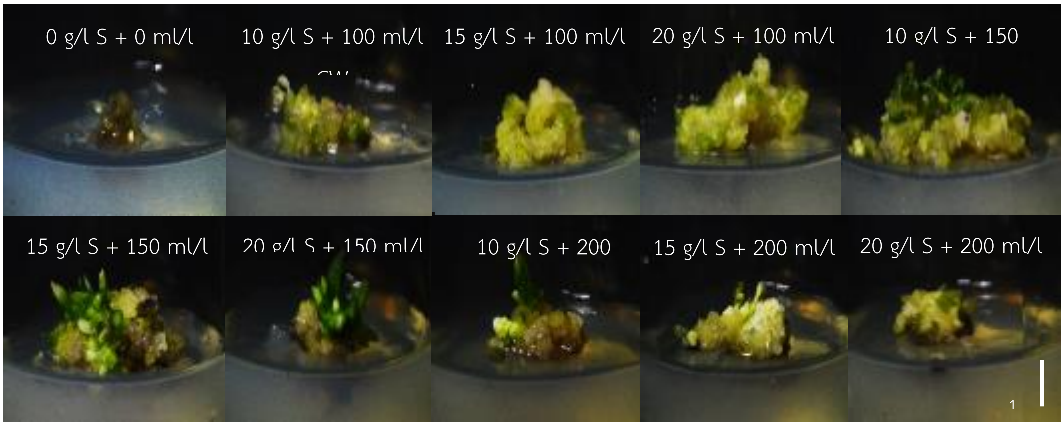


Figure 2 Characteristic of development in each treatments of *Haworthia cooperi* var. *truncata* in 6 weeks.

ผลของกากน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง
Effect of the Bio-Extracts Sludge on Chinese Cabbage Growth

ปิยะรัตน์ วิจักขณ์สังสิทธิ์[1], รัตนะ บุลประเสริฐ[2] และอเนก สุขเจริญ[3]
Vijuksungsith, P.[1], Boonlaprasert, R.[2] and Sukcharoen, A.[3]

Abstract

This study aimed to examine the comparative effect of bio-extracts sludge and various fertilizers on the growth of Chinese cabbage. The bedding media includes soil, coconut husk, rice husk ash and various composts at the ratio of 3:1:1:2 (v/v/v/v). There were 5 treatments in this study as T1: soil (control), T2: pig manure, T3: chemical fertilizer, T4: bio-extracts sludge from fruits and T5: bio-extracts sludge from fishes. The experiment was designed as a completely randomized design with 5 replications. The results showed that height, leaf length, leaf width, length of petiole and leaf number of Chinese cabbage were not statistically different at 7 days after plantation. Chinese cabbage that grew on the bio-extracts sludge from fishes (T5) had the highest between treatments values of height, leaf width, leaf length, petiole length and leaf number of plants at 14 and 21 days after plantation. Moreover, this treatment also showed the highest weight of stems at 35 days after plantation.

Keywords: bio-extracts sludge, chinese cabbage, growth

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบผลของกากน้ำหมักชีวภาพเปรียบเทียบกับปุ๋ยชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้งในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดินร่วน เถ้าแกลบ กาบมะพร้าวสับ และปุ๋ยชนิดต่างๆ ในอัตราส่วน 3:1:1:2 (โดยปริมาตร) แบ่งการทดลองเป็น 5 ตำรับ ได้แก่ T1: ดินร่วน (ควบคุม) T2: มูลสุกร T3: ปุ๋ยยูเรีย T4: กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้ และ T5: กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา เลือกใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่าการเจริญเติบโตของกวางตุ้งในด้านความสูง ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ และจำนวนใบ หลังการย้ายปลูกที่ระยะเวลา 7 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่ระยะเวลา 14 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าชุดการทดลอง T5 ซึ่งใช้กากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลาเป็นส่วนผสม มีค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งด้านความสูง ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ และจำนวนใบ และมีน้ำหนักเฉลี่ยของต้นมากที่สุดที่ระยะ 35 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: กากจากน้ำหมักชีวภาพ, กวางตุ้ง, การเจริญเติบโต

คำนำ*

ในกระบวนการทำน้ำหมักชีวภาพเมื่อหมักสมบูรณ์แล้วขั้นตอนถัดไป คือ การกรองเพื่อแยกกากและน้ำ โดยส่วนที่เป็นน้ำจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ทั้งใช้เป็นปุ๋ยทางใบหรือรดลงดิน แต่กากที่เหลือปริมาณร้อยละ 20 จากน้ำหนักเริ่มต้น ส่วนใหญ่มักจะถูกนำไปใช้เป็นวัสดุหมักครั้งต่อไปหรือกองทิ้งไว้ เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่าคุณประโยชน์จากวัสดุหมักน่าจะอยู่ในน้ำหมักชีวภาพ อีกทั้งในการตรวจสอบเอกสารยังไม่พบข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากกากที่ได้จากกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ เช่น ปริมาณธาตุอาหาร หรือวิธีการนำไปใช้ที่เหมาะสม ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณธาตุอาหารของกากน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอินทรียวัตถุ รวมถึงผลของกากน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้งในวัสดุปลูก โดยเปรียบเทียบกับดินร่วน ปุ๋ยคอก (มูลสุกร) และปุ๋ยเคมี (ยูเรีย)

[1]ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1]Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140
[2]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จ.นครปฐม 73170
[2]Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom, 73170
[3]ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ สำนักวิทยาเขต กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[3]National Agricultural Machinery Center, Kamphaeng Saen Campus Office, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการเตรียมกากน้ำหมักชีวภาพ

นำวัตถุดิบต่างๆ มาหั่นให้ได้ขนาดประมาณ 1 นิ้ว ผสมกับกากน้ำตาลให้เข้ากันปริมาณ 170 กิโลกรัมในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร แล้วปิดฝาให้สนิทและเก็บไว้ในที่ร่มอุณหภูมิเฉลี่ย 25-30 องศาเซลเซียส (เปิดฝาเพื่อกวนผสมและระบายแก๊สที่เกิดจากการหมัก) นาน 3 เดือน โดยเตรียมน้ำหมักจำนวน 2 สูตร มีอัตราส่วนของวัตถุดิบและกากน้ำตาลดังนี้

1) น้ำหมักผลไม้ใช้วัตถุดิบจากเศษผัก/ผลไม้ 4 ชนิด ได้แก่ ฟักทอง มะละกอ กล้วย สับปะรด ผสมกันในสัดส่วน 1:1:1:1 ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอต่อกากน้ำตาลในอัตราส่วน 3: 1

2) น้ำหมักปลาใช้วัตถุดิบจากเศษปลาต่อกากน้ำตาลในอัตราส่วน 1: 1

เมื่อครบกำหนดแล้วจึงกรองเพื่อแยกกากออก จากนั้นนำกากน้ำหมักที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ด้วยวิธีการ Semi-Micro Kjeldahl ฟอสฟอรัส (P) ด้วยวิธีการ UV-Visible Spectrophotometer โพแทสเซียม (K) ด้วยวิธีการ Atomic Absorption Spectrophotometer และอินทรียวัตถุ (OM) ด้วยวิธีการ Wet Oxidation

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design* (CRD) 5 ตำรับการทดลอง 5 ซ้ำ โดยใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดินร่วน เถ้าแกลบ กาบมะพร้าว และปุ๋ย (T1: ดินร่วน/ T2: มูลสุกร/ T3: ปุ๋ยยูเรีย/ T4:กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้/ T5: กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา) ในอัตราส่วน 3:1:1:2 (โดยปริมาตร) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และใส่ลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 นิ้ว จากนั้นย้ายกล้ากวางตุ้งที่มีอายุ 2 สัปดาห์ ลงในกระถางที่เตรียมไว้ภายในโรงเรือนในช่วงเดือนมกราคม ในระหว่างการทดลองจะทำการรดน้ำในปริมาตรเท่าๆ กันทุกวัน ดำเนินการวัดความสูง ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ และจำนวนใบ ที่ระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน หลังการย้ายปลูก ตามลำดับ และเมื่อครบอายุการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 35 วัน จะทำการวัดความสูง และน้ำหนักสดของลำต้นและราก

ผลการทดลอง*

ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารและค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืชของกากน้ำหมักชีวภาพ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรียวัตถุ และค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืชในกากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้และสูตรปลา แสดงใน Table 1 จาก Table 1 พบว่ากากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีปริมาณธาตุอาหารพืชคือไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเท่ากับร้อยละ 3.77 และ 1.60 ในขณะที่สูตรผลไม้มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 2.05 และ 0.19 ตามลำดับ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมพบว่ามีสูงถึงร้อยละ 4.09 ในกากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้ในขณะที่สูตรปลามีเพียงร้อยละ 3.49 ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในกากน้ำหมักทั้งสองชนิด นอกจากนี้ในการศึกษาได้ทำการทดสอบค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช ซึ่งบ่งบอกถึงการย่อยสลายสมบูรณ์หรือความเป็นพิษต่อพืชด้วย ซึ่งผลที่ได้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักโดยตรง แต่เนื่องจากกากน้ำหมักชีวภาพดังกล่าวมีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชอยู่สูง จึงมีศักยภาพที่จะใช้เป็นวัสดุปลูกร่วมกับวัสดุอื่นๆได้

ผลของกากจากน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตกวางตุ้ง

จากการวัดการเจริญเติบโตของกวางตุ้งในด้านความสูง ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ และจำนวนใบ ที่ระยะเวลา 0 7 14 21 และ 35 วัน และนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ แสดงผลใน Table 2

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการเจริญเติบโตของกวางตุ้งที่ระยะเวลา 0 และ 7 วัน หลังย้ายปลูก ในทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันในด้านความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 14 และ 21 วัน (Table 2) โดยตำรับการทดลอง T5 ที่ใช้กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลาเป็นวัสดุปลูกร่วมส่งผลให้มีความสูงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ ที่ระยะเวลา 14 วัน และมีค่าใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ใช้มูลสุกร (T2) ที่ระยะเวลา 21 วัน ส่วนการเจริญเติบโตด้านความกว้างและความยาวของใบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยตำรับการทดลองที่ใช้กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้ (T4) และสูตรปลา (T5) มีค่าใกล้เคียงกันที่ระยะ 14 และ 21 วัน หลังย้ายปลูก โดยมีค่าใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ใช้มูลสุกร (T2) ที่ระยะเวลา 21 วัน หลังย้ายปลูก ทั้งนี้ตำรับการทดลองที่ใช้กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีค่าเฉลี่ยด้านความกว้างและความยาวของใบสูงที่สุด สำหรับความยาวก้านใบพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือ ตำรับการทดลองที่ใช้กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้ (T4) และสูตรปลา (T5) มีค่าใกล้เคียงกันที่ระยะ 14 วัน แต่มีความแตกต่างกันที่ระยะ 21 วัน ทั้งนี้การใช้กากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลายังคงมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนจำนวนใบพบว่าทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระยะเวลา 14 วัน แต่ที่ระยะเวลา 21 วัน พบว่าการใช้มูลสุกร ปุ๋ยเคมี กากใช้กากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้ (T4) และสูตรปลา (T5) มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นการปลูกด้วยวัสดุดินร่วน (T1) จะมีจำนวนใบน้อยที่สุด ทั้งนี้พบว่ากวางตุ้งมีจำนวนใบมากที่สุดในตำรับการทดลองที่ใช้กากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา

สำหรับการวัดการเจริญเติบโตของกวางตุ้งที่ระยะเก็บเกี่ยว คือ 35 วัน หลังย้ายกล้าปลูก (Figure 1) พบว่าความสูงและน้ำหนักสดของลำต้นและรากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยตำรับการทดลองที่ใช้กากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลาเป็นส่วนผสมในวัสดุปลูกมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต้นสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆคือ 125.60 กรัม และเมื่อพิจารณาด้านความสูงของต้น พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการใช้มูลสุกร (T2) และกากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้ (T4) แต่อย่างไรก็ตามการใช้กากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา (T5) ยังคงมีค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุดคือ 23.44 เซนติเมตร ส่วนการเจริญเติบโตของรากทั้งด้านความยาวและน้ำหนักสดพบว่าการใช้มูลสุกร ปุ๋ยเคมี กากน้ำหมักชีวภาพสูตรผลไม้ และกากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกวางตุ้งที่ใช้กากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลาเป็นวัสดุปลูกร่วม กับวัสดุปลูกอื่นๆ เช่น การใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าว ถ่านแกลบ และมูลโคในอัตราส่วน 1:1:1 (โดยปริมาตร) พบว่าที่ระยะ 30 วัน มีความยาวของลำต้นและรากเท่ากับ 3.90 และ 9.38 เซนติเมตรตามลำดับ และมีน้ำหนักสดของลำต้นและรากเท่ากับ 0.080 และ 0.027 กรัมตามลำดับ (สมชายและอัญชลี, 2558) หรือวัสดุปลูกที่เตรียมจากดิน กาบมะพร้าว แกลบดำ อัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร และผสมปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 50.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ พบว่าที่ระยะ 30 วัน กวางตุ้งสูง 20.97 เซนติเมตร (วีณารัตน์, 2553) จะเห็นได้ว่าการใช้กากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลาเป็นวัสดุปลูกร่วมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของกวางตุ้งได้ดีกว่า

สรุปและวิจารณ์ผล*

จากการศึกษาผลของกากจากน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง พบว่ากากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลาสามารถนำมาเป็นวัสดุปลูกร่วมได้ดีที่สุดโดยใช้อัตราส่วนผสมดังนี้ ดินร่วน เถ้าแกลบ กาบมะพร้าว และกากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา ในอัตราส่วน 3: 1: 1: 2 (โดยปริมาตร) ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูง ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ จำนวนใบ และน้ำหนักสดของต้นได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ เนื่องจากกากจากน้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 3.77 กวางตุ้งเป็นผักกินใบและลำต้นจึงต้องการปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง อีกทั้งไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของสารชีวโมเลกุลในพืช โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ และคณะ, 2541) จึงมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้น พืชจึงมีอาหารสะสมและสลายเป็นพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตได้ดี

คำขอบคุณ

การทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำหมักชีวภาพด้วยถังหมักชีวภาพแบบกวนผสมอัตโนมัติ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มก. ประจำปีงบประมาณ 2558-2559

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548, มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ปุ๋ยหมัก), ราชกิจจานุเบกษาฉบับทั่วไป เล่ม 22 ตอนที่ 114.

ยงยุทธ โอสถสภา, ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชัยสิทธิ์ ทองจู, 2541, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 8, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

วีณารัตน์ มูลรัตน์, 2553, ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตของผักโขมผัก (*Amaranthus tricolor*) ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* var. *chinensis*) และผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatic* var. *reptans*), วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สมชาย ชคตระการ และอัญชลี จาละ, 2558, การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกวางตุ้งดอกบนวัสดุปลูกที่เติมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 4(3): 236-243.

Table 1 Characteristics of the bio-extract sludge.

Characteristic	bio-extract sludge from fruits	bio-extract sludge from fishes
Nitrogen, N (%)	2.05	3.77
Phosphorus, P (%)	0.19	1.60
Potassium, K (%)	4.09	3.49
Organic matter, OM (%)	71.58	69.54
Germination Index, GI (%)	51.88	54.33

Table 2 Means of height, leaf width, leaf length, leaf: length of petiole and leaf number of Chinese cabbage at 14 and 21 days after plantation.

Treatment	Height (cm.)		Leaf width (cm.)		Leaf length (cm.)		Leaf: length of petiole (cm.)		Leaf number (no.)	
	14 days	21 days	14 days	21 days	14 days	21 days	14 days	21 days	14 days	21 days
T1	15.88a	16.54a	6.32a	7.46a	7.78a	9.44a	14.10a	14.04a	9.00	9.20a
T2	16.50a	21.12bc	6.62ab	10.20bc	11.02b	12.38bc	15.48ab	18.00bc	9.40	11.60b
T3	16.26a	18.62ab	6.34a	8.84ab	9.74ab	11.18b	14.20a	16.30b	9.40	11.80b
T4	16.62a	18.88ab	7.66bc	9.98bc	11.02b	12.32bc	14.86ab	17.24b	9.60	11.60b
T5	19.38b	22.78c	8.38c	10.76c	12.26b	13.86c	16.92b	19.64c	10.20	12.40b
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*
C.V. (%)	12.06	14.10	16.18	16.93	23.26	16.22	12.21	14.03	9.16	13.18

ns = not significant at P > 0.05; * = significant at P< 0.05
Different letters in the column indicates significant different

Table 3 Means of shoot length, root length, shoot fresh weight and root fresh weight at 35 days after plantation.

Treatment	Shoot length (cm.)	Root length (cm.)	Shoot fresh weight (g.)	Root fresh weight (g.)
T1	16.28a	14.12a	29.21a	2.04a
T2	21.64bc	21.46b	88.28b	4.68b
T3	19.44b	18.40ab	62.95b	3.57ab
T4	20.92bc	18.52ab	86.19b	5.61b
T5	23.44c	21.30b	125.60c	4.76b
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	14.60	26.16	46.89	47.62

* = significant at P< 0.05
Different letters in the column indicates significant different

(A) T1 (B) T2 (C) T3 (D) T4 (E) T5

Figure 1 The growth of Chinese Cabbage on bedding medium at 35 days after plantation.

ความหลากชนิดและการใช้ประโยชน์ของพืชวงศ์ทานตะวันในป่าชุมชน ตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์
Species Diversity and Utilization of Asteraceae in Community Forest, Nam Ang Sub – District, Tron District, Uttaradit Province

พัทธชัย ปิ่นนาค[1] และ โชติกา ศรีอะนัน[1]
Pinnak, P.[1] and Srianan, C.[1]

Abstract

Diversity and utilization of habitat plants of the Asteraceae naturally grown in the Nam Ang community forest, Tron District, Uttaradit Province were studied between April and July 2016. The specimens were collected along forest path within 10 meters from the path and the photographs were taken. Utilization information of the plants was obtained by interviewing with local philosophers. The collected specimens were dried, identified and described in laboratory. Seven species of 6 genera were found. These plants can be classified into 5 groups according to the utilization; medicinal plants (71.4%) were the highest number of species consisted of False Daisy, Bitter bush, Little ironweed, and Wan Mahakam. The second group such as Coat buttons was for cattle feeding (14.28%), whereas only 14.28% such as *Praxelis* were used as general purposes.
Keywords: diversity, *Asteraceae*, community forest, utilization

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากชนิดของพืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) และการนำไปใช้ประโยชน์ บริเวณป่าชุมชนตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ ดำเนินการวิจัยโดยการสำรวจตั้งแต่เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 ในการสำรวจจะทำการเก็บตัวอย่างพืชบันทึกข้อมูลวิสัยของพืชอย่างละเอียดและถ่ายภาพในบริเวณ 10 เมตร รอบเส้นทางป่า ระหว่างการสำรวจมีการสอบถามข้อมูลการใช้ประโยชน์ของพืชวงศ์ทานตะวันจากปราชญ์ชาวบ้าน จากนั้นนำตัวอย่างพืชมาอบพรรณไม้แห้งเพื่อใช้ในการจัดจำแนกชนิด ผลการสำรวจพบพืชวงศ์ทานตะวัน จำนวน 6 สกุล 7 ชนิด จำแนกจากการนำมาใช้ประโยชน์ออกเป็น 5 ประเภท พบมากที่สุดคือพืชที่เป็นสมุนไพรพบ 5 ชนิด คิดเป็น 71.4% จากจำนวนพืชที่พบทั้งหมด ได้แก่ กะเม็ง สาบเสือ หมอน้อย ว่านท้องใบม่วง และว่านมหากาฬ รองลงมาคือพืชที่ใช้เป็นอาหารอาหารสัตว์ พบ 1 ชนิด ได้แก่ ตีนตุ๊กแก และด้านการใช้ประโยชน์อื่น ๆ พบ 1 ประเภทได้แก่ สาบม่วง คิดเป็น 14.28% จากจำนวนพืชที่พบทั้งหมด
คำสำคัญ: ความหลากหลาย วงศ์ทานตะวัน ป่าชุมชน การใช้ประโยชน์

คำนำ*

ป่าชุมชนเป็นพื้นที่ที่ชุมชนมีกระบวนการจัดการร่วมกันและเข้าไปใช้ประโยชน์ร่วมกัน โดยเฉพาะพืชอาหารและพืชสมุนไพรที่ชุมชนมีการใช้ประโยชน์มาก มีการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรเพื่อบำบัดโรคและบำรุงร่างกายให้แข็งแรงมานาน แต่มีรายงานการศึกษาความหลากชนิดและการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรในแต่ละพื้นที่ค่อนข้างน้อย โดยความรู้เกี่ยวกับพืชสมุนไพรจะรู้จักกันเฉพาะในท้องถิ่นเท่านั้น พืชวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) เป็นพืชที่มีช่อดอก ที่มีลักษณะพิเศษคือแบบกระจุกแน่น (head หรือ capitulum) ดอกมี 2 ชนิด คือ ดอกกลาง (disk flower) และ ดอกวงนอก (ray flower) ลักษณะผลแห้งเมล็ดล่อน มีจำนวนสมาชิกมากที่สุดในโลก มีการกระจายพันธุ์ทั่วโลก มีประมาณ 23,000 ชนิด 1,600 สกุล โดยมีความหลากชนิดมากที่สุดในพื้นที่เขตอบอุ่นของประเทศไทย พบได้ในเกือบทุก ๆ สภาพแวดล้อม แต่จะพบมากในพื้นที่เปิดโล่ง อากาศอบอุ่น ในประเทศไทยมีพืชวงศ์นี้ประมาณ 260 ชนิด พืชหลายชนิดมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจและทางด้านสมุนไพร และหลายชนิดมีรายชื่ออยู่ในทะเบียนรายชื่อเป็นพืชต่างถิ่นรุกราน ซึ่งการรุกรานของพืชต่างถิ่นเหล่านี้เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของการสูญเสียความหลากหลายของพืช โดยเฉพาะพืชชนิดพันธุ์ท้องถิ่น (พิมพ์วดี, 2555) ตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ มีจำนวนประชากร

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เลขที่ 27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
[1] Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, 27 Injaimee Rd., Muang, Uttaradit 53000, Thailand

ประมาณ 8,000 คน รายได้ร้อยละ 90 มาจากการประกอบอาชีพเกษตรกรรมและปศุสัตว์ มีพื้นที่ป่าประมาณ 2,200 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 87 ของพื้นที่ป่าทั้งอำเภอ สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มคลองตรอน พื้นที่การเกษตรมีป่าไม้เชื่อมโยงในเขตป่าสงวนและป่าชุมชน พื้นที่บางส่วนถูกบุกรุกทำลายเพื่อเพาะปลูกข้าวโพด มันสำปะหลัง อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตได้ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษา สำรวจ รวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรป่าชุมชนตำบลน้ำอ่างในด้านพรรณพืชที่ถูกต้องตามหลักอนุกรมวิธาน

ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลเพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติด้านสมุนไพรจึงศึกษาความหลากชนิดของพืชสมุนไพรในเขตป่าชุมชนตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ ตลอดจนการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรในชุมชนน้ำอ่างสำหรับใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในป่าชุมชนและเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พืชสมุนไพรและระบบนิเวศตามธรรมชาติของพืชสมุนไพรต่อไป

วิธีการทดลอง

การศึกษาความหลากชนิดและการใช้ประโยชน์ของพืชวงศ์ทานตะวันในป่าชุมชนตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ ป่าชุมชนตั้งอยู่ห่างจากชุมชนที่ใกล้ที่สุดคือหมู่ 10 บ้านเนินสวรรค์ ประมาณ 500 เมตร ออกสำรวจเดือนเมษายน มิถุนายน และกรกฎาคม พ.ศ. 2559 รวม 3 ครั้ง โดยทำการรวบรวมตัวอย่างพืชสมุนไพรตามเส้นทางเดินหาของป่าของชาวบ้านมีความยาวของเส้นทางประมาณ 2,500 เมตร มีระยะการสำรวจโดยรอบเส้นทางไม่เกิน 10 เมตร ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างร่วมกับกลุ่มเป้าหมายด้วยทุกครั้ง (Figure 1) ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง ได้แก่ ปราชญ์ชาวบ้าน หมอยาสมุนไพร ผู้รู้เกี่ยวกับสมุนไพร และผู้ที่ใช้ประโยชน์จากพืชจากป่าชุมชน รวม 5 คน และสัมภาษณ์การใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรในลักษณะต่าง ๆ ทำการจดบันทึกรายละเอียดการเก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ สถานที่เก็บตัวอย่างพืชวัดพิกัดภูมิศาสตร์ GPS และนิเวศวิทยา วันที่เก็บตัวอย่างพืช ชื่อและหมายเลขผู้เก็บ วิสัยของพืช ลักษณะของพืช สีดอก ลักษณะของผล กลิ่น และการนำไปใช้ประโยชน์ พร้อมทั้งถ่ายภาพลักษณะของพืชด้วยกล้องถ่ายรูปดิจิตอลและเก็บตัวอย่างพืชชนิดนำมาจัดทำเป็นตัวอย่างพรรณไม้แห้ง หากเป็นผลสดหรือเป็นพืชที่อวบน้ำจะทำการดองในแอลกอฮอล์ 70% เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ตรวจสอบชนิดของตัวอย่างพรรณไม้โดยใช้เอกสารรูปวิธานและเอกสารทางพฤกษศาสตร์ ได้แก่ หนังสือพรรณพฤกษชาติแห่งประเทศไทย (Flora of Thailand) สอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ นำไปตรวจสอบชนิดกับพืชที่ทราบชื่อแล้วในหอพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ และตรวจสอบชื่อท้องถิ่นจากหนังสือรายชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ (ราชันย์ และคณะ (บรรณาธิการ), 2557)

ผลการศึกษา**

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถรวบรวมพืชวงศ์ทานตะวันทั้งหมด 6 สกุล 7 ชนิด (Table 1) โดยพบมากที่สุดคือ สกุล *Gynura* พบจำนวน 2 ชนิด (Figure 2) ทั้งนี้สามารถจำแนกพืชวงศ์ทานตะวันตามการใช้ประโยชน์ได้ 3 ประเภท ได้แก่ เป็นสมุนไพรใช้ในการรักษาโรค เป็นอาหารสัตว์ และใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ โดยชาวบ้านนิยมนำพืชวงศ์ทานตะวันมาใช้ประโยชน์เป็นพืชสมุนไพร จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กะเม็ง สาบเสือ หมอน้อย ว่านท้องใบม่วง และว่านมหากาฬ คิดเป็น 71.4% พืชที่ใช้เป็นอาหารอาหารสัตว์ และใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ คิดเป็นด้านละ 14.28%

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา*

ความหลากหลายของพืชวงศ์ทานตะวันในพื้นที่ป่าชุมชนตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ ทั้งหมด 6 สกุล 7 ชนิด โดยพบมากที่สุดคือ สกุล *Gynura* เนื่องจากพืชสกุล *Gynura* มีการกระจายพันธุ์อยู่ทั่วโลกและมีการเจริญออกดอกตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงมีโอกาสที่จะพบพืชสกุลนี้ได้เป็นจำนวนมากสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้า (Vanijajiva, 2009)

เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนความหลากหลายของพืชสมุนไพรที่มีรายงานในพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่อนุรักษ์ อาทิ ดอยหัวหมด เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอุ้มผาง จังหวัดตาก พบพืชวงศ์ทานตะวันจำนวน 19 สกุล 25 ชนิด (ผุสดี, 2557) อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ พบพืชวงศ์ทานตะวันจำนวน 33 สกุล 52 ชนิด จะเห็นได้ว่าจำนวนชนิดที่พบนั้นมีความแตกต่างกับพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่อนุรักษ์ เนื่องจากพื้นที่ของป่าชุมชนตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ มีสภาพป่าเต็งรัง จึงทำให้พบความหลากชนิดของพืชวงศ์ทานตะวันในจำนวนจำกัด อย่างไรก็ตามชนิดพืชสมุนไพรที่พบในป่าชุมชนตำบล น้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นชนิดที่พบเช่นเดียวกันกับในพื้นที่ใกล้เคียง

ชาวบ้านมีการนำพืชวงศ์ทานตะวันมาใช้ประโยชน์อยู่บ้าง อย่างไรก็ตามพืชที่พบทั้ง 7 ชนิด สามารถจำแนกตามการใช้

ประโยชน์ ได้เป็น 3 กลุ่ม พบว่าใช้ประโยชน์เป็นพืชสมุนไพร มีมากที่สุด คิดเป็น 71.4% สอดคล้องกับการศึกษาการใช้ประโยชน์ของพืชที่ผ่านมา (ชูศรี และคณะ, 2554; อัญชลี และคณะ, 2555) ได้แก่ หมอน้อย (*Vernonia cinerea* (L.) Less.) จัดเป็นวัชพืชที่เป็นที่รู้จักและมีการใช้ประโยชน์จริงในด้านการช่วยลดอาการติดบุหรี่ในผู้ที่ติดบุหรี่มาเป็นเวลานาน และนักวิจัยไทยได้มีการพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปให้สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น อาทิ ชาชง (ศุภกิจ, 2552) สาบเสือ (*Chromolaena odorata* (L.) Bth. & Hk. f.) มีสรรพคุณสมานแผล ซึ่งมีการศึกษากันอย่างแพร่หลายในการรักษาบาดแผล แผลไฟไหม้ และการติดเชื้อที่ผิวหนัง (Sirinthipaporn and Jiraungkoorskul, 2017) กะเม็ง (*Eclipta prostrata* L.) สมานแผล รักษาโรคผิวหนัง ว่านมหากาฬ (*Gynura pseudochina* (L.) DC. var. *hispida*) แก้ไข้ แก้พิษ ว่านท้องใบม่วง (*Gynura bicolor*) แก้ปวดเมื่อย และตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens* L.) แก้ฝี แก้อักเสบ

อย่างไรก็ตามพืชวงศ์ทานตะวันที่ชุมชนเก็บมาใช้ประโยชน์นอกจากจะนำมาใช้เป็นพืชสมุนไพรเพื่อบำบัดโรคและบำรุงร่างกายให้แข็งแรงแล้ว ยังมีการใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ ได้แก่ ตีนตุ๊กแก และใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้แก่ สาบม่วง (*Praxelis clematidea* (Griseb) R.M.King และ H.Rob) ใช้ประโชน์ในการไล่แมลงเนื่องจากมีกลิ่นฉุน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและขอขอบคุณพี่พนม แก้วน้ำอ่าง ปราชญ์ชาวบ้านในพื้นที่ตำบลน้ำอ่าง รวมถึงร่วมออกสำรวจพืชสมุนไพรกับผู้วิจัยด้วยทุกครั้ง สุดท้ายนี้ขอขอบคุณหมอยาพื้นบ้าน ผู้รู้เรื่องสมุนไพร ตลอดจนคณะกรรมการหมู่บ้านทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลจนงานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ชูศรี ไตรสนธิ และปริทรรศน์ ไตรสนธิ, 2554, พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวลัวะและชาวถิ่นบนดอยภูคา จังหวัดน่าน, วารสารพฤกษศาสตร์ไทย, 3(2): 163-185.

ผุสดี พรหมประสิทธิ์, 2552, ความหลากหลายของพืชวงศ์ทานตะวันในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์, วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 37 (4): 426-434.

พิมพ์วดี พรพงศ์รุ่งเรือง, 2555, พืชวงศ์ทานตะวันในประเทศไทยกับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ, วารสารพฤกษศาสตร์ไทย,. 4(1): 25-46.

พิมพ์ดี พรพงศ์รุ่งเรือง, 2557, รายงานวิจัย, พืชวงศ์ทานตะวันในดอยหัวหมด เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอุ้มผาง จังหวัดตาก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น, 5.00 น.

ราชันย์ ภู่มา และ สมราน สุดดี (บรรณาธิการ), 2557, ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557, สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพ.

ศุภกิจ วงศ์วิวัฒนนุกิจ ปรีดา เบญจนากาศกุล ธนภัทร ทรงศักดิ์ และคณะ, 2552, ประสิทธิผลของหญ้าดอกขาวในการเลิกบุหรี่, วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์, 23(1): 31-36.

อัญชลี น่วมมี กนกวรรณ เสรีภาพ สร้อยนภา ญาณวัฒน์ และ ต่อศักดิ์ สีลานันท์. 2555. พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวม้ง บ้านปางช้าง ตำบลพงษ์ อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน, วารสารพฤกษศาสตร์ไทย, 4(2): 177-211.

Ongkarn, V., 2009, The Genus Gynura (Asteraceae: Senecioneae) in Thailand, Thai journal of Botany, 1(1): 25–36.

Sirinthipaporn A. and Jiraungkoorskul W., 2017, Wound Healing Property Review of Siam Weed, *Chromolaena odorata*, Pharmacognosy Reviews, 11(21): 35-38.

Figure 1 The specimens were collected along forest path at Nam Ang sub-district with local philosopher.

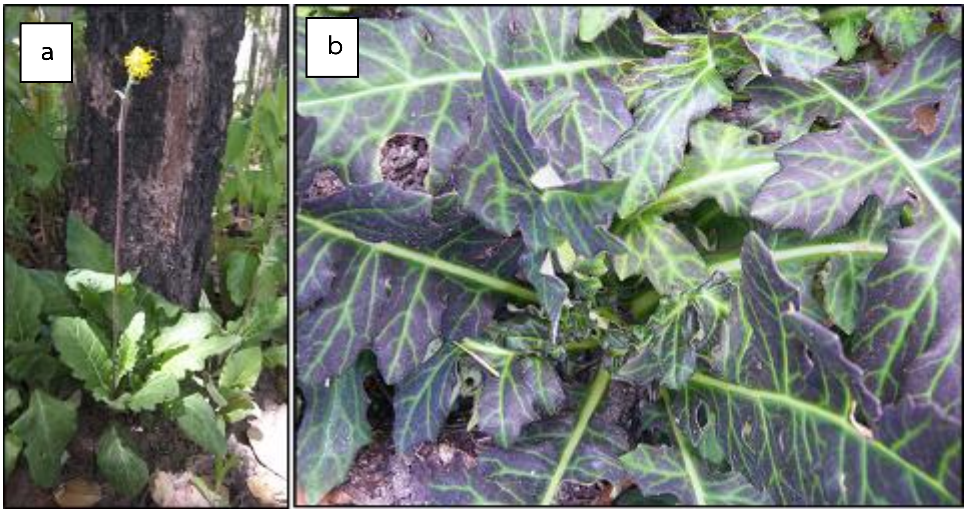


Figure 2 (a) *Gynura bicolor* and (b) *Gynura pseudochina* L.

Table 1 Appearance of Asteraceae plants in community forest at Nam Ang sub-district.

ลำดับ	สกุล	ชื่อท้องถิ่น*	ชื่อวิทยาศาสตร์*
1	*Chromolaena*	สาบเสือ	*Chromolaena odorata* (L.) Bth. and Hk. f.
2	*Eclipta*	กะเม็ง	*Eclipta prostrata* L.
3	*Gynura*	ว่านท้องใบม่วง	*Gynura bicolor*
4	*Gynura*	ว่านมหากาฬ	*Gynura pseudochina* (L.) DC. var. *hispida*
5	*Praxelis*	สาบม่วง	*Praxelis clematidea* (Griseb) R.M.King & H.Rob
6	*Tridax*	ตีนตุ๊กแก	*Tridax procumbens* L.
7	*Vernonia*	หมอน้อย	*Vernonia cinerea* (L.) Less.

การขยายพันธุ์พืชสกุลผักกะสัง 3 ชนิดที่พบในประเทศไทยในสภาพปลอดเชื้อ
Micropropagation of 3 *Peperomia* Species in Thailand

พรสุดา ศิริรักวงษา[1] ดวงพร บุญชัย[2] พัชรียา บุญกอแก้ว[1] และ เฉลิมพล สุวรรณภักดี[3]
Sirirukwongsa, P.[1], Boonchai, D.[2], Boonkorkaew, P.[1] and Suwanphakdee, C.[3]

Abstract

Peperomia moulmeiniana, *P. heyeana* and *P. cavalerirei* were propagated using *in vitro* culture, by putting the nodes on Murashige and Skoog (MS) solid medium supplemented with sugar at 30 g/l and various concentrations of BA (N_6-benzyladenine) and NAA (1-naphthylacetic acid). Treatments included 1) No BA and NAA 2) 0.1 BA + 0.5 NAA (mg/l), 3) 0.1 BA + 1 NAA (mg/l) and 4) 1 mg/l BA (mg/l). After 10 weeks, MS medium supplemented with 1.0 BA facilitated new shoot growth after culturing *P. moulmeiniana*, *P. heyeana* and *P. cavalerirei* for 15.4, 10.0 and 12.2 days, which produced the highest number of shoots at 5.1, 6.0 and 7.5 shoots, respectively. Meanwhile, there was no significant difference in the percentage of shoots between each medium (87.5 – 100 %). MS with 0.1 NAA + 0.5 BA produced the longest shoots and the highest amount of nodes. However, MS containing NAA and BA induced callus formation

Keywords: auxin, cytokinin, *in vitro*, Peperomia

บทคัดย่อ

การขยายพันธุ์พืชสกุลผักกะสัง ได้แก่ *P. moulmeiniana, P. heyeana* และ *P. cavalerirei* โดยใช้ชิ้นส่วนข้อเลี้ยงในอาหารแข็งสูตรMurashige and Skoog (MS) ที่เติมน้ำตาล 30 ก./ล. ร่วมกับ BA (N_6-benzyladenine) และ NAA (1-naphthylacetic acid) ที่ความเข้มข้นต่างๆ มีทั้งหมด 4 สูตร คือ 1) ไม่เติม BA และ NAA (ชุดควบคุม) 2) เติม BA 0.1 มก./ล. และ NAA 0.5 มก./ล. 3) เติม BA 0.1 มก./ล. และ NAA 1 มก./ล. 4) เติม BA 1 มก./ล. และไม่เติม NAA รวม 4 สูตร เลี้ยงเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า สูตรที่ 4 ทำให้พืชสกุลผักกะสัง ทั้ง 3 ชนิด เกิดยอดอ่อนเร็วที่สุดภายใน 15.4 10.0 และ 12.3 วัน และมีจำนวนยอดแตกต่างกันทางสถิติ คือ 5.1 6.0 และ 7.5 ยอด ตามลำดับ อาหารทุกสูตรทำให้เกิดยอดได้ทั้งหมด คือ 87.5 – 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรที่ 2 ทำให้มีความสูงของยอดและจำนวนข้อมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า สูตรที่ 2 และ 3 สามารถชักนำชิ้นส่วนข้อให้เกิดแคลลัสได้

คำสำคัญ:การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ไซโตไคนิน เปปเปอร์โรเมีย ออกซิน

คำนำ

พืชสกุลผักกระสัง (Peperomia) จัดอยู่ในวงศ์พริกไทย (Piperaceae) เจริญเติบโตบริเวณเขตร้อน และมักจะพบเป็นไม้พื้นล่างของป่าเขตร้อนในต่างประเทศ นำมาใช้เป็นสมุนไพร เครื่องเทศ และไม้ประดับ บางชนิดซึ่งส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดในบราซิลและประเทศในทวีปอเมริกาใต้ (Bailey, 1975) ได้มีการนำมาพัฒนาปรับปรุง และปลูกให้เป็นไม้ประดับที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ และเป็นสินค้าส่งออก (Yuncker, 1958) ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์เป็นไม้ประดับตกแต่ง ทั้งบริเวณในอาคารและกลางแจ้ง ทั้งในรูปแบบที่เป็นไม้กระถาง ไม้กระถางแขวน เนื่องจากพืชสกุลนี้มีสีสัน รูปร่าง รูปทรงของใบ ทรงต้นที่สะดุดตา และมีความทนทาน สำหรับในประเทศไทยพบในธรรมชาติ มากกว่า 14 ชนิด บางชนิดมีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นไม้ประดับได้ เช่น เบี้ยพรุ (*P. cavaleriei*),มรกตไพร (*P. dindygulensis*), เบี้ยเกลี้ยง (*P. heyeana*) เบี้ยน้ำตก (*P. moulmeiniana*) รักตะนิล (*P. sirindhornianum*) เป็นต้น (Suwanphakdee, 2012) ซึ่งแต่ละชนิดนี้มีลักษณะเด่นที่น่าสนใจ เช่น รูปทรง ขนาด ลักษณะต้น ซึ่ง

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngamwongwarn Road, Lad Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2] บริษัท กล้วยไม้ไทย จำกัด อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี 25130
[2] Thai Orchids Co.,Ltd. Damnoen Saduak, Ratchaburi 25130
[3]ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
[3] Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900
*Corresponding author: agrpyb@ku.ac.th

มีศักยภาพในการพัฒนาให้เป็นไม้ประดับชนิดใหม่ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้พืชท้องถิ่นของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันสภาพป่าในธรรมชาติมีการเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว ทำให้จำนวนของพืชสกุลผักกระสังลดลงมาก การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มจำนวนต้นและอนุรักษ์พืชสกุลผักกะสัง ดังนั้นวัตถุประสงค์การทดลองในครั้งนี้ เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำและการเพิ่มจำนวนยอดจากชิ้นส่วนข้อของพืชสกุลผักกะสัง ได้แก่ *P. moulmeiniana* , *P. Heyeana* และ *P. cavalerirei*

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้อของพืชสกุลผักกะสัง (Peperomia) 3 ชนิด คือ *P. moulmeiniana*, *P. heyeana*และ *P. cavalerirei* ที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อขนาดประมาณ 0.5 ซม. เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติมน้ำตาล 30 ก./ล. โดยมีทั้งหมด 4 สูตร คือ 1) ไม่เติม BA (N_6-benzyladenine) และ NAA (1-naphthylacetic acid) (ชุดควบคุม) 2) เติม BA 0.1 มก./ล.และ NAA 0.5 มก./ล. 3) เติม BA 0.1 มก./ล.และ NAA 1 มก./ล. 4) เติม BA 1 มก./ล.และไม่เติม NAA โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×4 factorials in CRD* มี 12 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ชิ้นส่วน เลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยง อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสงด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นเวลา 14 ชั่วโมงต่อวัน เปลี่ยนอาหารทุก 4 สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ สังเกตการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้น โดยบันทึกระยะเวลาเกิดยอดแรก เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอดต่อชิ้นพืช ความยาวยอด เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ขนาดของแคลลัสทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สวนกล้วยไม้ระพี สาคริก ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนมกราคม–เดือนเมษายน 2560

ผลและวิจารณ์ผล

จากการนำชิ้นส่วนข้อในสภาพปลอดเชื้อของพืชสกุลผักกะสังทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *P. moulmeiniana*, *P. heyeana* และ *P. cavalerirei* เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลงโดยการเติม BA และ NAA ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน พบว่า *P. heyeana* เกิดยอดใหม่เร็วที่สุดภายใน 12.6 วัน รองลงมา คือ *P. cavalerirei* และ *P. moulmeiniana* 14.03 และ 17.29 วัน ตามลำดับ ส่วน *P. heyeana* มีจำนวนยอด ความสูงยอด และจำนวนข้อมากที่สุด การเกิดแคลลัสในพืชสกุลผักกะสังทั้ง 3 ชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่อาหารทุกสูตรชักนำให้ชิ้นส่วนข้อเกิดยอดได้ทั้งหมด และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดสูง เท่ากับ 91.2-100 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1A) โดยอาหารสูตรที่เติม BA 1 มก./ล.และไม่เติม NAA ทำให้เกิดยอดใหม่เร็วที่สุดภายใน 12.43 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า หลังเลี้ยงเป็นเวลา 10 สัปดาห์ อาหารสูตรดังกล่าวทำให้เกิดยอดจำนวนมากที่สุดอีกด้วย ($p<0.01$) เฉลี่ย 6.17 ยอด ส่วนสูตรอาหารที่ไม่เติม BA และ NAA ชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยน้อยที่สุด พบว่า มีจำนวนยอดเฉลี่ย 2.56 ยอด สอดคล้องกับ Hani (2015) ที่ทดลองใช้ใบ *P. obtusifolia* เลี้ยงในสูตรอาหาร MS ที่เติม BA 1 หรือ 2 มก./ล .สามารถชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความสูงยอดและจำนวนข้อ พบว่า สูตรที่เติม BA 0.1 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.5 มก./ล. ทำให้ความสูงยอดและจำนวนข้อมากที่สุด ($p<0.01$) โดยมีความสูงยอดมากที่สุดเฉลี่ย 2.24 ซม. และมีค่าเฉลี่ยจำนวนข้อเท่ากับ 4.09 ข้อ นอกจากนี้ยังพบว่า อาหารที่เติม BA 0.1 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.5 หรือ 1 มก./ล. สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนของข้อพืชสกุลผักกะสังเกิดแคลลัสได้ (75.5-100 เปอร์เซ็นต์) มีขนาดของแคลลัสเฉลี่ย 0.45-0.6 ซม. (Figure 1B, 2; Table 1) จากผลทดลองเห็นได้ว่า การใช้ BA เพียงชนิดเดียวหรือการไม่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต ไม่สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนข้อเกิดแคลลัสได้ สอดคล้องกับการทดลองของ da Silva และคณะ (2012) ที่ใช้ข้อของ *Piper aduncum* และ *Piper hispidinervum* เลี้ยงในสูตรอาหาร MS และ WPM (Wood Plant medium) ที่เติมBAP (1-3 มก./ล.) และNAA 0.5 มก./ล. สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้มากที่สุด

สรุปผล

การขยายพันธุ์พืชสกุลผักกะสัง (Peperomia) 3 ชนิด ในสภาพปลอดเชื้อ สามารถทำได้โดยนำข้อมาเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม BA 1 มก./ล. และไม่เติม NAA ชักนำและเพิ่มจำนวนยอดมากที่สุด หรือเลี้ยงในอาหารสูตรที่เติม BA 0.1 มก./ล. และ NAA 0.5 มก./ล. และสูตรที่เติม BA 0.1 มก./ล. และ NAA 1 มก./ล. สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Bailey, L.H. 1975. **Manual of cultivated plant**. Michigan publishing USA.

da Silva, T. L.,. T. A ., Balzon and J. E. Scherwinski-Pereira. 2012. A rapid in vitro protocol for propagation of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum*, two species from Amazon region with multipurpose uses. **African Journal of Biotechnology.** Vol. 11(89).

Hani A.A. 2015. Differential Response of Leaf and Stem Explantsto Growth Regulators and Direct Organogenesis of Baby Rubber Plant (*Peperomia obtusifolia*). **Advances in Life Sciences and Health**, 2: 68-78.

Suwanphakdee, C. 2012. **Systematics and utilization of the family Piperaceae in Thailand**. Ph. D thesis. Graduate School, Khon Kaen University.

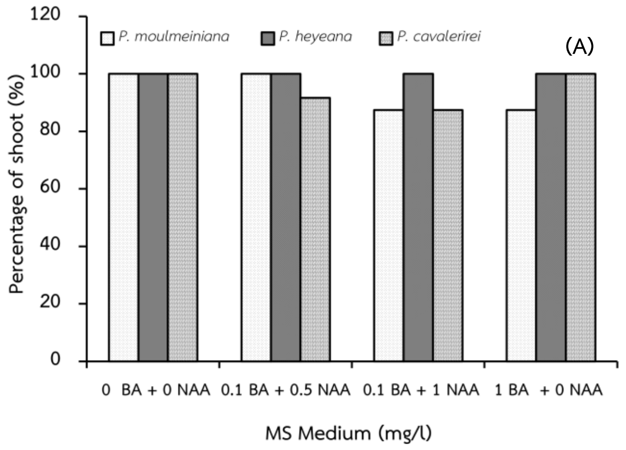
Yuncker, T. G. 1958. The Piperaceae: a family profile. **Brittonia**. 10: 1-7.

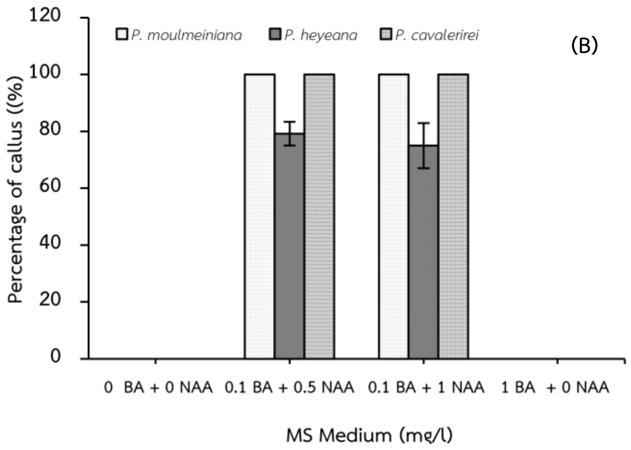
Table 1 Effect of MS media and different BA and NAA combinations on *in vitro* facilitated new shoot, shoot number, shoot length, number of nodes and length of callus of *P. moulmeiniana*, *P. heyeana* and *P. cavalerirei* after 10 weeks.

Factor	Facilitated new shoot (days)	Shoot number (shoots)	Shoot length (cm)	Number of node (nodes)	Callus (cm)	
					Width	Length
Species (A)						
P. moulmeiniana	17.29 a[1/]	2.5 b	1.08 b	2.88 c	0.26	0.19
P. heyeana	12.43 c	4.0 a	2.08 a	4.16 a	0.28	0.23
P. cavalerirei	14.03 b	4.9 a	1.87 ab	3.22 b	0.26	0.19
PGRs (B)						
0 mg/l BA+ 0mg/l NAA	14.3 b	2.56 b	1.54 bc	2.93 b	0.0 b	0.0 b
0.1 mg/l BA+ 0.5 mg/l NAA	14.98 ab	3.64 b	2.24 a	4.09 a	0.6 a	0.45 a
0.1 mg/l BA+ 1.0mg/l NAA	16.59 a	2.72 b	1.8 ab	3.50 b	0.6 a	0.45 a
1.0 mg/l BA+ 0.0mg/l NAA	12.56 c	6.17 a	1.22 c	3.36 b	0.0 b	0.0 b
A	**	*	*	*	ns	ns
B	**	*	**	**	**	**
A x B	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	10.60	28.40	28.00	12.00	21.80	23.90

ns = not significant, * significant at P= 0.05, ** significant at P= 0.01

[1/] Means with the same letter are not significantly different from each other (P>0.05 ANOVA followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT))





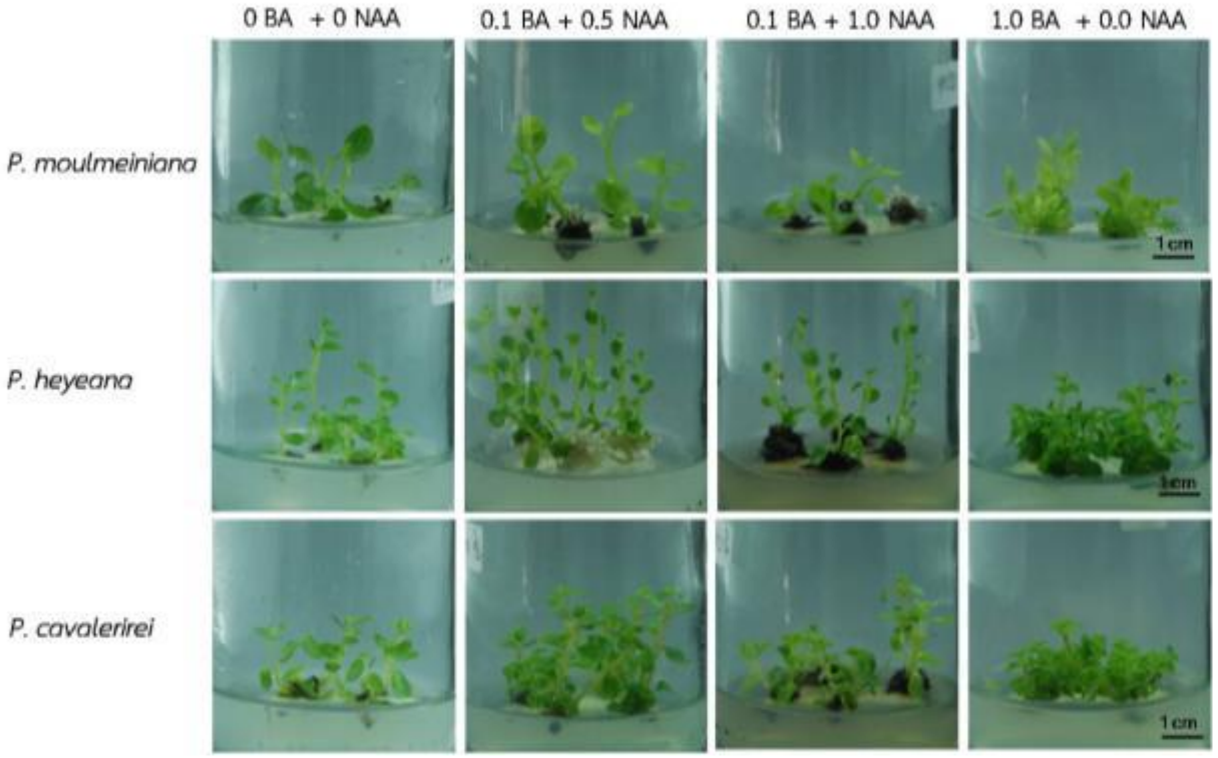


Figure 2 Visual appearance of response of Peperomia explants culture on different media (mg/l) for 10 weeks

ความหลากชนิดของเห็ด พื้นที่ป่าชุมชนบ้านท่าล้ง ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี
Mushroom Diversity at Ban Thalong Community Forest, Huai Phi Sub-district, Kongchiam District, Ubon Ratchathani Province

จาตุรงค์ จงจีน[1] และศศิธร ธงชัย[1]
Jongjeen, J. [1] and Thongchai S.[1]

Abstract

The objective was to explore, collect, analysis of the morphology as well as identify the scientific name of mushrooms in order to create a handbook of the mushrooms found across the community forest at Ban Thalong Community Forest Huai Phi Sub-district, Kongchiam District, Ubon Rachathani province between April 2015 to March 2016. The temperature during the period was ranged at 27-34°C and the soil pH was 6.0 - 6.6. Twenty three mushroom species were collected and classified into 14 families. The most common species found were the Polyporaceaefamily (4 species), and Russulaceaefamily (3 species), while 2 species were found in the Ganodermataceae, Geastraceae Hymenochaetaceae and Marasmiaceaefamilies. Only 1 species was found in the Agaricaceae Clavariaceae Fomitopsidaceae Hapalopilaceae Hydnaceae Meripilaceae Pterulaceae and Stereaceaefamilies. The mushrooms can be divided into 4 groups by utilization, including edible, non-edible, poisonous, and medicinal mushrooms. The edible mushrooms (18 species) were frequently found in the month of August.

Keywords: diversity, mushroom, community forest

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ เก็บรวบรวม ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา รวมทั้งระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของเห็ดที่พบ เพื่อจัดทำคู่มือชนิดเห็ดในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านท่าล้ง ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือน เมษายน พ.ศ. 2558 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2559 โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27-34 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินเฉลี่ย 6.0 - 6.6 พบตัวอย่างเห็ดทั้งหมด 23 ตัวอย่าง จัดจำแนกได้ 14 วงศ์ ซึ่งวงศ์ Polyporaceae พบมากที่สุด 4 ชนิด รองลงมา คือ วงศ์ Russulaceae จำนวน 3 ชนิด วงศ์ Ganodermataceae วงศ์ Geastraceae วงศ์ Hymenochaetaceae และ วงศ์ Marasmiaceae พบอย่างละ 2 ชนิด ส่วนวงศ์ Agaricaceae Clavariaceae Fomitopsidaceae Hapalopilaceae Hydnaceae Meripilaceae Pterulaceae และ Stereaceae พบอย่างละ 1 ชนิด ตามลำดับ เมื่อแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของเห็ด สามารถแบ่งได้ 4 กลุ่ม คือ เห็ดรับประทานได้ เห็ดไม่นำมารับประทาน เห็ดมีพิษ และเห็ดที่มีฤทธิ์ทางยา โดยเห็ดรับประทานได้ พบมากที่สุดในช่วงเดือนสิงหาคม จำนวน 18 ชนิด

คำสำคัญ: ความหลากหลาย เห็ด ป่าชุมชน

คำนำ*

ป่าชุมชนบ้านท่าล้ง ตั้งอยู่ในเขตตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี สภาพป่าโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ภูเขา และเป็นป่าโปร่งฟื้นตัว มีต้นไม้ขนาดเล็กเกิดขึ้นสลับกับต้นไม้ขนาดกลาง และยังมีสัตว์กลุ่ม นก กระรอก กระแต และ งู อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว มีลำธารน้ำไหลผ่านจากภูเขาถึงพื้นราบตลอดทั้งปี จากสภาพป่าที่มีความหลากหลายของพรรณไม้ที่พบมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงฤดูกาล ทำให้พื้นที่ป่าดังกล่าวมีความอุดมสมบูรณ์และพบว่าชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลห้วยไผ่ ยังคงใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่านี้ ส่วนใหญ่ในด้านการเก็บหรือหาของป่าและด้านอาหาร เพื่อนำมาประกอบอาหาร และยังสามารถนำมาขายเพื่อเป็นรายได้เสริมได้อีกด้วย ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและความหลากชนิดของเห็ด ในบริเวณพื้นที่ป่าชุมชนบ้านท่าล้ง ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งการศึกษาดังกล่าวจะเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับชนิดของเห็ดให้แก่ชุมชน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการรวบรวมชนิดพันธุ์เห็ดต่อไป

[1]สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อ.เมือง จ.อุบลราชธานี 34000
[1]Department of Biology, Faculty of Science, UbonRatchathaniRajabhat University, UbonRatchathani 34000, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นที่ 1 การสำรวจและกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างสภาพแวดล้อมทางกายภาพในพื้นที่ศึกษา โดยมีศูนย์กลางพื้นที่ศึกษาที่พิกัด N15.41616 E105.56044 ห่างจากบ้านท่าล้งไปทางทิศเหนือประมาณ 1 กม. โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง เป็นรัศมี 100 เมตร รอบฝายต้นน้ำเฉลิมพระเกียรติ มีทั้งหมด 8 จุด

ภาพแสดงจุดเก็บตัวอย่างรอบฝายต้นน้ำเฉลิมพระเกียรติ

ขั้นที่ 2 การเก็บตัวอย่างเห็ด

บันทึกภาพดอกเห็ดในสภาพธรรมชาติ ลักษณะของแหล่งอาหาร เช่น ดิน กิ่งไม้ ขอนไม้ ตอไม้ บนต้นไม้ โคนต้นไม้ ใบไม้แห้ง เป็นต้น รวมทั้งบันทึกลักษณะทางชีวภาพของเห็ด เช่น สี รูปร่าง ขนาด กลิ่น ผิวหมวกดอก ครีบ จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดอกเห็ดด้วยความระมัดระวัง เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาและการจัดจำแนกต่อไป

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกเห็ด

บันทึกลักษณะภายนอก ลักษณะทั่วไปของดอกเห็ดและบรรยายลักษณะต่างๆ ดังนี้ 1) ขนาดและรูปร่างของหมวกดอก 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 ภายใน

ขั้นที่ 5 การระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างเห็ด

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้างต้น มาระบุชื่อวิทยาศาสตร์โดยวิธีการตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ ระดับวงศ์ สกุล และชนิด โดยเปรียบเทียบจากภาพตัวอย่าง และคำบรรยายกับเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หนังสือเห็ดป่าเมืองไทย หนังสือเห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย หนังสือเห็ดในป่าสะแกราช และหนังสือความหลากหลายของกลุ่มเห็ดผึ้งในภาคอีสาน เป็นต้น ตรวจสอบและยืนยันชนิดตามฐานข้อมูลรูปวิธานในฐานข้อมูล www.indexfungorum.org www.mushroomexpert.com

ขั้นที่ 6 จัดทำคู่มือเห็ดป่าชุมชนบ้านท่าล้ง

นำชนิดของเห็ดที่ได้มาจัดทำคู่มือเห็ดอย่างง่ายในการถ่ายทอดสู่ชุมชนบ้านท่าล้ง ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

ผลการทดลอง

จากการสำรวจความหลากชนิดของเห็ดบริเวณโดยรอบฝายต้นน้ำเฉลิมพระเกียรติ บ้านท่าล้ง ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าในสภาพพื้นที่ศึกษาเป็นภูเขาประกอบไปด้วยที่โล่งสลับกับป่าโปร่ง มีความชื้นดินค่อนข้างต่ำ โดยใช้ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาทั้งสิ้น 12 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 โดยพบการเจริญไม่มากนัก เนื่องจากพื้นที่มีหินเป็นส่วนใหญ่ และพบหลากหลายชนิดในช่วงเดือนสิงหาคมถึงปลายเดือนตุลาคม เนื่องจากมีฝน

ตกและดินมีความชุ่มชื้นที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยเศษใบไม้กลายเป็นแร่ธาตุอาหารเพิ่มความอุดมสมบรูณ์ของดินได้ จากตัวอย่างทั้งหมด 23 ตัวอย่าง สามารถจำแนกชนิดของเห็ดได้ 14 วงศ์ ซึ่ง วงศ์ Polyporaceae พบมากที่สุด 4 ชนิด รองลงมาคือ วงศ์ Russulaceae จำนวน 3 ชนิด วงศ์ Ganodermataceae วงศ์ Geastraceae วงศ์ Hymenochaetaceae และ วงศ์ Marasmiaceae พบอย่างละ 2 ชนิด ส่วนวงศ์ Agaricaceae Clavariaceae Fomitopsidaceae Hapalopilaceae Hydnaceae Meripilaceae Pterulaceae และ Stereaceae พบอย่างละ 1 ชนิด ดังตาราง

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบเห็ดทั้งหมด 14 วงศ์ 23 ชนิด เห็ดที่พบมากที่สุด คือวงศ์ Polyporaceae จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ เห็ดรังแตน *(Hexagonia teuis)* เห็ดพัดแพรวาว *(Microporus vernicipes)* เห็ดกรวยทองตะกู (*Microporus xanthopus)* และเห็ดรังผึ้ง *(Polyporus retirugis)* รองลงมาคือวงศ์ Russulaceae จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เห็ดแดงน้ำหมาก (*Russula ematica*) เห็ดหล่มหมวกปริ (*Russula vesca*) และ (*Russula violeipes*) สอดคล้องกับวนิดา ผ่องมณี (2541) ศึกษาความหลากหลายของเห็ดที่ขึ้นบริเวณป่าดิบเขาในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จัดจำแนกได้ 20 วงศ์ 31 สกุล 60 ชนิด พบปริมาณ และเห็ดในเดือนสิงหาคมมากที่สุด เห็ดที่พบมากคือ วงศ์ Russulaceae จำนวน 14 ชนิด รองลงมาคือ Boletaceae จำนวน 7 ชนิด Tricholomataceae จำนวน 7 ชนิด จากการสำรวจจะพบเห็ดวงศ์ Russulaceae มากที่สุดในช่วงฤดูฝน เนื่องจากเห็ดในวงศ์นี้โดยส่วนใหญ่เจริญบนดินมีครีบอยู่ใต้หมวกดอกไม่ถี่หรือแน่นมาก จึงสามารถปล่อยสปอร์ได้ดี และกระจายสปอร์ได้ดีในระยะไกล เห็ดบางชนิดจะมีหนอนของแมลงอาศัยอยู่ ซึ่งมีส่วนช่วยในการกระจายสปอร์อีกวิธีหนึ่ง และเห็ดในสกุล *Russula* หลายชนิดเป็นเอคโตไมคอร์ไรซา ซึ่งเป็นกลุ่มที่อาศัยอยู่ร่วมกับพรรณไม้ป่าหลายชนิด ในป่าที่เป็นแหล่งอาศัยของเห็ด ทำให้เห็ดเหล่านี้มีโอกาสรอดในธรรมชาติสูง จึงทำให้เห็ดเหล่านี้เจริญเป็นวงกว้างทั่วบริเวณป่า

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบเห็ดทั้งหมด 14 วงศ์ 23 ชนิด เห็ดที่พบมากที่สุด คือ วงศ์ Polyporaceae จำนวน 4 ชนิด รองลงมาคือ วงศ์ Russulaceae จำนวน 3 ชนิด วงศ์ Ganodermataceae วงศ์ Geastraceae วงศ์ Hymenochaetaceae และ วงศ์ Marasmiaceae พบอย่างละ 2 ชนิด ส่วนวงศ์ Agaricaceae Clavariaceae Fomitopsidaceae Hapalopilaceae Hydnaceae Meripilaceae Pterulaceae และ Stereaceae พบอย่างละ 1 ชนิด ตามลำดับ

จำนวนชนิดเห็ดที่พบในแต่ละเดือน พบว่าเดือนสิงหาคมมีความหลากชนิดของเห็ดมากที่สุด จำนวน 18 ชนิด และบริเวณรอบฝ่ายเฉลิมพระเกียรติระยะห่าง 100 เมตร มีความหลากชนิดของเห็ดมากที่สุด 12 ชนิด โดยการศึกษาครั้งนี้พบสกุล Polyporaceae ทุกครั้งที่ทำการสำรวจ

นอกจากนี้ยังพบเห็ด บางชนิดเป็นกลุ่มของผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์อาศัยเศษใบไม้ทับถมผุพังเป็นแหล่งอาหารซึ่งเจริญบนวัสดุที่แตกต่างกัน กลุ่มที่ย่อยสลายพวกกิ่งไม้ขอนไม้ เช่น เห็ดกรวยทองตะกู (*Microporus xantropus*) เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

นิวัต เสนาะเมือง, 2553, เห็ดป่าเมืองไทย : ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์, หจก.ยูนิเวอร์แซลพริ้นติ้ง แอนด์ กราฟฟิก กรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 424 หน้า.

ฝ่ายสิ่งแวดล้อมนิเวศวิทยาและพลังงาน, 2550, เห็ดในป่าสะแกราช, กรุงเทพมหานคร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 154 หน้า.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล, พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ และอุทัยวรรณ แสงวณิช, 2551, ความหลากหลายของเห็ดและราขนาดใหญ่ใน ประเทศไทย, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 514 หน้า.

Largent, D. J. and R. Watling, 1977, How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features, Mad River Press. Inc. California,

Table 1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ป่าและบริเวณที่พบเห็ดชนิดต่างๆ***

ชนิดเห็ดที่พบ	ลักษณะทางกายภาพ		บริเวณที่พบ		
	อุณหภูมิ (°C)	pH ดิน	ดิน	ขอนไม้/ใบไม้แห้ง	ต้นไม้
Bjerkandera fumosa (เห็ดกระด้างเทาขาว)	28	6.4	+	-	-
Clavaria vermicularis (เห็ดหนอนขาว)	27	6.4	+	-	-
Coltricia cinnamonea (เห็ดอบเชย)	29	6.2	+	-	-
Fomitopsis pinicola (เห็ดเกือกม้าเข็มขัดแดง)	29	N/A	-	-	+
Ganoderma applanatum (เห็ดหูช้าง)	27	N/A	-	-	+
Ganoderma dahlii (เห็ดก้อนกะละแม)	28	N/A	-	-	+
Geastrum mirabile (เห็ดดาวดินจิ๋ว)	29	6.6	+	+	-
Geastrum saccatum (เห็ดดาวดินกลม)	31	6.6	+	-	-
Grifola frondosa (เห็ดแม่ไก่ป่า)	28	6.4	-	+	-
Hexagonia teuis (เห็ดรังแตน)	29	6.2	-	+	-
Hydnum repandum (เห็ดเม่นน้อย)	34	6.0	+	-	-
Lepiota pseudohelveola (เห็ดตกกระวงกลม)	29	6.4	+	-	-
Marasmius oreades (เห็ดรำวง)	29	6.2	+	-	-
Marasmiellus candidus (เห็ดเกล็ดขาว)	29	6.6	-	+	-
Microporus vernicipes (เห็ดพัดแพรวาว)	29	6.2	-	+	-
Microporus xanthopus (เห็ดกรวยทองตะกู)	28	6.4	-	+	-
Phellinus adamantinus (เห็ดหิ้งอันดามัน)	29	-	-	-	+
Polyporus retirugis (เห็ดรังผึ้ง)	29	6.2	-	+	-
Pterula multifida (เห็ดปะการังขาว)	29	6.2	+	-	-
Russula ematica (เห็ดแดงน้ำหมาก)	29	6.2	+	-	-
Russula violeipes	29	6.2	+	-	-
Russula vesca (เห็ดหล่มหมวกปริ)	27	6.4	+	-	-
Stereum complicatum (เห็ดตีนตะขาบใหญ่)	29	6.6	-	+	-

หมายเหตุ : + หมายถึง พบตัวอย่างเห็ด - หมายถึง ไม่พบตัวอย่างเห็ด

การดูดซับเหล็กออกจากสารละลายด้วยแกลบ
Removal of Fe(II) from aqueous solution by Rice Husk

สุชาดา สวัสดี[1] และประชาติ วัชรบัณฑิต[1]
Sawasdee, S.[1] and Watcharabundit, P.[1]

Abstract

Agricultural waste has been widely developed as adsorbent materials to adsorb chemical contamination in wastewater due to its abundance and low cost. In this study, the adsorption of Fe(II) from aqueous solution using rice husk was investigated. Batch experiments were carried out under different experimental conditions including pH (2-4), contact time (5–300 min) and initial Fe(II) concentrations (50–250 mg/L) at 30°C. The equilibrium adsorption data at pH 4 were analyzed by Langmuir and Freundlich isotherms. It was found that the data were better fitted by the Langmuir isotherm and the maximum adsorption capacity was 19.920 mg/g. The kinetic data were analyzed by pseudo–first order, pseudo–second order and intraparticle diffusion models. The adsorption kinetic can be described by the pseudo–second order.
Keywords: adsorption, Fe(II), rice husk

บทคัดย่อ

วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรได้ถูกพัฒนาเป็นตัวดูดซับสารปนเปื้อนในน้ำเสียกันอย่างกว้างขวางเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีมากและราคาถูก งานวิจัยนี้ศึกษาการกำจัดเหล็กจากสารละลายโดยใช้แกลบเป็นตัวดูดซับ โดยทดลองในระบบกะ (batch process) ภายใต้ปัจจัยคือความเป็นกรด—ด่าง (2—4) เวลาที่สัมผัส (5—300นาที) และความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายเหล็ก (50—250 มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ข้อมูลการดูดซับที่สมดุลนำมาวิเคราะห์ผลโดยใช้ไอโซเทอร์มแลงเมียร์และฟรุนดลิช พบว่าสมดุลการดูดซับสอดคล้องกับไอโซเทอร์มแลงเมียร์และมีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 19.920 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางจลนพลศาสตร์ด้วยปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ปฏิกิริยาอันดับสองและการแพร่ผ่านภายในอนุภาค พบว่าจลนพลศาสตร์การดูดซับสามารถอธิบายได้ด้วยปฏิกิริยาอันดับสอง
คำสำคัญ: การดูดซับ เหล็ก(II) แกลบ

Introduction**

Iron is the second most abundant metal in the earth and it is mainly present in groundwater but also in surface waters. The presence of iron in excess causes degradation of the water quality. In addition, the precipitation of iron promotes the growth of bacteria (Ahmad, et al., 2005). Iron occurs in water in dissolved form (as Fe2+), in the form of particles (as Fe3+) as well as colloids (in the form of small particles (Vidović *et al*., 2014). Iron present in groundwater will cause a severe colour condition. When exposed to air, iron present in the water body become indissoluble and leave the water with brown–red colour (Zhang et al., 2014).

Natural materials have been most popular for wastewater treatment due to availability and low cost adsorbent. In this work, rice husk waste was used as an adsorbent for the Fe(II) removal in aqueous solution prepared from the dissolution of ammonium ferrous sulfate. The effects of adsorption parameters such as pH (2–4), contact time (5–300 min), and initial concentration (50–250 mg/L) were evaluated. The adsorption data were analyzed by Langmuir and Freundlich isotherm. The kinetic dada were analyzed by pseudo–first, pseudo–second order and intraparticle diffusion models.

---

[1] สาขาวิชาเคมี (ค.บ.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000
[1] Department of chemistry, Faculty of science and technology, Thepsatri Rajabhat University, 15000
***(2)

Material and Method**

Material

Rice husk was obtained from a rice mill in Lopburi, Thailand. It was washed several times with tap water and dried in a hot air oven. For the preparation of adsorbent, 50 g of rice husk was stirred with 500 ml 0.1 M HCl for 3 hr in order to increase the proportion of active surfaces. After that, the acidified rice husk was rinsed with distilled water until its pH value was 7. It was dried at 80 °C for 24 hr. Then, it was crushed, sieved to 50-100 mesh (150–300 μm) and stored in a desiccator until used.

Ammonium ferrous sulfate ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 .6H_2O$) was used as an adsorbate. The concentration of its stock solution was 500 mg/L. The working solutions of desired concentrations were obtained by dilution with distilled water. All the chemical reagents used in this study were analytical grade.

Batch of adsorption

The adsorption experiments were carried out by 100 ml of Fe(II) solution in 250 ml Erlenmeyer flasks containing 0.3 g of the rice husk. The effects of the adsorption such as pH (2-4), contact time (5–300 min) and initial Fe(II) concentrations (50–250 mg/L) were investigated at 30°C and agitation speed 200 rpm. Then, the suspended matter in each sample was filtered and the supernatant was measured for Fe(II) concentration by UV–Visible spectrophotometer at 510 nm. The amount of the uptake of Fe(II) was calculated by

$$q_t = \frac{(C_o - C_e)V}{W} \qquad \text{.......... (1)}$$

Where C_o and C_e are the liquid–phase concentrations (mg/L) of Fe(II) at initial and equilibrium, respectively. V(L) is the volume of the solution, q_t (mg/g) is the amount adsorbed at any time and W(g) is the mass of adsorbent.

Adsorption isotherm

The Langmuir and the Freundlich isotherms in a linear form are represented as follows:

$$\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{q_{max}} C_e + \frac{1}{K_L q_m} \qquad \text{.......... (2)}$$

$$\log q_e = \log K_F + 1/n \log C_e \qquad \text{.......... (3)}$$

Where K_L is the Langmuir constant and q_{max} (mg/g) is the maximum adsorption capacity, K_F (L/g) is the adsorption capacity and 1/n is the adsorption intensity.

Adsorption Kinetics

The pseudo-first order, pseudo-second order kinetic models and intraparticle diffusion in a linear form are written as follows:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2.303} \qquad \text{..........(4)}$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \qquad \text{..........(5)}$$

$$= (t)^{1/2} + C \qquad \text{..........(6)}$$

where k_1 (min^{-1}), k_2 ($g.mg^{-1}.min^{-1}$) and k_{id} ($mg.min^{-1/2}$) are the rate constant of pseudo-first order, pseudo-second order and intraparticle diffusion, respectively.

Results**

Kinetic study The effect of different contact time at initial Fe(II) concentration of 100 mg/L was studied and the results were shown in Fig 1. The data were analyzed by pseudo-first order, pseudo-second order and intraparticle diffusion (Fig 2. a, b and c) and the parameters were calculated in Table 1. Based on the correlation coefficient (R^2), the kinetic data were best described by pseudo-second order.

Isotherm study The effect of initial Fe(II) concentration (50–250 mg/L) was studied and the experimental data were plotted in Figure 3. The equilibrium data were analyzed using linear Langmuir and Freundlich isotherms and the parameters were calculated in Table 2. As seen in Table 2, the correlation coefficients (R^2) of adsorption were 0.99 and 0.96 for Langmuir and Freundlich isotherms, respectively. The equilibrium adsorption data were better fitted by the Langmuir isotherm model and the maximum adsorption capacity (q_{max}) valued 19.9 mg/g.

Discussion*

In this work, the removal of Fe(II) in aqueous solution onto rice husk was evaluated. The adsorption was rapid and reached the equilibrium at 60 min. This result may be due to the use of vacant adsorption sites on the adsorbent surface during the initial stage of sorption (Zhang et al., 2014). For the effect of initial Fe(II) concentration, the adsorption capacity increased with increasing initial Fe(II) concentration. The initial dye concentration provides an important driving force to overcome all mass transfer resistances between the aqueous solution and solid phases. The adsorption isotherm data were described well by Langmuir isotherm and maximum adsorption capacity valued 19.920 mg/g. This result indicated the possible monolayer formation of Fe(II) on the rice husk surface. For the kinetic study, the data were best described by pseudo-second order model, indicating the adsorption was chemisorption process. The pseudo–second order model is based on the assumption that chemical adsorption can be the rate limiting stage involving valence forces through sharing or exchange of electrons between adsorbent and adsorbate (Zhang et al., 2014).

Conclusion

This study investigated the removal of Fe(II) in aqueous solution onto rice husk. The adsorption reached equilibrium at 60 min. The adsorption capacity increased with increased contact time and initial Fe(II) concentration. The experimental data were fitted well by the Langmuir isotherm model and pseudo-second order kinetic model. This study proved that rice husk can be used as an adsorbent for the removal of Fe(II) in aqueous solution.

References

Ahmad, B.J., Cheng, W.H., Low, W.M. and Megat, M.N., 2005, Study on the removal of iron and manganese in ground water by granular activated carbon, Desalinisation, 182:347-353.

Zhang, Y., Zhao, J., Jiang, Z., Shan, D and Lu, Y., 2014, Biosorption of Fe(II) and Mn(II) Ions from Aqueous Solution by Rice Husk Ash, BioMed Research International, **Volume 2014, Article ID 973095, 10 pages.

Vidović, M.M., Trajković, I.S., Rogan, S.S., Petrović, V.M. and Jovanić, S. Z., 2014, Removal of Manganese and Iron from Groundwater in the Presence of Hydrogen Sulfide and Ammonia, Journal of Water Resource and Protection, 6:1781-1792.

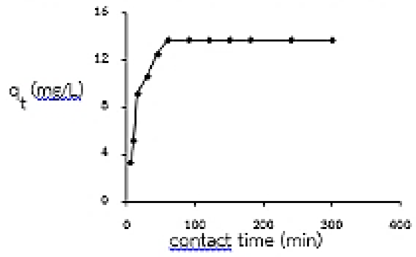


Figure 1 Effect of contact time of Fe(II) removal onto rice husk

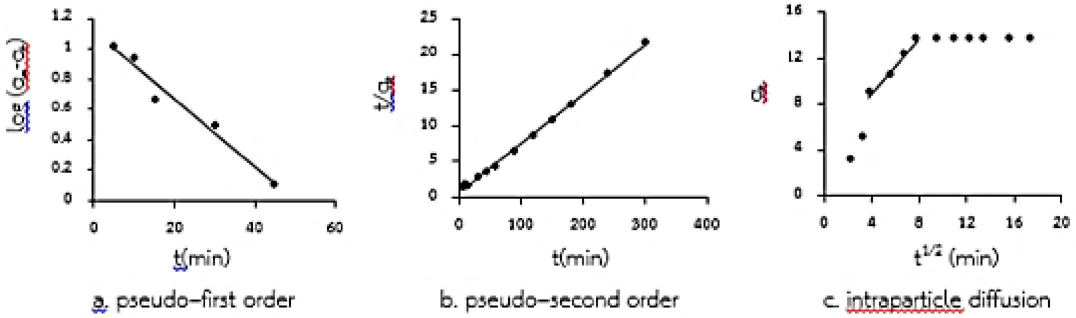


Figure 2 Kinetic models of Fe(II) removal onto rice husk.

Table 1 Kinetic parameters of Fe(II) removal onto rice husk.

q_e (exp) (mg/g)	pseudo–first order			pseudo–second order			intraparticle diffusion			
	q_e (cal) (mg/g)	k_1 (min^{-1})	R^2	q_e (cal) (mg/g)	k_2 ($g.mg^{-1}.min^{-1}$)	R^2	q (mg/g)	C	K_{id}	R^2
13.7	12.9	0.051	0.967	14.4	0.0071	0.997	13.7	4.26	1.216	0.990

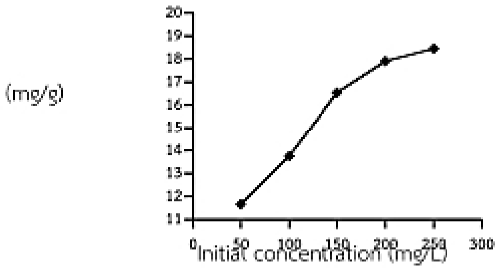


Figure 3 Effect of Initial Fe(II) concentration for Fe(II) removal onto rice husk.

Table 2 Adsorption isotherm parameters of Fe(II) removal onto rice husk

Langmuir isotherm				Freundlich isotherm		
q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R_L	R^2	1/n	K_F	R^2
19.920	0.056	0.021–0.004	0.993	0.188	6.841	0.960

การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยถ่านกัมมันต์จากใบอ้อย โดยใช้สมการแลงมัยร์และฟรุนดลิช
Adsorption of methylene blue dye onto activated carbon prepared from sugarcane leaves by Langmuir and Freundlich isotherm

สุชาดา สวัสดี[1] และประชาติ วัชรบัณฑิต[1]
Sawasdee, S.[1] and Watcharabundit, Prachart.[1]

Abstract

Activated carbon is highly effective adsorbent for removing organic contaminants due to its high surface area and large pores, but commercial activated carbon is expensive. Therefore, much attention is on the preparation of carbon from agricultural waste. The main objective of this study was to adsorb methylene blue dye by activated carbon prepared from sugarcane leaves. In the experiment, activated carbon from sugarcane leaves were stimulated with phosphoric acid and heating up at 400°C for 1 hr. Batch methylene blue adsorption was carried out from initial dye concentration from 100-500 mg/L at 30°C. The experimental data were analyzed by Langmuir and Freundlich isotherms. It was found that the Langmuir isotherm was better fitted and the maximum adsorption capacity was 102.04 mg/g.
Keywords: adsorption, methylene blue, activated carbon, sugarcane leaves

บทคัดย่อ

ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสารอินทรีย์ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวสูงและมีปริมาณรูพรุนขนาดใหญ่ แต่ถ่านกัมมันต์ทางการค้านั้นมีราคาแพง ดังนั้นจึงมีการให้ความสนใจที่จะเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากใบอ้อย ในการทดลองได้เตรียมถ่านกัมมันต์จากใบอ้อยที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการดูดซับเมทิลีนบลูในระบบกะที่ความเข้มข้นสารละลาย 100-500 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองโดยใช้สมการไอโซเทอร์มแลงเมียร์และฟรุนดลิช ผลพบว่าสมการแลงเมียร์สอดคล้องดีกว่าและมีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดเท่ากับ102.04 มิลลิกรัมต่อกรัม
คำสำคัญ: การดูดซับ สีย้อมเทิลีนบลู ถ่านกัมมันต์ ใบอ้อย

Introduction***

Dyes are used for dying products and they are lost in dye effluent during such dying process. The presence of dyes can cause water pollution. Several treatments have been used for the removal of dyes from aqueous solutions. Among several dye removal techniques, adsorption is an efficient one to remove different kinds of dyes from water and wastewater. Activated carbon is the most efficient adsorbent because of high surface area but it is relatively high price. Therefore, much attention is on the preparation of carbon from agricultural waste for ultimate use as adsorbents (Basar, 2006; El–Sayed, et al., 2014).

Sugarcane leaves left in the fields during sugarcane harvesting are burnt, which produces fly ash, severely damages soil microbial diversity and raises environmental concerns. For this work, sugarcane leaves were used to prepare activated carbon and applied for methylene blue adsorption in aqueous solution. The effect of adsorbents such as contact time and initial dye concentration were investigated. The equilibrium adsorption data were analyzed by Langmuir and Freundlich isotherm models.

[1]สาขาวิชาเคมี (ค.บ.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000
[1]Department of chemistry, Faculty of science and technology, Thepsatri Rajabhat University, 15000
***(1)

Materials and Methods

Preparation of adsorbent

Sugarcane leaves were obtained from Khok Samrong District, Lopburi, Thailand. It was washed several times with tap water and dried in a hot air oven. Then, sugarcane leaves were cut to about 1 inch and soak in 1.0 M phosphoric acid with the ratio of 1:10 (g/ml) for 2 hr. It was dried at temperature 120°C for 24 hr. The char of sugarcane bagasse was heated up to activation temperature at 400°C for 1 hr. After that, it was rinsed with distilled water until its pH value was 7 and it was dried at 80°C for 24 hr. The activated carbon was crushed with blender and sieved to 150–300 μm. Then, it was stored in a desiccator until used.

Characterization of adsorbent

The surface morphology of adsorbent was studied by scanning electron microscope (SEM).

Preparation of adsorbate

Methylene blue (C.I. 52015, Molecular Formula $C_{16}H_{18}N_3SCl$, molecular weight = 319.86 g/mol) was used as an adsorbate in this study. It was supplied by Merck, Germany.

Adsorption Study

In each adsorption experiment, 100 ml of methylene blue concentration (100–500 mg/L) solution was added to 0.4 g of activated carbon in 250- ml Erlenmeyer flask. The flasks of mixture were stirred at 200 rpm in an isothermal shaker (30°C) at equilibrium time of 210 min. The effect of adsorption at the varying time (5-360 min) was studied previously (not shown). At equilibrium time, each sample was filtered and the methylene blue concentration remaining in solution was measured by a double beam UV–Visible spectrophotometer at 662 nm. The adsorption capacity (q_e)was calculated as follows:

$$q_e = (C_o - C_e)V/W \qquad ....(1)$$

where C_o and C_e (mg/L) were dye concentrations at initial and equilibrium, V(L) was the volume of the solution, q_e (mg/g) was the amount dye adsorbed at equilibrium time (min), and W(g) is the mass of adsorbent.

Adsorption Isotherm

Experimental isotherms are useful for describing adsorption capacity. The Langmuir and Freundlich are used to represent the data of adsorption. The Langmuir isotherm in linear form is represented as follows:

$$C_e/q_e = (1/q_m)C_e + 1/K_L\, q_m \qquad ....(2)$$

Where K_L is the Langmuir constant and q_m (mg/g) is the maximum adsorption capacity.

The essential characteristics of the Langmuir isotherm can be expressed in terms of a dimensionless separation factor or equilibrium parameter (R_L) which is defined by $R_L = 1/(1+ R_L C_o)$

The Freundlich isotherm in linear form is represented as follows:

$$\log q_e = \log K_F + 1/n \log C_e \qquad ....(3)$$

where K_F (L/g) is the adsorption capacity and 1/n is the adsorption intensity.

Results*

Characterization of adsorbent by SEM

Figure 1 showed the SEM of activated carbon (before adsorption). It was seen that activated carbons obtained from sugarcane leaves had rougher and porous surface with random widely distributed crevasses.

Adsorption isotherm

For isotherm study, the batch adsorption was carried out from different initial methylene blue concentration (100–500 mg/L) at equilibrium time (210 min). From Fig 2, the results showed that the adsorption capacity increased (20.44, 46.25, 62.74, 92.23 and 100.37 mg/g) with the increase of initial methylene blue concentration (100, 200, 300, 400 and 500 mg/L). The equilibrium experimental data were analyzed using linear Langmuir and Freundlich isotherms. The calculated parameters and corresponding regression coefficient (R^2) values were shown in Table 1. Based on the regression coefficient, the data were better fitted by the Langmuir (0.94) than the Freundlich isotherm (0.74).

Discussions*

In this study, the adsorption of methylene blue onto activated carbon prepared from sugarcane leave wastes was investigated. Activated carbon is commonly prepared by two methods: physical and chemical activations. H_3PO_4 is the most widely used impregnation agent (Yakout and El–Deen, 2016). It is a suitable activating agent for the preparation of high porosity carbon. For the adsorption study, the results showed that the adsorption capacity increased with the increase of initial methylene blue concentration. This is due to the fact that with increased dye concentration, the driving force for mass transfer also increases (Pathania et al., 2017). For isotherm study, the equilibrium experimental data were fitted well with the Langmuir model. This indicated the monolayer coverage of the adsorbate on the surface of the adsorbent. The values of $0<R_L<1$ (from Langmuir) and 1/n (from Freundlich) between 0.1-1.0 indicated the favorable adsorption. In comparison with other carbon adsorbents for methylene blue adsorption, the maximum adsorption capacity (q_m) values were shown in Table 2.

Conclusions

In this study, activated carbon was prepared from sugarcane leaves by chemical activation with phosphoric acid and heating up at 400°C for 1 hr. The methylene blue dye adsorption experiments were studied in the batch process. The equilibrium time of dye adsorption was at 210 min. For adsorption isotherm, the data were better fitted by the Langmuir isotherm and the maximum adsorption capacity was 102.04 mg/g at 30°C, which confirmed the monolayer sorption of dye molecule on adsorbent surface. The adsorbent showed promising adsorption capacity for methylene blue. The results showed that the activated carbon from sugarcane leaves was effective for the methylene blue dye adsorption.

References

Basar, C.A., 2006, Applicability of the various adsorption models of three dyes adsorption onto activated carbon prepared waste apricot, Journal of Hazardous Materials, B135:232–241.

El–Sayed, G.O., Yehia, M.M., and Asaad, A.A., 2014, Assessment of activated carbon prepared from corncob by chemical activation with phosphoric acid, Water Resources and Industry, 7–8:66–75.

Foo, K.Y., and Hameed, B.H., 2011, Preparation of activated carbon from date stones by microwave induced chemical activation: Application for methylene blue adsorption, Chemical Engineering Journal, 170:338–341.

Gercel, O., Adnan, O., zcan, A.S. and Gercel, H.F., 2007, Preparation of activated carbon from a renewable bio–plant of *Euphorbia rigida* by H_2SO_4 activation and its adsorption behavior in aqueous solutions, Applied Surface Science, 253:4843–4852.

Pathania, D., Sharma, S. and Singh, P., 2017, Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from *Ficus carica* bast, Arabian Journal of Chemistry, 10:S1445–S1451.

Yakout, S.M. and Sharaf El-Deen, G., 2016, Characterization of activated carbon prepared by phosphoric acid activation of olive stones. Arabian Journal of Chemistry, 9:S1155–S1162.

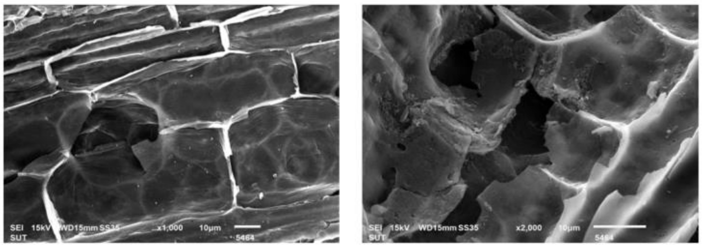


Figure 1. Activated carbon prepared from sugarcane leaves by SEM at 1000X and 2000X

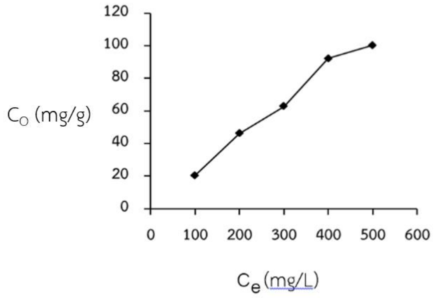


Figure 2. Effect of initial methylene blue concentration onto activated carbon adsorption

Table 1 The isotherm parameters for methylene blue adsorption onto activated carbon

Langmuir isotherm				Freundlich isotherm		
Q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R_L	R^2	1/n	K_F	R^2
102.04	0.001	0.94–0.76	0.94	0.30	27.09	0.74

Table 2 Adsorption capacities of different activated carbons for methylene blue adsorption

Adsorbents	**q_m (mg/g)**	**References**	**Adsorbents**	**q_m (mg/g)**	**References**
corncob	28.65	El–Sayed et al(2014)	*Euphorbia rigida*	114.45	Gercel et al (2007)
Ficus carica bast	47.62	Pathania (2017)	date stones	316.10	Foo and Hameed (2011)
waste apricot	102	Basar (2006)	sugarcane leaves	102.04	This work

ผลของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน ที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

Effect of Durian Shell Biochar on the Growth and Yield of Baby Corn Growing on Acid Sulfate Soil

เกศศิรินทร์ แสงมณี[1] ธีระรัตน์ ชิณแสน[2] และ ดารณี ยุพิน[1]
Sangmanee, K.[1], Chinnasaen, T.[2] and Yupin, D.[1]

Abstract

This study examined the effect of use of durian shell biochar mixing in the soil on the growth and yield of baby corn grown in acid sulfate soil, performed in Lam Luk Ka District, PathumThani province, during July - October, 2015. The experimental design was managed as a randomized complete block design (RCBD) with 4 treatments; 1) No durian shell biochar applied as control, 2) mixing durian shell biochar at a rate of 500 kg/rai, 3) mixing durian shell biochar at a rate of 1,000 kg/rai, and 4) mixing durian shell biochar at a rate of 2,000 kg/rai. The results showed that the application of durian shell biochar at a rate of 2,000 kg/rai promoted the plant growth, showing the highest stem height (72.62 cm*) and yield (478.84 kg/rai). This condition increased the soil pH to pH 7, which was suitable for the plant growth.

Keywords: durian shell biochar, stem height, yield, soil pH

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการผสมถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนในดินปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดในอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2558 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน สิ่งทดลองที่ 2 ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ สิ่งทดลองที่ 3 ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และสิ่งทดลองที่ 4 ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มทำให้ความสูงของลำต้นและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนมีค่าสูงที่สุดคือ 72.62 เซนติเมตร** และ 478.84 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้การผสมถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนจะไปปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินปลูกให้มีค่าเท่ากับ 7 ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถเพาะปลูกพืชได้

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน ความสูงของลำต้น ผลผลิต ความเป็นกรด-ด่างของดิน

คำนำ**

ปัญหาดินเปรี้ยวจัดมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและสภาพสมดุลในธรรมชาติ การเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตของพืชปลูกลดลงส่งผลกระทบต่อรายไดของเกษตรกรและเศรษฐกิจและสังคมในชุมชน จากรายงานของสำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคกลาง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่พบดินเปรี้ยวจัดเป็น 12,310,693 ไร่ โดยเฉพาะจังหวัดปทุมธานี จะพบดินเปรี้ยวจัดที่เป็นดินกรดกำมะถันในระดับความลึก 0 – 50 เซนติเมตร จำนวน 226,231 ไร่ ซึ่งความลึกของดินเปรี้ยวที่ระดับนี้ จะส่งผลต่อ

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220
[1] Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, PhranakornRajabhat University, Bangkok 10220, Thailand
[2] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000
[2] Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, RajabhatMahaSarakham University, MahaSarakham 44000, Thailand
***

รากพืชที่มีระบบรากสั้น ทำให้รากพืชไม่เจริญเติบโต และตายในที่สุด โดยเฉพาะในพื้นที่ รังสิต ลำลูกกา หนองจอก มีนบุรี นครนายก นครปฐมและพระนครศรีอยุธยา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) ทำให้พื้นที่ดังกล่าวปลูกพืชได้ผลผลิตลดลงหรือไม่สามารถปลูกพืชได้ จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกษตรกรที่ผลิตข้าวโพดฝักอ่อน ไม่สามารถผลิตได้หรือมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาถ่านชีวภาพ ซึ่งสามารถปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน เช่น ปรับสภาพความเป็นกรด มีปริมาณธาตุอาหารสูง มีปริมาณช่องว่างมากและเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Lehmann และคณะ, 2003) ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมาใช้ เพราะถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมีปฏิกิริยาดินเป็นด่างมาก (10.2) อินทรียวัตถุสูงมาก (40 เปอร์เซ็นต์) มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สูง (ชัยนาม และเกศศิรินทร์, 2555) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนเพื่อปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด ในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน และยังเป็นแนวทางในการนำเปลือกทุเรียนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเพื่อการผลิตพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

คัดเลือกพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดในอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี โดยทำแปลงทดลองขนาด 3 x 4 เมตร จำนวน 12 แปลง โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน สิ่งทดลองที่ 2 ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ สิ่งทดลองที่ 3 ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และสิ่งทดลองที่ 4 ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ถ่านชีวภาพลงแปลงทดลองคลุกเคล้าให้เข้ากันในดิน และทิ้งไว้ 14 วัน แล้วนำเมล็ดข้าวโพดฝักอ่อนมาหยอดลงหลุม ๆ ละ 2 – 3 เมล็ด มีระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร ได้จำนวน 35 ต้นต่อแปลง และสุ่มเก็บข้อมูลแปลงละ 10 ต้น ตรงกลาง บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความสูงของต้น ความยาวฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก น้ำหนักฝัก ความหวานของฝัก และความเป็นกรด – ด่างของดิน ทำการทดลองระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

ผลและวิจารณ์ผล**

การศึกษาผลของการผสมถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนในดินปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน พบว่า มีปฏิกิริยาของดิน (pH) สูงถึง 10.20 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 41.10 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) อยู่ที่ 65.10 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ความสามารถในการอุ้มน้ำ >100 เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) 1,563 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (K) 47,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (Table 1) จากสมบัติทางเคมีนั้น พบว่า ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมีปริมาณธาตุอาหารที่สูง ซึ่ง สายจิตร และคณะ (2555) ได้ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของถ่านชีวภาพ ได้แก่ ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน ไผ่ เปลือกปาล์ม และแกลบ พบว่า ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ pH N P K Ca Mg และ สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความพรุนตัวสูงกว่าถ่านชีวภาพจากวัสดุอื่นๆ (ขนาดรูพรุน 20 μm และค่าไอโอดีน 202.32 mg/g) เมื่อเทียบกับถ่านชีวภาพชนิดอื่น ๆ จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงนำมาทดลองในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด เพราะถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมีค่าความเป็นกรด – ด่างที่สูงมาก และมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่สูง ถ้านำมาปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดจะทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารที่ถูกตรึงไว้ได้ ดังนั้นจึงทดลองนำถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนใส่ลงในดินเปรี้ยวจัดในอัตรา 0, 500, 1000 และ 2000 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อปรับปรุงดินใช้ในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 2000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผลผลิตรวมมีปริมาณมากที่สุดคือ 478.84 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน และพบว่าอัตราถ่านชีวภาพ 2000 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโนวทำให้ความสูงของลำต้นต้นข้าวโพดฝักอ่อน ความยาวของข้าวโพดฝักอ่อน เส้นผ่าศูนย์กลางของข้าวโพดฝักอ่อน และน้ำหนักฝัก มีค่าสูงคือ 152.08, 12.88, 1.93 เซนติเมตร และ 25.94 กรัม** ตามลำดับ (Table 2) และยังทำให้ดินเปรี้ยวจัดสามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.5 เป็น 7.5* ภายในระยะเวลา 28 วัน (Table 3) เนื่องจากคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่เป็นด่างจัด มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่สูง ปริมาณความพรุนและจำนวนช่องว่างที่มาก ทำให้เมื่อใส่ลงไปในดิน จุลินทรีย์ที่

เป็นประโยชน์ในดินจะเข้าไปอยู่ในช่องว่างและช่วยตรึงไนโตรเจนในบรรยากาศ และช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารในดินออกมา ทำให้มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น (Warnock และคณะ, 2007) ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีกว่าไม่ใส่ถ่านชีวภาพ สอดคล้องกับ เกศศิรินทร์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาชนิดและอัตราของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดิน ในการปลูกกระเจี๊ยบเขียว พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน อัตรา 2000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ดินเปรี้ยวจัดมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และยังยับยั้งการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าได้ เนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ยับยั้งการเกิดโรคในพืชในปริมาณที่เยอะกว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากวัสดุอื่น

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 2000 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2558, แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน, กรุงเทพฯ. 38 หน้า

เกศศิรินทร์ แสงมณี, จิตรยา จารุจิตร์ และ พิชช์ชัย ทองนวรัตน์, 2560, การศึกษาชนิดและอัตราส่วนของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดินการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด, รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, กรุงเทพฯ.

ชัยนาม ดิสถาพร และเกศศิรินทร์ แสงมณี, 2555, รายงานการศึกษาสมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพแต่ละชนิด, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สายจิต ดาวสุข, อรุณ คงแก้ว และ อุราวรรณ อุ่นแก้ว, 2555, การพัฒนาถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนเพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและเพิ่มธาตุอาหารสำหรับเกษตรกรรม ตอนที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ, วารสารผลงานทางวิชาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 1(1): 133 – 141.

Lehmann, J., Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B., 2003, Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments, Plant and Soil, 249, 343-357.

Warnock, D.D., Lehmann, J., Kuyper T.W. and Rillig, M.C., 2007, Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms, Plant and Soil, 300: 9 – 20.

Table 1 The chemical compositions of Durian Shell Biochar

chemical compositions	Durian Shell Biochar
pH	10.00
OM (Walkley and Black method)	41.10 %
C.E.C.	65.10 cmol/kg
P (Bray II method)	1563.00 mg/kg
K	47500.00 mg/kg

Table 2 Effect of durian shell biochar on the growth and yield

Treatment	Stem height	Pod length	Pod diameter	Pod weight	Yield	Total soluble solids
	(cm)	(cm)	(cm)	(g)	(kg/rai)	(% brix)
1. No durian shell biochar applied as control	142.83	12.22	1.91	23.49	417.15 b[1/]	6.66 b
2. mixing durian shell biochar at a rate of 500 kg/rai	150.25	12.36	1.87	23.68	454.65 ab	6.83 b
3. mixing durian shell biochar at a rate of 1000 kg/rai	140.33	12.01	1.89	21.72	451.00 ab	9.00 a
4. mixing durian shell biochar at a rate of 2000 kg/rai	152.08	12.88	1.93	25.94	478.84 a	8.16 a
LSD	18.82	1.54	0.42	8.25	15.42	1.14
C.V. (%)	6.40	6.26	11.22	17.61	17.61	7.70

[1/] Mean in the same column followed by the same letter are not significant different at $p \leq 0.05$ by LSD

Table 3 Effect of durian shell biochar on changes in soil during 56 days after planting

Treatment	0 DAP	14 DAP	28 DAP	42 DAP	56 DAP
Before	3.50				
1. No durian shell biochar applied as control	3.50	6.33	6.33	6.66	6.50 b1/
2. mixing durian shell biochar at a rate of 500 kg/rai	3.50	6.16	6.66	6.83	6.66 ab
3. mixing durian shell biochar at a rate of 1000 kg/rai	3.50	6.33	6.50	6.83	6.66 ab
4. mixing durian shell biochar at a rate of 2000 kg/rai	3.50	6.66	7.50	7.00	7.00 a
LSD	-	1.36	1.27	0.74	0.44
C.V. (%)	-	10.7	9.48	5.45	3.29

[1/] Mean in the same column followed by the same letter are not significant different at $p \leq 0.05$ by LS

ผลของแพกโคลบิวทราซอลต่อการเพาะเลี้ยงต้นแชมร็อกในสภาพปลอดเชื้อ
Effect of Paclobutrazol on *In Vitro* Culture of *Trifolium dubium*

ศิวพร เสือขำ[1] พัชรียา บุญกอแก้ว[1] และ กนกวรรณ ถนอมจิตร[1]
Sueakham, S.[1],Boonkorkaew, P.[1] and Tanomchit, K.[1]

Abstract

Shamrock (*Trifolium dubium*) is a ground covering plant, which was well-grown but weak *in vitro* culture. Then, the objective of this research was to investigate the effect of pacobutrazol (PBZ) on a reduction of the plant growth *in vitro*. Explants of the apical shoots were cultured on solid MS supplemented with 0, 0.5, 1 and 2 mg/L PBZ. After 4 weeks of culture, higher concentration of PBZ decreased the height, shoot fresh weight and root length of plantlets. While, root and internode diameter, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll in leaves and carotenoid contents were increased. However, PBZ did not affect the root fresh weight, root and node number. In addition, the combination of PBZ with 0.1 mg/L BA, 0.5 mg/L NAA was studied. The culture media induced callus from shoots and nodes but rootles part. The Result showed that application of with 1 mg/L PBZ in the medium was best to retard the plant growth.
Keywords: callus, clover, plant growth retardant, tissue culture

บทคัดย่อ

แชมร็อก (*Trifolium dubium*) เป็นไม้คลุมดิน เมื่อขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วแต่ไม่แข็งแรงในการศึกษาครั้งนี้ใช้แพกโคลบิวทราซอล (paclobutrazol, PBZ) เพื่อชะลอการเจริญเติบโตของต้นแชมร็อกในสภาพปลอดเชื้อ โดยใช้ส่วนยอดมาเลี้ยงบนอาหารสูตร Murashige และ Skoog (1962) ที่เติม PBZ ความเข้มข้น 0 0.5 1 และ 2 มก./ล หลังเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้นของ PBZ ที่มากขึ้น ส่งผลให้ความสูง น้ำหนักสด และความยาวรากลดลง ในขณะที่เส้นผ่าศูนย์กลางรากและปล้อง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ในใบเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของราก จำนวนราก และจำนวนข้อ นอกจากนี้ได้ทดลองใช้ PBZ ร่วมกับ BA 0.1 มก./ล และ NAA 0.5 มก./ล พบว่า ชักนำให้ชิ้นส่วนของยอดและข้อของต้นแชมร็อกเกิดแคลลัส และได้ต้นที่ไม่เกิดราก ทั้งนี้ PBZ ที่ความเข้มข้น 1 มก./ล ชะลอการเจริญเติบโตมากที่สุด
คำสำคัญ: แคลลัส ต้นโคลเวอร์ สารชะลอการเจริญเติบโตพืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

คำนำ**

แชมร็อก (*Trifolium dubium*) หรือมีชื่อเรียกว่า ต้นโคลเวอร์ เป็นไม้คลุมดิน จำพวกถั่วมีถิ่นกำเนิดอยู่ทางยุโรป แอฟริกา เขตอบอุ่น และเอเชีย พบได้มากถึง 250 ชนิด แต่มีเพียง 10 ชนิดที่มีความสำคัญทางการเกษตร (Zohary และ Heller, 1984) ชอบอากาศหนาวเย็นหรืออุณหภูมิปานกลาง ทนแล้งและทนน้ำค้างแข็งได้ดี เจริญเติบโตในช่วงฤดูใบไม้ร่วง ออกดอกช่วงฤดูใบไม้ผลิ ดอกมีสีเหลือง เมื่อแก่ดอกจะเป็นสีน้ำตาล และตายในฤดูร้อนหลังติดเมล็ด นิยมปลูกเป็นสนามหญ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา (Taylor, 1985) เริ่มมีการพัฒนาพืชกลุ่มนี้เพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ (Morgan และคณะ 1994) แต่เป็นการขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด เมื่อนำมาขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า สามารถเจริญเติบโตได้ดี ต้องทำการเปลี่ยนอาหารบ่อยๆ ต้นที่ได้มีลักษณะสูง ผอม ทำให้ออกปลูกได้ยาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงใช้แพกโคลบิวทราซอล (paclobutrazol, PBZ) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินในพืช ทำให้ต้นพืชที่ได้รับสารมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้าน ปล้อง ลำต้น ใบ ดอก ผล ราก ลดลง** และยับยั้งการเจริญของเนื้อเยื่อเจริญใต้ปลายยอดของพืช โดยนำมาเติมลงในอาหารสูตร Murashige and Skoog (1962) (MS) สำหรับเพาะเลี้ยงต้น แชมร็อกในสภาพปลอดเชื้อ และหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการลดความสูงของต้น เพื่อเพิ่มระยะเวลาให้ต้นแชมร็อกอยู่ในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ยาวนานขึ้น รวมทั้งสามารถเจริญเติบโตได้แข็งแรงขึ้น

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
[1]Department of Horticulture, Faculty of Agricuiture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัดส่วนยอด ความยาวประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร จากต้นแชมร็อกในสภาพปลอดเชื้ออายุประมาณ 1 เดือน เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ 1. สูตร MS ดัดแปลงโดยเติม PBZ ที่ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0 (control) 0.5 1 และ 2 มก./ล 2. สูตร MS ดัดแปลง ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.1 มก./ล และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มก./ล และเติม PBZ ที่ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0 0.25 0.5 และ 1 มก./ล วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design มี 4 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 20 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ชิ้นส่วน เลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยง อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสงด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นเวลา 14 ชั่วโมงต่อวัน นาน 4 สัปดาห์ บันทึกผลการเจริญเติบโต ดังนี้ ความสูงต้น จำนวนข้อ เส้นผ่านศูนย์กลางปล้อง จำนวนใบ จำนวนราก ความยาวราก เส้นผ่านศูนย์กลางราก น้ำหนักสดของต้น ราก และแคลลัส วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Porra และคณะ 1989) แคโรทีนอยด์ (Wellburn, 1994) ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สวนกล้วยไม้ระพีสาคริก ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2559–เดือนกุมภาพันธ์ 2560

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของ PBZ ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นแชมร็อก บนอาหารแข็งสูตร MS หลังเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ พบว่าการใช้ความเข้มข้นของ PBZ ที่สูงขึ้น ส่งผลให้ความสูงต้น น้ำหนักสด และความยาวของรากลดลง โดยทำให้ต้นมีความสูงเฉลี่ยลดลง 7–8 เท่า แต่ทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางรากและปล้อง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ในใบเพิ่มขึ้น (Table 1, 3) แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดราก จำนวนราก และจำนวนข้อเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่ไม่เติม PBZ ทั้งนี้เนื่องจาก PBZ เป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (Gibberellin, GA) เมื่อพืชไม่สามารถสังเคราะห์ GA ได้ เป็นผลทำให้ไปลดอัตราการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ความสูงต้นลดลง (Phinney และคณะ1991) แต่ไม่มีผลต่อจำนวนใบ จำนวนข้อ และจำนวนราก เนื่องจาก PBZ มีผลในการยับยั้งการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ในบริเวณเนื้อเยื่อเจริญใต้ปลายยอดเท่านั้น ซึ่งไม่ส่งผลต่อเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ทำให้สามารถแบ่งเซลล์และขยายขนาดเซลล์ได้ตามปกติ (พัชรียา, 2557) นอกจากนี้ PBZ มีผลต่อการสร้างเนื้อเยื่อชั้นพาลิเซดเพิ่มขึ้น และมีช่องว่างระหว่างเซลล์ลดลงในขณะที่เซลล์มีการเรียงตัวกันหนาแน่นขึ้น (Wood, 1984) จึงทำให้ต้นที่ได้รับ PBZ มีปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ของใบที่เพิ่มขึ้น (Table 3) และทำให้ใบพืชมีสีเขียวเข้มขึ้น (Figure 1-1)

เมื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นแชมร็อก ที่ใช้ PBZ ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0.1 มก./ล และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มก./ล พบว่า ต้นแชมร็อกมีการเจริญเติบโตที่คล้ายคลึงกับการทดลองแรก แต่จะชักนำให้ชิ้นส่วนของยอดและข้อเกิดแคลลัส (Figure 1-2) ซึ่งที่ความเข้มข้นของ PBZ สูงขึ้นจะส่งผลให้น้ำหนักแคลลัสลดลง และได้ต้นแชมร็อกที่ไม่มีรากเกิดขึ้น (Table 2) สอดคล้องกับงานทดลองของ อนุพันธุ์ และคณะ (2554) พบว่าชิ้นส่วนใบของหยาดน้ำค้าง ในอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA และ NAA จะมีการพัฒนาเกิดเป็นแคลลัส แต่ไม่มีการเจริญและพัฒนาเป็นราก อาจเนื่องมาจากสัดส่วนของออกซินและไซโตไคนิน มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนยอด และการชักนำให้เกิดแคลลัสในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ถ้าหากสัดส่วนของออกซินสูงกว่าไซโตไคนินหรือไซโตไคนินมากกว่าออกซินมีผลทำให้แคลลัสมีการสร้างราก แต่ถ้าสัดส่วนไซโตไคนินมากกว่าออกซิน จะมีผลทำให้แคลลัสมีการสร้างราก และยังทำให้แคลลัสสร้างส่วนยอดได้ดีกว่าการสร้างราก (พัชรียา, 2557) ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารในกลุ่มออกซินและไซโตไคนินให้เหมาะสมกับพืช หรือชิ้นส่วนพืชที่นำมาเพาะเลี้ยง มีผลต่อความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

สรุป

จากการศึกษาผลของ PBZ ต่อการเพาะเลี้ยงต้นแชมร็อกในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า ต้นแชมร็อกมีความสูง น้ำหนักสด และความยาวรากลดลง ลำต้นมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดยความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ PBZ ความเข้มข้น 1 มก./ล ส่งผลในการชะลอการเจริญเติบโตของต้นแชมร็อกมากที่สุด ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องเติม BA และ NAA ในอาหารแข็งสูตร MS และยังสามารถยืดอายุในการเลี้ยงต้นแชมร็อกในสภาพปลอดเชื้อได้นานกว่าการไม่ใช้ PBZ

เอกสารอ้างอิง**

พัชรียา บุญกอแก้ว, 2557, เอกสารคำสอนวิชาสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชสวน (Plant Growth Regulators in Horticulture: 01007454) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

อนุพันธ์ กงบังเกิด สมจิตต์ หอมจันทร์ และคงศักดิ์ พร้อมเทพ, 2554, ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต และสารชะลอการเจริญเติบโตต่อการเจริญและพัฒนาของใบหยาดน้ำค้าง (*Drosera* communis St. Hil.) ในสภาพปลอดเชื้อ, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร, 8(1): 87-100.

Morgan, J. V., Reck, O.C. and O'Haire, R., 1994, Growth retardation of shamrock (*Trifolium dubium*) in hydroponic culture, Acta Horticulturrae, 361: 501-507.

Murashige, T. and F. Skoog, 1962, A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures, Physiologia Plantarum, 15: 473-497..

Phinney, B. O., C. R. Spray, Y. Suzuki and P. Gaskin., 1991. Gibberellin metabolism in maize tissue specificity, pp. 22-31. In N. Takahashi, B.O. Phinney and J. MacMillan (eds.). Gibberellins. Springer-Verlag, New York.

Porra, R.J., Thompson, W. A. and Kriedemann, P. E., 1989, Determination of accurate extinction coefficientsand simultaneous equations for assaying chlorophulls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy, Biochimica et Biophysica Acta 975: 384-394.

Taylor, N.L., 1985, Clovers Around the World. Clover Science and Technology, Agromy Monogragh 25: 1-29.

Wellburn, A.R., 1994, The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution, Journal of Plant Physiology 144: 307-313.

Wood, B.W., 1984, Influence of paclobutrazol on selected growth and chemical characteristics of young pecan seeding, HortScience, 19: 837-839.

Zohary, M. and Heller D., 1984, The Genus *Trifolium*. The Israel Academy of Sciences and Humanities. 606 p.

Table 1 Effect of different PBZ concentrations on growth development of *Trifolium dubium in vitro* culture after 4 weeks.

PBZ (mg/L)	Height (cm)	Internode diameter (mm)	Node number	Leaf number	Fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root number
0	9.63[a1/]	0.66[c]	10.75	10.75	0.26[a]	0.07	16.65[a]	0.41[b]	2.75
0.5	1.40[b]	0.73[bc]	9.75	9.75	0.09[b]	0.05	7.85[b]	0.49[b]	3.00
1	1.25[b]	0.84[ab]	10.00	10.00	0.07[bc]	0.03	3.95[b]	0.57[b]	1.75
2	1.18[b]	0.87[a]	9.75	9.75	0.05[c]	0.07	7.10[b]	0.97[a]	2.00
F-test	**	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns
C.V.(%)	30.43	10.84	30.43	30.43	14.69	46.96	22.08	14.88	49.29

[1/] Different upper case letters in the same column denote significant difference between mean of treatment; ns = not significant, ** significant at $P<0.01$

Table 2 Effect of different PBZ concentrations on internode diameter, node number, leaf number, fresh weight and callus fresh weight of *Trifolium dubium in vitro* culture after 4 weeks

PBZ (mgLl)	Height (cm)	Internode diameter (mm)	Node number	Leaf number	Fresh weight (g)	Callus fresh weight (g)
0	$9.73^{a1/}$	0.67^{c}	10.25	10.25	0.22	0.08^{a}
0.25	1.92^{b}	1.57^{b}	12.00	12.00	0.17	0.04^{b}
0.5	1.85^{b}	2.28^{a}	10.00	10.00	0.16	0.05^{b}
1	1.73^{b}	2.37^{a}	11.25	11.25	0.15	0.04^{b}
F-test	**	**	ns	ns	ns	**
C.V.(%)	30.44	6.96	14.42	14.42	32.51	28.66

[1/] Different upper case letters in the same column denote significant difference between mean of treatment; ns = not significant,

** significant at P<0.01

Table 3 Chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid contents of *Trifolium dubium* after cultured on solid MS supplemented with PBZ at different concentrations after 4 weeks

PBZ (mg/L)	Chlorophyll (mg/cm^2)			Carotenoid (mg/cm^2)	PBZ (mg/L)	Chlorophyll (mg/cm^2)			Carotenoid (mg/cm^2)
	A	B	Total			A	B	Total	
0	$3.65^{c1/}$	1.90	5.79^{b}	0.31^{b}	0	3.94^{ab}	1.66^{b}	5.60^{b}	0.43^{b}
0.5	3.67^{c}	1.05	4.71^{c}	0.37^{a}	0.25	2.55^{b}	2.32^{a}	6.37^{ab}	0.43^{b}
1	4.58^{b}	1.40	5.98^{b}	0.40^{a}	0.5	4.12^{ab}	2.31^{a}	6.43^{ab}	0.47^{b}
2	5.06^{a}	1.81	6.86^{a}	0.41^{a}	1	5.16^{a}	2.39^{a}	7.55^{a}	0.63^{a}
F-test	**	ns	**	**	F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	1.52	28.39	6.83	7.53	C.V. (%)	21.85	14.09	9.68	8.17

[1/] Different upper case letters in the same column denote significant difference between mean of treatment; ns = not significant,

** significant at P<0.01

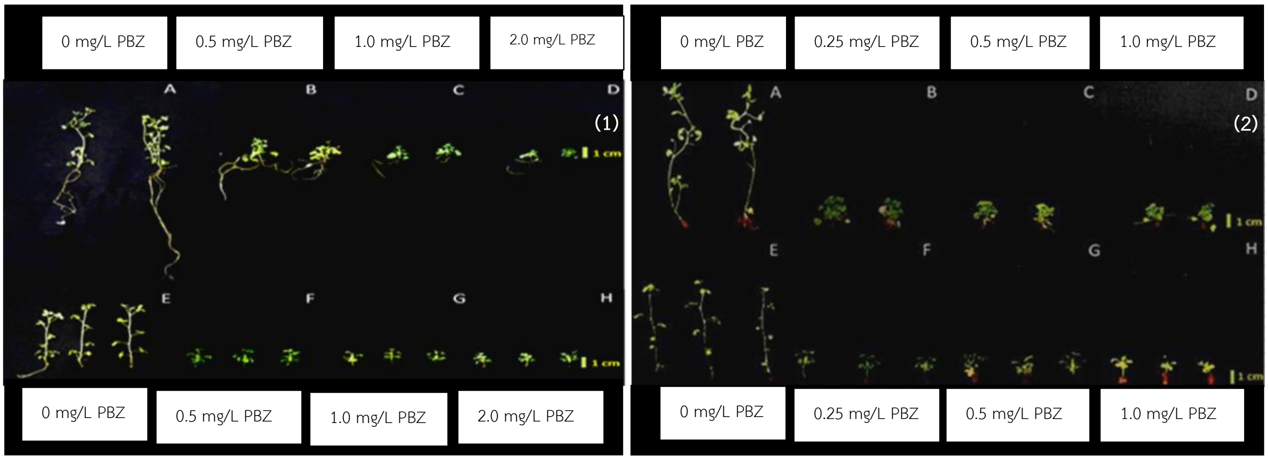


Figure 1 Growth of *Trifolium dubium* shoots (A-D) and nodes (E-H) after cultured for 4 weeks on solid MS supplemented with PBZ at different concentrations; 0-2 mg/L. Plantlets were cultured on solid MS without (1) or with (2) BA 0.1 mg/L, NAA 0.5 mg/L, respectively.

ผลของการใช้คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายสองพันธุ์
Effect of Concrete Block as Growing Media on Growth of Two *Dendrobium* Orchid Cultivars

ณัฐวร กะโห้เหม[1] พัชรียา บุญกอแก้ว[1*] และ กนกวรรณ ถนอมจิตร[1]
Kahohem, N.[1], Boonkorkaew, P.[1*] and Thanomchit, K.[1]

Abstract

The objective of this research was to compare the use of concrete block and coconut husk as growing media on the development of virus-eradicated and virus-infected *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' and virus-infected *Dendrobium* 'Khao sanan' plants (at 6 months of age) grown in a 50% net shading greenhouse and a transparent plastic greenhouse. After growing for 4 months, the results showed the growth of virus-eradicated *Den*. Sonia 'Earsakul' grown on coconut husk in both greenhouses and virus- infected *Den*. Sonia 'Earsakul' grown on coconut husk in the plastic greenhouse performed the highest growth. Meanwhile virus-eradicated *Den*. Sonia 'Earsakul' grown on concrete block in the 50% net shading greenhouse had the lowest growth. On the other hand, *Den*. 'Khao sanan' grown on coconut husk in both greenhouses had the highest growth. Additionally, the growth of *Den*. 'Khao sanan' cultured on concrete block in the plastic greenhouse was lowest.

Keywords: coconut husk, cement block, greenhouse, virus

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบการใช้คอนกรีตบล็อกกับกาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกในโรงเรือนตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนพลาสติก ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์เอียสกุลที่ปลอดเชื้อไวรัสและติดเชื้อไวรัส และกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน ที่ติดเชื้อไวรัส อายุ 6 เดือน ณ สวนกล้วยไม้ บริษัทกล้วยไม้ไทย จำกัด จังหวัดราชบุรี โดยหลังจากปลูกเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า กล้วยไม้หวายพันธุ์เอียสกุลปลอดเชื้อไวรัสที่เลี้ยงบนกาบมะพร้าวในโรงเรือนทั้งสองแบบ หรือกล้วยไม้ติดเชื้อไวรัสที่ปลูกบนกาบมะพร้าวในโรงเรือนพลาสติกมีการเจริญเติบโตมากที่สุด ส่วนกล้วยไม้ปลอดเชื้อไวรัสที่ปลูกบนคอนกรีตบล็อกในโรงเรือนตาข่ายพรางแสงมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ในขณะที่การปลูกกล้วยไม้หวายพันธุ์ขาวสนานบนกาบมะพร้าวในโรงเรือนทั้งสองแบบมีการเจริญเติบโตมากที่สุด ส่วนการปลูกกล้วยไม้บนคอนกรีตบล็อกในโรงเรือนพลาสติกใสมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด

คำสำคัญ: กาบมะพร้าว ซีเมนต์บล็อก โรงเรือน ไวรัส

คำนำ

กล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium*) เป็นสกุลใหญ่ที่สุดในวงศ์กล้วยไม้ (Orchidaceae) มีแหล่งกำเนิดในเขตร้อนของภูมิภาคเอเชียและแถบมหาสมุทรแปซิฟิก มีระบบรากกึ่งอากาศ (semi-epiphyte) และมีการเจริญแบบแตกกอหรือการเจริญเติบโตแบบด้านข้าง (sympodial) กล้วยไม้สกุลหวายลูกผสมปลูกเลี้ยงง่าย เจริญเติบโตและออกดอกเร็ว ออกดอกตลอดทั้งปี มีการเจริญเติบโตดีกว่าชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะเมื่อปลูกเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เกษตรกรผู้ผลิตกล้วยไม้สกุลหวายส่วนใหญ่จะปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ภายใต้โรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50-60% โดยการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ภายใต้โรงเรือนตาข่ายพรางแสงที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมตามที่ต้องการได้ นอกจากการควบคุมความเข้มแสง โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบันเนื่องจากสภาวะโลกร้อน จะส่งผลให้กล้วยไม้มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละฤดูกาล (ศรายุธ และภาสันต์, 2553) วัสดุปลูกกล้วยไม้เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ โดยวัสดุปลูกที่เกษตรกรนิยมใช้ คือ กาบมะพร้าว เนื่องจากเป็นวัสดุปลูกที่มีราคาถูก หาได้ง่าย มีคุณสมบัติอุ้มน้ำและเก็บรักษาความชื้นได้ดี แต่ปัจจุบันมีเกษตรกรบางรายได้นำคอนกรีตบล็อกแบบสำเร็จรูปสำหรับปลูกเลี้ยงกล้วยไม้มาเป็นวัสดุปลูกกล้วยไม้แทนการใช้กาบมะพร้าว อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุปลูกกล้วยไม้สกุลหวาย รวมทั้งปัจจุบันคุณภาพกาบ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
* Corresponding author: agrpyb@ku.ac.th

มะพร้าวเมื่อเทียบกับในอดีตจะมีคุณภาพที่ลดลง ประกอบกับสภาพแวดล้อมมีความแปรปรวน ซึ่งเป็นสิ่งกระตุ้นให้กาบมะพร้าวมีการผุสลายง่ายขึ้น คุณภาพมีความไม่แน่นอน ทำให้เกิดปัญหายุ่งยากในการจัดการของเกษตรกร ดังนั้นจึงศึกษาเปรียบเทียบการใช้คอนกรีตบล็อกกับกาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% และโรงเรือนพลาสติก ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย โซเนีย พันธุ์เอียสกุลที่ปลอดเชื้อไวรัสและติดเชื้อไวรัส (กล้วยไม้ที่เกษตรกรปลูกเลี้ยงในปัจจุบันเป็นส่วนใหญ่) และกล้วยไม้สกุลหวาย ขาวจิรนันท์ พันธุ์ขาวสนาน ที่ติดเชื้อไวรัส เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรในการนำไปใช้ประโยชน์และพัฒนาระบบการผลิตกล้วยไม้ตัดดอกของประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ*

การทดลองที่ 1 ย้ายปลูกต้นกล้วยไม้สกุลหวาย โซเนีย พันธุ์เอียสกุล (*Dendrobium* Sonia ‘Earsakul’) ระยะไม้นิ้ว อายุ 6 เดือนหลังจากออกขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ทั้งต้นที่ติดเชื้อ Cymbidium mosaic virus (CyMV) และต้นที่ปลอดเชื้อ CyMV ลงบนกาบมะพร้าวและคอนกรีตบล็อก ปลูกไว้ในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% และโรงเรือนพลาสติก จำนวนที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 320 ต้น และการทดลองที่ 2 ย้ายปลูกต้นกล้วยไม้สกุลหวาย ขาวจิรนันท์ พันธุ์ขาวสนาน (*Dendrobium* Khao Jiranand ‘Khao Sanan’) ที่ติดเชื้อไวรัส ระยะไม้นิ้ว อายุ 6 เดือนหลังจากออกขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ลงบนกาบมะพร้าวและคอนกรีตบล็อก ปลูกไว้ในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% และโรงเรือนพลาสติก จำนวนที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 160 ต้น โดยหลังจากออกปลูกเป็นเวลา 4 เดือน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทั้ง 2 การทดลอง และบันทึกข้อมูลสภาพอากาศภายนอกและภายในโรงเรือนทั้ง 2 ประเภท วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SAS เวอร์ชั่น 9.1 เปรียบเทียบแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) และเปรียบเทียบปัจจัยร่วมด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง ณ สวนกล้วยไม้ บริษัท กล้วยไม้ไทย จำกัด อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2559

ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย โซเนีย พันธุ์เอียสกุล พบว่า การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ในโรงเรือนพลาสติก ส่งผลให้ความสูงหน่อใหม่ จำนวนใบ และความเขียวใบมีค่าสูงกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% ในขณะที่การใช้กาบมะพร้าวส่งผลให้ความสูงหน่อใหม่ จำนวนใบ ความเขียวใบ ความหนาใบ จำนวนลำ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำลูกกล้วยมีค่าสูงกว่าการใช้คอนกรีตบล็อก และการติดเชื้อไวรัสของกล้วยไม้ พบว่า กล้วยไม้ที่ปลอดเชื้อไวรัสมีเส้นผ่านศูนย์กลางลำลูกกล้วยมากกว่า แต่มีค่าความเขียวใบน้อยกว่าต้นที่ติดเชื้อไวรัส (Table 1) เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วม พบว่า พันธุ์เอียสกุลที่ปลอดเชื้อไวรัส ปลูกบนกาบมะพร้าวที่เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติก หรือโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% หรือพันธุ์เอียสกุลที่ติดเชื้อไวรัสปลูกด้วยกาบมะพร้าว เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติก มีการเจริญเติบโตมากที่สุด (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สิริมา (2559) พบว่า พันธุ์เอียสกุลที่ปลอดเชื้อไวรัส ระยะไม้นิ้ว ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำลูกกล้วยมากกว่าต้นที่ติดเชื้อไวรัส นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Wannakrairoj (2008) ที่พบว่าเชื้อ Cymbidium mosaic virus (CyMV) ในกล้วยไม้หวาย Jaq-Hawaii ‘Uniwai Pearl’ ทำให้กล้วยไม้มีการเจริญเติบโตลดลง ทั้งนี้ เมื่อเลี้ยงในโรงเรือน 2 ประเภท ซึ่งมีการดูแลและจัดการภายในแปลงปลูกที่ดี จึงส่งผลให้ต้นที่ปลอดเชื้อไวรัสมีการเจริญเติบโตมากที่สุดและไม่แตกต่างกัน โดยนอกจากการดูแลและการจัดการภายในแปลงปลูกที่ดีแล้ว อาจเป็นเพราะในโรงเรือนพลาสติกได้รับความเข้มแสงและปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% ซึ่งอาจเป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ทั้งนี้กล้วยไม้ที่ได้รับปริมาณน้ำมากเกินไป มีโอกาสเน่าตายและชะงักการเจริญเติบโตได้ง่าย (ครรชิต, 2550) เมื่อศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ขาวจิรนันท์ พันธุ์ขาวสนาน พบว่า การปลูกเลี้ยงในโรงเรือนพลาสติกส่งผลให้ความหนาใบ และความเขียวใบมีค่าสูงกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% การใช้กาบมะพร้าวส่งผลให้ความสูงหน่อใหม่ เส้นผ่านศูนย์กลางลำลูกกล้วย จำนวนใบ ความหนาใบมีค่าสูงกว่าการใช้คอนกรีตบล็อก (Table 2) ซึ่งอาจเป็นเพราะกล้วยไม้ที่ปลูกในโรงเรือนพลาสติกได้รับความเข้มแสงที่น้อยกว่า อาจทำให้มีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้น้อย จึงทำให้กล้วยไม้ที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนพลาสติกปรับตัวโดยการสร้างคลอโรฟิลล์ที่มากกว่าเพื่อให้กล้วยไม้มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้น เพราะคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่ดูดซับพลังงานแสงเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (พูนพิภพ, 2556) และการใช้กาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกทำให้วัสดุปลูกมีการเก็บกักน้ำ ความชื้น และธาตุอาหารได้ดีกว่า อาจทำให้พืชได้รับน้ำและธาตุอาหารได้อย่างเต็มที่ ทำให้มีการเจริญเติบโตและการพัฒนาของใบและลำต้นได้ดี เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วม พบว่า พันธุ์ขาวสนานปลูกบนกาบมะพร้าวที่เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติกหรือโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% มีการเจริญเติบโตมากที่สุด ในขณะที่พันธุ์ขาวสนานปลูกบนคอนกรีตบล็อก ที่เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติกหรือโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด (Figure 2)

สรุป

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ ระยะไม้นิ้ว (อายุ 6 เดือน หลังออกปลูกจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ) เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน สรุปผลได้ดังนี้

1. พันธุ์เอียสกุลที่ติดเชื้อ CyMV ควรปลูกด้วยกาบมะพร้าว เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติก จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตมากที่สุด ส่วนต้นที่ปลอดเชื้อไวรัส ควรปลูกบนกาบมะพร้าว เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติก หรือโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% จะทำให้มีการเจริญเติบโตมากที่สุดเช่นกัน ทั้งนี้หากปลูกพันธุ์เอียสกุลที่ปลอดเชื้อไวรัสบนคอนกรีตบล็อก และเลี้ยงในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด

2. พันธุ์ขาวสนาน ควรปลูกบนกาบมะพร้าว เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติก หรือโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% จะทำให้มีการเจริญเติบโตมากที่สุด หากปลูกบนคอนกรีตบล็อก เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติก หรือโรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50% จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ครรชิต ธรรมศิริ, 2550, เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้, บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพ.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์, 2556, ชีววิทยา 2, พิมพ์ครั้งที่6, ด่านสุทธาการพิมพ์, กรุงเทพ.

ศรายุธ กิติภัทร์ถาวร และภาสันต์ ศารทูลทัต, 2553, ผลของปัจจัยภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นของกล้วยไม้หวาย 'เอียสกุล', น. 1673-1680. ใน รายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สิริมา บำรุง, 2559, ผลของปริมาณปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นกล้วยไม้สกุลหวายโซเนีย พันธุ์เอียสกุลที่ติดเชื้อไวรัส, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพ.

Wannakrairoj, S., 2008, Impact of *Cymbidium Mosaic Virus* on growth and yield of *Dendrobium* Jaq-Hawaii cv. 'Uniwai Pearl', Acta Horticulturae, 788: 167-173.

Table 1 Shoot height, pseudobulb diameter, pseudobulb number, leaf number, leaf thickness and leaf greenness of *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' after growing for 4 months. **

Factor	Shoot height (cm)	Pseudobulb diameter (mm)	Pseudobulb number	Leaf number	Leaf thickness (mm)	Leaf greenness (SPAD Unit)
(A) Greenhouse						
50% Net Shading greenhouse	23.71 b[1/]	14.83	3.95	3.94 b	1.54 a	50.48 b
Plastic greenhouse	24.84 a	14.83	3.97	4.32 a	1.47 b	57.11 a
(B) Planting materials						
Coconut husk	27.11 a	15.78 a	4.04 a	4.52 a	1.62 a	54.83 a
Concrete block	21.44 b	13.88 b	3.87 b	3.74 b	1.40 b	52.75 b
(C) CyMV infection						
Virus-infected	24.34	13.10 b	4.00	4.18	1.52	55.90 a
Virus-eradicated	24.21	15.66 a	3.92	4.08	1.49	51.68 b
T-test						
A	*	ns	ns	*	*	*
B	*	*	*	*	*	*
C	ns	*	ns	ns	ns	*
F-test						
A×B×C	*	*	*	*	*	*
CV (%)	4.94	10.13	3.42	5.49	4.00	3.47

ns = not significant
* significant at P= 0.05
[1/] Means with the same letter are not significantly different from each other (P>0.05 ANOVA followed by Least Significant Difference (LSD))

Table 2 Shoot height, pseudobulb diameter, pseudobulb number, leaf number, leaf thickness and leaf greenness of *Dendrobium* Khao Jiranand 'Khao Sanan'after growing for 4 months.

Factor	Shoot height (cm)	Pseudobulb diameter (mm)	Pseudobulb number	Leaf number	Leaf thickness (mm)	Leaf greenness (SPAD Unit)
(A) Greenhouse						
50% Net Shading greenhouse	22.21	15.46	4.09	4.94	1.45 b	48.59 b
Plastic greenhouse	21.73	15.41	4.01	4.68	1.51 a	56.26 a
(B) Planting materials						
Coconut husk	25.14 a[1]	16.56 a	4.05	5.26 a	1.55 a	51.68
Concrete block	18.80 b	14.31 b	4.05	4.35 b	1.41 b	53.16
T-test						
A	ns	ns	ns	ns	*	*
B	*	*	ns	*	*	ns
F-test						
A×B	*	*	ns	*	*	*
CV (%)	7.38	3.62	2.42	5.23	1.98	3.20

ns = not significant
* significant at P= 0.05
1/ Means with the same letter are not significantly different from each other (P>0.05 ANOVA followed by Least Significant Difference (LSD))

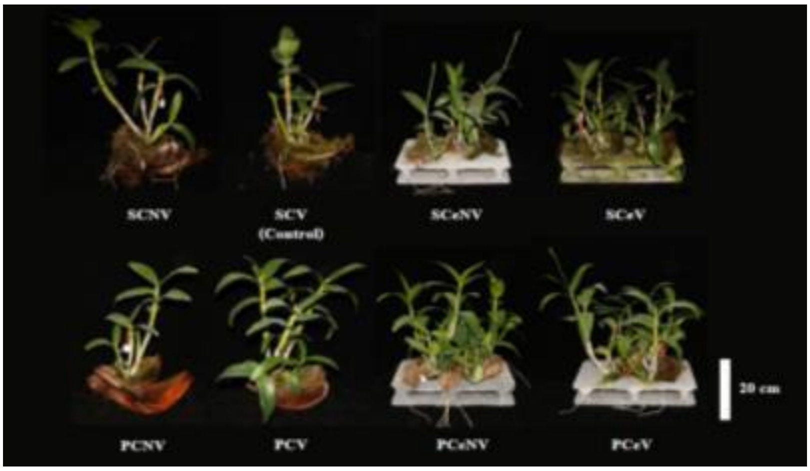


Figure 1 Growth of *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' after growing for 4 months; S: 50% net shading greenhouse P: plastic greenhouse, C: coconut husk, Ce: concrete block, NV: virus-eradicated, V: virus-infected.

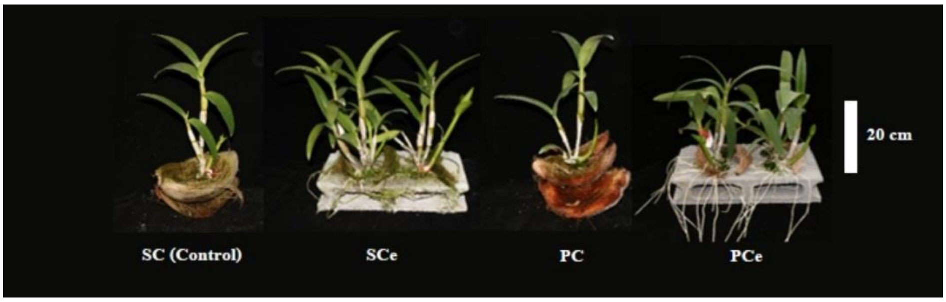


Figure 2 Growth of *Dendrobium* Khao Jiranand 'Khao Sanan' after growing for 4 months; S: 50% net shading greenhouse, P: plastic greenhouse, C: coconut husk, Ce: concrete block.

การเตรียมและวิเคราะห์ลักษณะของถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟที่ใช้เป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะเหล็กในกระบวนการ CO Hydrogenation

Preparation and Characterization of Activated Carbons Derived from Coffee Residue as Iron (Fe) Catalyst Support in CO Hydrogenation

เกศศิริ เหล่าวชิระสุวรรณ[1] และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์[1]

Laowachilasuwan, K.[1] and Ieowsakulrat, S.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the preparation and characterization of activated carbons derived from coffee residue as Fe catalyst support in CO Hydrogenation. Fe/Activated Carbons derived from coffee residue were prepared by using 10%, 20% and 30% $Fe(NO_3)_2$ (w/v). All catalysts support was characterized by Temperature Program Reduction. The result showed that the temperature of reducing catalyst at 10%, 20% and 30% Fe/Activated Carbons is 320 – 600, 250 – 640 and 290 – 679°C, respectively. From Temperature Programming Surface Reaction studied, the result showed that of 10% Fe/Activated Carbons was the most active site on catalysts support in CO Hydrogenation. It had the highest metal dispersion at 63.29%, 135.17 kJ/mol of activation energy and 219.20 µL of methane volume.

Keywords: Activated Carbons, Coffee Residue, CO Hydrogenation, Methane Volume

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการเตรียมและวิเคราะห์ลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจากกากกาแฟโดยใช้เป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะเหล็กในกระบวนการ CO Hydrogenation โดยใช้ $Fe(NO_3)_2$ ที่ระดับ 10% 20% และ 30% ต่อถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ (w/v) ให้ได้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Fe/Activated Carbons) จากนั้นทดสอบ Fe/Activated Carbons ที่เตรียมได้ด้วยเทคนิค Temperature Programming Reduction หาอุณหภูมิที่ใช้ในการรีดิวซ์ของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 10% 20% และ 30% Fe/Activated Carbons อยู่ในช่วง 320 – 600, 250 – 640, และ 290 – 679 °C ตามลำดับ เมื่อทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคTemperature Programming Surface Reaction พบว่า 10% Fe/Activated Carbon จากกากกาแฟ มีความว่องไวในการเกิดกระบวนการ CO Hydrogenation บนผิวของตัวเร่งสูงสุด โดยมีระดับการกระจายตัวของโลหะบนตัวรองรับสูงที่สุด คือ 63.29% ค่าพลังงานกระตุ้นมีค่าเท่ากับ 135.17 kJ/mol และมีปริมาณมีเทนเท่ากับ 219.20 µL

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ กากกาแฟ CO Hydrogenation ปริมาณมีเทน

คำนำ

ปัญหากากกาแฟสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อันเนื่องมาจากของเสียเหล่านี้มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมากซึ่งงานวิจัยของ Laowachirasuwan (2009) ได้ศึกษาการนำกากกาแฟที่เป็นวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกาแฟสด มาใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมถ่านกัมมันต์ (activated carbons) เพื่อลดภาระในการกำจัดทิ้งและสร้างมูลค่าเพิ่ม พบว่าสามารถใช้กากกาแฟมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่นำมาเตรียมเป็นตัวรองรับที่ดีได้ เนื่องจากตัวรองรับเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งโดยหน้าที่หลักของตัวรองรับคือช่วยให้โลหะที่เป็นส่วนที่ว่องไวมีการกระจายตัว (dispersion) ที่ดี ทั้งนี้ถ่านกัมมันต์สามารถใช้เป็นตัวรองรับ (support) ในกระบวนการ CO Hydrogenation ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซ CO กับ H_2 โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นแก๊สสังเคราะห์ ซึ่งมี มีเทน (methane) เป็นองค์ประกอบหลัก จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับแหล่งพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ เพราะมีเทนจัดเป็นเชื้อเพลิงเหลวสังเคราะห์ที่มีคุณภาพ (MalekAbbaslou และคณะ 2009) สำหรับการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการ CO Hydrogenation โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ตัวรองรับ เป็นสารเฉื่อยที่ใช้ช่วยในการกระจายตัวของโลหะทรานซิชัน ตัวรองรับอาจอยู่ในรูปของเม็ด (pallet) หรือ ผง (powder) ซึ่งตัวรองรับที่นิยมใช้คือ อะลูมินา (Al_2O_3) ซิลิกา (SiO_2) และ ถ่านกัมมันต์ ส่วนที่สองคือ

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กทม.10400

[1]School of Science and Technology University of the Thai Chamber of Commerce, Din Dang, Bangkok 10400

โลหะ (metal) มีหน้าที่ช่วยในการเลือกเกิดปฏิกิริยา (selectivity) และความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา (activity) โลหะที่นิยมใช้คือโลหะทรานซิชันหมู่ VIIIB สำหรับความว่องไวของโลหะหมู่ VIIIB เป็นดังนี้ Fe > Co > Ni (Xiang และ Zou 2013) งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการเตรียมและวิเคราะห์ลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจากกากกาแฟโดยใช้เป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะเหล็กในกระบวนการ CO Hydrogenation และทดสอบความสามารถของการเป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้ ด้วยเทคนิค Temperature Programming Reduction (TPR)* และTemperature Programming Surface Reaction (TPSR)*

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ โดยการกระตุ้นทางเคมี

เตรียมถ่านกัมมันต์ตามงานวิจัยของ Laowachirasuwan (2009) โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่านชาร์ (Char) โดยนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C นาน 12 ชั่วโมง และเผาต่อภายใต้บรรยากาศของแก๊ส N_2 ที่อุณหภูมิ 400°C นาน 1 ชั่วโมง ขั้นที่สองนำถ่านชาร์ไปเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการกระตุ้นทางเคมี เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวโดยใช้ $ZnCl_2$ ในอัตราส่วนระหว่าง $ZnCl_2$ ต่อถ่านชาร์ เท่ากับ 3:1 อบที่อุณหภูมิ 110°C นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นเผาภายใต้บรรยากาศของ N_2 ที่อุณหภูมิ 500°C นาน 2 ชั่วโมง ได้ถ่านกัมมันต์ ที่มีลักษณะเป็นผงสีดำ

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ Fe บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟด้วยกระบวนการ Impregnation Method

นำถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟไปอบที่อุณหภูมิ 110°C นาน 12 ชั่วโมง และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 350 °C นาน 4 ชั่วโมง อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 35°C/min จากนั้นนำไปผสมกับสารละลาย $Fe(NO_3)_2$ เข้มข้น 10% 20% และ 30 % (w/v) ในอัตราส่วน 1 : 10 จากนั้นกวนสารละลายที่ความเร็วรอบประมาณ 400 rpm ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรอง และอบไล่ความชื้นที่ 110°C นาน 6 ชั่วโมง จะได้ตัวเร่งปฏิกิริยา 10% 20% และ 30%Fe/ activated carbons ตามลำดับ

การทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้ด้วยเทคนิค Temperature Programming Reduction (TPR)

TPR เป็นหนึ่งในเทคนิค Temperature Program Desorption ซึ่งศึกษาการหลุดออกของก๊าซเมื่ออุณหภูมิที่ผิวของปฏิกิริยาสูงขึ้น สามารถนำมาศึกษาหาอุณหภูมิที่ใช้ในการรีดิวซ์ โดยงานวิจัยนี้ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสามตัวอย่าง มาอย่างละ 0.2 g บรรจุในเครื่องปฏิกรณ์ชนิด Fixed-Bed รุ่น Micromeritics AutoChem II 2920 ทำการผ่านก๊าซ He ด้วยอัตราการไหล 30 mL/min ที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาทำการลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิห้อง จึงผ่านก๊าซ 5% H_2/Ar ด้วยอัตรา 20 mL/min นาน 10 นาที แล้วให้ความร้อนโดยการโปรแกรมอุณหภูมิที่อัตราการเพิ่มความร้อน 10 °C/min จากอุณหภูมิห้องจนถึง 800°C การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะถูกวิเคราะห์ด้วย Detector ชนิด Thermal Conductivity Detector (TCD) ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงในรูปของ TPR โปรไฟล์ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาที่ระดับ 10% 20% และ 30% Fe/Activated Carbons ตามลำดับ

การทดสอบความสามารถของการเป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการ CO Hydrogenation ด้วยเทคนิค Temperature Programming Surface Reaction (TPSR)

นำตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสามตัวอย่างมาอย่างละ 0.1 g จะถูกบรรจุลงในเครื่องปฏิกรณ์ชนิด Fixed-Bed รุ่น Micromeritics AutoChem II 2920 ทำการรีดิวซ์ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยก๊าซ H_2 ที่อัตราการไหล 20 mL/min ที่อุณหภูมิ 400 °C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นลดอุณหภูมิลงภายใต้การไหลของแก๊ส He จนถึงอุณหภูมิห้อง ทำการผ่านก๊าซ CO ด้วยอัตราการไหล 20 mL/min ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 min หลังจากนั้นเริ่มทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน โดยการผ่านก๊าซ H_2 ที่อัตราการไหล 20 mL/min และอัตราการให้ความร้อน 10 °C/min จากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิที่ได้จาก TPR เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปจะเกิดมีเทนเป็นผลิตภัณฑ์ดังสมการ $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกตรวจวัดออกมาเป็น TPSR โปรไฟล์ โดยกำหนดให้การดูดซับของแก๊ส CO ต่อ Fe เป็นแบบ 1 : 1 จากนั้นคำนวณค่าพื้นที่ผิว Fe ต่อกรัม จากสมการ $S = N\sigma R/M$ ขนาดของอนุภาคของ Fe (D) สามารถคำนวณได้จากสมการ $D = 6/S\rho$ พลังงานกระตุ้นคำนวณได้จากสมการ $Ea = RTmax[\ln(ArTmax[H_2]/\beta) - 3.9]$ และการกระจายตัวของโลหะบนตัวรองรับ (Xiang และ Zou 2013)

ผลและวิจารณ์ผล*

การวิเคราะห์หาอุณหภูมิที่ใช้ในการรีดิวซ์ ด้วยเทคนิด TPR

Figure 1 เป็นผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TPR พบว่าโปร์ไฟล์ที่ได้จาก TPR ของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ตัวอย่าง มีพีคที่เด่นชัด 2 พีค โดยสามารถอธิบายได้ว่าเหล็กออกไซด์ที่ได้จากการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถถูกรีดิวซ์ในสองช่วงอุณหภูมิ และมี

มากกว่า 1 สปีชีส์ โดยเหล็กออกไซด์ที่สามารถถูกรีดิวซ์ได้ง่ายจะเกิดในช่วงอุณหภูมิต่ำ เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์การโหลดโลหะลงบนตัวรองรับจะทำให้พีคเคลื่อนที่ไปทางอุณหภูมิที่สูงขึ้น เช่น 30% Fe/Activated Carbons จะให้พีคที่เคลื่อนมาทางอุณหภูมิสูงมากกว่า 20% Fe/Activated Carbons และ 10% Fe/Activated Carbons ตามลำดับ โดยการรีดิวซ์ที่เกิดในช่วงแรกเกิดจากการรีดิวซ์ของไฮโดรเจนบริเวณผิว (Surface Hydrogen) ส่วนเหล็กออกไซด์ที่ถูกรีดิวซ์ได้ยากขึ้นจะเกิดในช่วงอุณหภูมิสูง โดยเกิดจากการรีดิวซ์ของไฮโดรเจนในเนื้อ (Bluk Hydrogen) (Bychko และคณะ 2012) และอุณหภูมิที่ใช้ในการรีดิวซ์ของตัวเร่งปฏิกิริยาของ 10% 20% และ 30% Fe/Activated Carbons อยู่ในช่วง 320-600, 250-640, และ 290-679°C ตามลำดับ (Table 1)

ผลการศึกษาปฏิกิริยา CO Hydrogenation บนตัวเร่งปฏิกิริยา Fe/Activated Carbons ด้วยเทคนิค TPSR

เมื่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี Fe มากขึ้น พื้นที่ผิวต่อกรัมของ Fe มีค่าลดลง (Table 2) เนื่องจากขนาดอนุภาคของ Fe มีขนาดใหญ่ขึ้น เกิดการเกาะตัวเป็นกลุ่มกระจุกตัวอยู่รวมกันทำให้ ประสิทธิภาพในการกระจายตัวบนตัวรองรับลดลง เป็นผลทำให้ % ของการกระจายตัวต่ำลง และตำแหน่งที่ว่องไว (Active Site) ลดลง ทำให้การดูดซับแก๊ส CO ลดลงด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณของมีเทนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นลดลงตามลำดับ (MalekAbbaslou และคณะ, 2009) จาก Table 2 ที่ 20% Fe/Activated Carbons มีค่า Surface area 0.392 x 10^{-4} m^2/g และมีค่า % การกระจายตัวของ Fe 14.20 ต่ำที่สุด อธิบายได้ว่าระหว่างการเกิดปฏิกิริยารีดักชั่นโดยใช้แก๊ส H_2 ที่อุณหภูมิสูง พบว่ามีไอน้ำเกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง (by product) โดยปริมาณไอน้ำที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการกระจายตัวของโลหะ อนุภาคของ Fe ถูกไอน้ำรวมตัวเป็นกลุ่มก้อน ส่งผลต่อ %การกระจายตัวของ Fe มีค่าต่ำลง และการรีดักชั่นของเหล็กออกไซด์ การกระจายตัวที่ลดลงนี้จะส่งผลไปถึงปริมาณการดูดซับแก๊ส CO บนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา จาก Table 2 และ Table 3 พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ระดับ 10% Fe/Activated Carbons มีค่า % การกระจายตัวของ Fe เท่ากับ 68.29 มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น ซึ่งสอดคล้องกับขนาดของอนุภาค Fe ที่เล็กที่สุด ค่าพลังงานกระตุ้นที่มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 135.17 kJ/mol และมีปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ 219.20 µL ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิด CO Hydrogenation กับตัวเร่งปฏิกิริยา 10% Fe/Activated Carbons มีประสิทธิภาพดีที่สุด

สรุปผล

การนำกากกาแฟที่เหลือทิ้งมาเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์สามารถนำมาเตรียมให้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Fe/Activated Carbons โดยใช้กระบวนการ CO Hydrogenation ซึ่งผลการใช้ $Fe(NO_3)_2$ ที่ระดับความเข้มข้น 10% ต่อถ่านกัมมันต์ 1: 10 ทำให้ได้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีคุณลักษณะที่เหมาะสมมากกว่าการใช้ $Fe(NO_3)_2$ ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยมี ค่าการกระจายตัวสูงที่สุดคือ 63.28% ค่าพลังงานกระตุ้นต่ำที่สุดเท่ากับ 135.17 kJ/mol และมีปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ 219.20 µL ดังนั้นผลจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟเป็นตัวรองรับที่มีราคาถูกกว่าตัวรองรับอื่นและ 10% $Fe(NO_3)_2$ เป็นโลหะ ทำให้เกิดการผลิตมีเทนได้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการเกิดกระบวนการ CO Hydrogenation

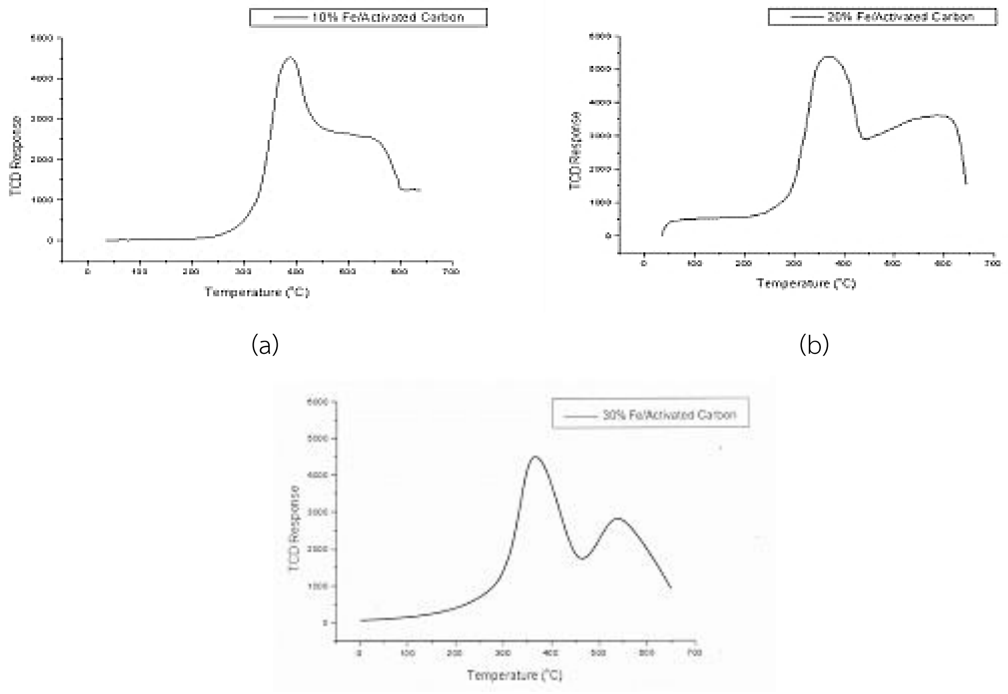
เอกสารอ้างอิง

Bychko, I. Kalishyn, Y. and Strizhak, P., 2012, TPR Study of Core-Shell Fe@Fe_3O_4 Nanoparticles Supported on Activated Carbon and Carbon Nanotubes, Advances in Materials Physics and Chemistry, 2: 17 – 22.

Laowachirasuwan, K., 2009, Preparation and Characterization of Activated Carbons from Coffee Residue by Chemical Activation Method, University of the Thai Chamber of Commerce Journal, 29: 78 – 93.

MalekAbbaslou, R.M., Soltan, J. Sigurdson, S. and Dalai, A.K., 2009, Iron Catalysts Supported on Carbon Nanotubes for Fischer-Tropsch Synthesis: Effect of Pore Size, WIT Transactions on Ecology and the Environment, 121: 147 – 156.

Xiang, M. and Zou, J., 2013, CO Hydrogenation over Transition Metals (Fe, Co, or Ni) Modified K/Mo_2C Catalysts, Journal of Catalysts, [Online], Available: https://www.hindawi.com/archive/2013/195920.



(c)

Figure 1 TPR Profiles at (a) 10% Fe/Activated Carbons (b) 20% Fe/Activated Carbons (c) 30% Fe/Activated Carbons.

Table 1 Reduction temperature and extent of reduction base on H_2-TPR analysis.

Catalyst	Peak 1 Temperature (°C)	Peak 2 Temperature (°C)
10% Fe/Activated Carbons	320 – 460	480 – 600
20% Fe/Activated Carbons	250 – 440	445 – 640
30% Fe/Activated Carbons	290 – 450	508 – 679

Table 2 Surface area, Particle size of Fe and % Dispersion calculated from TPSR profiles.

Catalyst	Surface area/gram of Fe (x 10^{-4} m^2/g)	Particle size of Fe (x 10^{-3} m)	% Dispersion
10% Fe/Activated Carbons	1.877	4.075	68.29
20% Fe/Activated Carbons	0.392	19.4	14.20
30% Fe/Activated Carbons	0.417	21.6	16.92

Table 3 Methane volume and Activation energy from CO-Hydrogenation.

Catalyst	T_{max}	Area under peak (a.u.)	Methane Volume (μL)	Methane Volume (x 10^{-5} mole/g of catalyst)	Activation Energy (kJ/mol)
10%Fe/Activated Carbons	500	2,047,100.00	219.20	4.89	135.17
20% Fe/Activated Carbons	640	855,049.90	91.56	2.04	160.91
30% Fe/Activated Carbons	678	712,349.81	89.26	1.96	175.18

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของหม่อนสายพันธุ์ลูกผสมแบบเปิด ของพันธุกรรมไทย จีน และพม่า โดยใช้เครื่องหมาย ISSR

Genetic Diversity of Open-pollinated lines of Mulberry from Thailand, China and Myanmar base on ISSR marker

ธนพร ขจรผล[1] วรรณดี รักษ์ธรรม[2] พุทธพร วิวาจารย์[3] และ ชลธิรา แสงศิริ[2]

Kajanpol, T.[1] Rukthum, W.[2] Wiwacharn, P.[3] and Sangsiri, C.[2]

Abstract**

Mulberry is a highly nutritious fruit as it's contains high phytochemicals, especially for anthocyanin. To study on the genetic diversity of open-pollinated lines of mulberry from Thai germplasm, Chinese germplasm and Myanmar germplasm base on ISSR marker which was used to detect high polymorphism on genetic background. 23 accessions are 6 Thai op lines, 6 Chinese op lines(population1), 6 Myanmar op lines, 4 Chinese op lines(population2) and Chiang Mai variety (check variety) were analyzed based on ISSR marker. For on Thirty-seven primers were selected for high polymorphic primers as 5 primers. 50 alleles were found in all germplasms with 50 polymorphic alleles (100%). ISSR 815 primer had highest alleles as 12 alleles while ISSR 820 had lowest alleles as 7 alleles. The Similarity Index was raging from 0.575 to 0.90. The clustering analysis of germplasms by unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) was grouped into 4 main groups. This research is useful for evaluating the fresh fruit mulberry variety and can be used as a database for mulberry breeding program in the future.

Keywords: mulberry, open-pollinated lines, ISSR marker, genetic diversity

บทคัดย่อ**

หม่อน เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเนื่องจากมีไฟโตเคมิคอลสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งแอนโธไซยานิน งานวิจัยนี้ศึกษาความหลากหลายของสายพันธุกรรมของหม่อนสายพันธุ์ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมไทย จีน และ พม่าโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล ISSR ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ตรวจสอบความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมของหม่อน เพื่อให้ได้พันธุ์หม่อนที่มีคุณภาพ และผลผลิตที่สูง หม่อนจำนวน 23 accessions ได้แก่ ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมไทย 6 accessions ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมจีน 6 accessions ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมพม่า 6 accessions ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมจีน 4 accessions และเชียงใหม่ 1 accessions วิเคราะห์ข้อมูล ทางพันธุกรรมโดยใช้เครื่องหมาย ISSR สำหรับไพรเมอร์ทั้ง 37 ไพรเมอร์ ได้ทำการคัดเลือกมา 5 ไพรเมอร์ ที่มีพอลิมอร์ฟิกที่มาก พบอัลลีลทั้งหมด 50 อัลลีล ในอัลลีลทั้งหมดมี 50 อัลลีล ที่มีพอลิมอร์ฟิก (100%) ไพรเมอร์ ISSR 815 มีอัลลีลที่สูงที่สุดเป็น 12 อัลลีลในขณะที่ ISSR 820 มีอัลลีลต่ำสุดเป็น 7 อัลลีล ดัชนีความ คล้ายคลึงกันมีค่าตั้งแต่ 0.575 ถึง 0.90 การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มพันธุกรรมโดยวิธี unweighted pair group (UPGMA) แบ่งเป็น 4 กลุ่มหลัก การวิจัยครั้งนี้สามารถนำมาเป็นฐานข้อมูลสำหรับการเพาะพันธุ์หม่อนในอนาคตได้

คำสำคัญ: หม่อน, สายพันธุ์ลูกผสมแบบเปิด, เครื่องหมาย ISSR, ความหลากหลายทางพันธุกรรม

คำนำ**

หม่อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus* spp. อยู่ในวงศ์ Moraceae ลักษณะที่สำคัญของพืชวงศ์นี้ คือ มียางมีขนที่ใบ (บางพันธุ์อาจมีน้อยมาก) มีเส้นใย ใบมีรูปร่างแตกต่างกันทั้งที่เป็นแฉกและไม่เป็นแฉก (กรมหม่อนไหม, 2558) หม่อนอุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโธไซยานิน (Anthocyanin) เควอซิติน (Quercetin) ที่ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง และลดการอักเสบของหลอดเลือด อันเป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งโรคทางระบบประสาทและสมอง

[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, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000.

[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร สำนักสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขต กาญจนบุรี

[2]Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Thailand

[3]ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[3]Queen Sirikit Sericulture Center Sakon Nakhon, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000.

อีกทั้งยังมีรสชาติดี สีสวย ชวนให้รับประทาน ผลหม่อนห่ามจะมีสีแดง ให้รสเปรี้ยว ผลหม่อนสุกจะมีสีม่วงดำให้รสหวานจัด (กรมหม่อนไหม, 2558) ตำรับยาโบราณมีการใช้ผลหม่อนต้มบริโภคทั้งเนื้อและน้ำแก้โรคไขข้ออักเสบ ท้องผูก โลหิตจาง และขับเสมหะ (ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ กรมหม่อนไหม, ม.ป.ป.) หม่อนได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายมากขึ้นในกลุ่มของคนรักสุขภาพ เนื่องจากคุณประโยชน์ที่หลากหลาย ซึ่งอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่เสริมสร้างร่างกายให้เจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ อีกทั้งยังสามารถสร้างภูมิคุ้มกัน ป้องกันหรือบำบัดโรคได้ พันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์เป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ เช่นสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรค สายพันธุ์ที่มีการปรับตัวมากขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ได้ รวมถึงงานด้านการประเมินความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ปัจจุบันมีความสำคัญในการนำมาใช้ในงานด้านการปรับปรุงพันธุ์ (Vijayan และคณะ 2006) ดังนั้นจึงทำการศึกษาความหลากหลายของพันธุกรรมหม่อนสายพันธุ์ลูกผสมแบบเปิด ของพันธุกรรมไทย จีน และพม่าโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล ISSR เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐานพันธุกรรมและสามารถใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ของหม่อน เพื่อให้ได้พันธุ์หม่อนที่มีคุณภาพและผลผลิตที่สูงได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ตัวอย่างใบหม่อนจากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ สกลนคร จำนวน 23 สายพันธุ์ ที่มาจากจีน พม่าและพื้นเมืองของไทย โดยเก็บใบหม่อน 1-3 ยอด หุ้มก้านใบด้วยสำลีชุบน้ำมัดยางใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุง เขียนชื่อพันธุ์ให้ถูกต้อง และเก็บในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งอยู่ภายใน เพื่อให้ใบหม่อนสดเป็นการป้องกันการไม่ให้ดีเอ็นเอเสื่อมสภาพและนำมาแช่ที่ตู้ -80^oC ณ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี

การสกัดดีเอ็นเอ

นำใบหม่อนมาบดกับไนโตรเจนเหลว จากนั้นนำไปใส่ tube ขนาด 1.5 ml ใส่ buffer (H_2O HPLC, NaCl 5 M, EDTA 0.5 M (pH 8.0), Tris-HCl 1M (pH 7.5), PVP 1% และ CTAB 2%) จำนวน 700 µl/หลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันโดยใช้ vortex นำมาแช่ที่ water baht 65^oC เวลา 30 นาที เติม KOAC 5 M ปริมาณ 400 µl เขย่าให้เข้ากันโดยเครื่อง vortex แช่ในน้ำแข็ง 1 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยง 13,000 รอบ/นาที ที่ 4 ^oC เวลา 30 นาที ดูดส่วนใสด้านบน 700 µl แยกดีเอ็นเอและโปรตีนโดยการใส่คลอโรฟอร์ม 500 µl เขย่าด้วยมือ 5 นาที ปั่นเหวี่ยง 13,000 รอบ/นาที ที่ 4^oC เวลา 30 นาที ดูดส่วนใสด้านบน 600 µl ใส่คลอโรฟอร์ม 500 µl เขย่าด้วยมือ 5 นาที ปั่นเหวี่ยง 13,000 รอบ/นาที ที่ 4^oC เวลา 30 นาที ดูดส่วนใสด้านบน 500 µl เติม Absolute Ethanol 500 µl พลิกกลับไปกลับมาเพื่อให้ผสมเข้ากัน ปั่นเหวี่ยง 13,000 รอบ/นาที นาน 5 นาที เทสารออก ล้างดีเอ็นเอด้วย Ethanol ความเข้มข้น 70% จำนวน 500 µl ปั่นเหวี่ยง 13,000 รอบ/นาที นาน 5 นาที ทำทั้งหมด 2 รอบ นำดีเอ็นเอมาอบที่ 37^oC นาน 1 ชั่วโมง ใส่ Tris–EDTA 50 µl ดีเอ็นเอและรอประมาณ 30 นาที เพื่อให้ดีเอ็นเอละลาย นำมาปั่นเหวี่ยง 13,000 รอบ/นาที เวลา 3 นาที เก็บในตู้ -20^oC นำดีเอ็นเอที่ได้มา วัดปริมาณความเข้มข้น โดยวิธี electrophoresis บน Agarose gel ความเข้มข้น 1%

การทำ PCR และเครื่องหมายโมเลกุล ISSR

นำไพรเมอร์มาใช้สำหรับการทำ PCR การขยาย DNA โดยใช้ 20 µl ของการผสม 2 µl 10x Taq buffer, H_20 HPLC, 1mM dNTP, 1mM $MgCl_2$, Primer, genomic DNA และ Taq DNA Polymerase โดยกำหนดการทำ PCR โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 94^oC เป็นเวลา 5 นาที, 94^oC เป็นเวลา 1 นาที, ตามด้วย 52^oC เป็นเวลา 1 นาที, 72^oC เป็นเวลา 4 นาที จำนวน 5 รอบ, อุณหภูมิ 94^oC เป็นเวลา 1 นาที, 50^oC เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วย 72^oC เป็นเวลา 4 นาที จำนวน 30 รอบ สุดท้าย อุณหภูมิ 72^oC นาน 10 นาที และอุณหภูมิลดลง 4^oC ซึ่งดีเอ็นเอที่ได้มาตรวจด้วยวิธี Electrophoresis บน agarose gel ที่ 1.5% ใน 1xTBE ดำเนินการที่ 75 V เป็นเวลา 90 นาที และเจลจะถูกย้อมด้วย ethidium bromine ส่องดูด้วยเครื่อง Gel documentation และบันทึกภาพ ไพรเมอร์ที่ใช้ amplify ทั้งหมด 5 ไพรเมอร์ ได้แก่ ISSR001, ISSR814, ISSR815, ISSR810, ISSR820

การวิเคราะห์ข้อมูล ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของหม่อนโดยโปรแกรม NTYSYS-pc รุ่น 2.1 จัดกลุ่มความสัมพันธ์ของหม่อนโดยวิธี Unweighted pair group method with arithmetic (UPGMA)

ผลการทดลอง

การตรวจสอบผลผลิตดีเอ็นเอจากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคไอเอสเอสอาร์ใช้เครื่องหมาย ISSR จากการศึกษาโดยใช้ 5 ไพรเมอร์ที่มีความสามารถบอกความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ พบว่าแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นพบอัลลีลทั้งหมด 50 อัลลีล ในอัลลีลทั้งหมดมี 47 อัลลีล ที่มีพอลิมอร์ฟิก (94%) ไพรเมอร์ ISSR 815 มีอัลลีลที่สูงที่สุดเป็น 12 อัลลีล ในขณะที่ ISSR 820

มีอัลลีลต่ำสุดเป็น 7 อัลลีล ไพรเมอร์ ISSR814 และ 810 ให้ค่า polymorphic 83.3% จากจำนวนแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมด 12 อัลลีล ไพรเมอร์ ISSR001 ให้ค่า polymorphic 91.6% จากจำนวนแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมด 12 อัลลีล

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของหม่อนโดยวิธี unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (dendrogram) ของหม่อน 23 สายพันธุ์ ค่าดัชนีความเหมือนอยู่ระหว่าง 0.575 ถึง 0.90 แบ่งได้เป็น 4 กลุ่มหลักที่มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรม โดยกลุ่มที่ I เป็นสายพันธุ์ลูกผสมเปิดจีน กลุ่มที่ II เป็นสายพันธุ์พื้นเมืองลูกผสมเปิดไทยและจีน กลุ่มที่ III เป็นสายพันธุ์ลูกผสมเปิดพม่า และกลุ่มที่ IV เป็นสายพันธุ์ลูกผสมเปิดไทย (Figure 2) พบว่าความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์ SNKM15104 และ SNKM15107 มีค่าสูงที่สุดคือ 0.90

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าการใช้เครื่องหมาย ISSR ในการหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างพันธุ์หม่อน มีค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของแต่ละ accessions โดยใช้ไพร์เมอร์ที่มีความสามารถบอกความแตกต่าง 5 ไพรเมอร์ มีแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมด 50 แถบ ค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างระหว่าง 0.575-0.90 จัดกลุ่ม Dendrogram เป็น 4 กลุ่ม พบว่าเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของ dendrogram ที่สร้างขึ้น มีค่าดัชนี polymorphic เฉลี่ยที่สูง ไพรเมอร์ ISSR 815 มีอัลลีลที่สูงที่สุดเป็น 12 อัลลีล ในขณะที่ ISSR 820 มีอัลลีลต่ำสุดเป็น 7 อัลลีล ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถเป็นประโยชน์ในการนำมาใช้ในการจำแนกพันธุกรรมและการปรับปรุงพันธุ์พืชได้ในอนาคต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kalpana และ Senthil (2012) ทำการปรับปรุงคุณภาพของหม่อนโดยใช้ RAPD และ ISSR นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างพันธุ์หม่อน พบว่าความแตกต่างทางพันธุกรรมของแต่ละ accessions มีค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างระหว่าง 0.123-0.378 และ 0.095-0.285 ตามลำดับ สามารถจัดกลุ่มตาม Dendrogram เป็น 3 และ 4 กลุ่ม ตาม RAPD และ ISSR ตามลำดับ พบว่าเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของ dendrogram ที่สร้างขึ้น มีค่าดัชนี polymorphic เฉลี่ยที่สูง ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำมาใช้ในการจำแนกและการปรับปรุงพันธุ์ได้ดีขึ้น

สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของสายพันธุ์หม่อนทั้งหมด 23 สายพันธุ์ ได้แก่ ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมไทย 6 accessions ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมจีน 6 accessions ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมพม่า 6 accessions ลูกผสมแบบเปิดของพันธุกรรมจีน 4 accessions และเชียงใหม่ 1 accessions โดยใช้เครื่องหมาย ISSR พบว่าการใช้เครื่องหมาย ISSR สามารถในการจำแนกความความหลากหลายทางพันธุกรรมของหม่อนได้ และใช้ไพรเมอร์ที่มีความสามารถบอกความแตกต่าง 5 ไพรเมอร์ ที่มี polymorphic ที่มาก พบอัลลีลทั้งหมด 50 อัลลีล ในอัลลีลทั้งหมดมี 47 อัลลีล ที่มีพอลิมอร์ฟิก (94%) ไพรเมอร์ ISSR815 มีอัลลีลสูงที่สุด 12 อัลลีล ในขณะที่ ISSR 820 มีอัลลีลต่ำสุด 7 อัลลีล ไพรเมอร์ ISSR814 และ 810 ให้ค่า polymorphic 83.3%

2. จากจำนวนแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมด 12 อัลลีล ไพรเมอร์ ISSR001 ให้ค่า polymorphic 91.6% มีดัชนีความคล้ายคลึงกันตั้งแต่ 0.575 ถึง 0.90 เมื่อวิเคราะห์การจัดกลุ่มของหม่อนโดยวิธี unweighted pair group (UPGMA) แบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก

3. จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถจัดกลุ่มของหม่อนได้ 4 กลุ่มหลัก สอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสายพันธุกรรมของบรรพบุรุษ และมีประโยชน์ในการประเมินความหลากหลายของหม่อนผลสด และสามารถนำมาเป็นฐานข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์หม่อนในอนาคต

คำขอบคุณ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากเจ้าหน้าที่ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ จ.สกลนครและ ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ที่ช่วยสนับสนุนงบประมาณในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมหม่อนไหม, 2558, คู่มือการผลิตหม่อนอินทรีย์, กรุงเทพฯ, 32 หน้า

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เลย กรมหม่อนไหม, ม.ป.ป., มัลเบอรี่ ผลไม้ลูกเล็กเปี่ยมประโยชน์ [สืบค้น], http://www.qsds.go.th/qssc_lei/inside_page.php?pageid=46 [14/ July /17].

Kalpana, D., and Senthil, K., 2012, Assessment of genetic diversity among varieties of mulberry using RAPD and ISSR fingerprinting, Scientia Horticulturae, 134:79-87.

Vijayan, K., Tikader, A., Kar, P., and Awasthi, A.K., 2006, Assessment of genetic relationships between wild and cultivated mulberry (Morus) species using PCR based markers, Genetic Resources and Crop Evolution, 53:873-882.

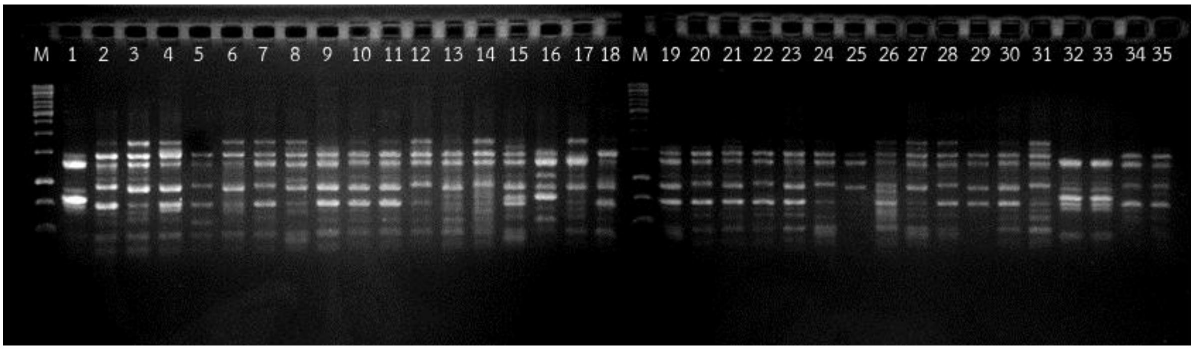


Figure 1 DNA banding from ISSR001 primer on UV lighting after standing with Ethidium bromide with DNA standard 1kb DNA Ladder (Line M).

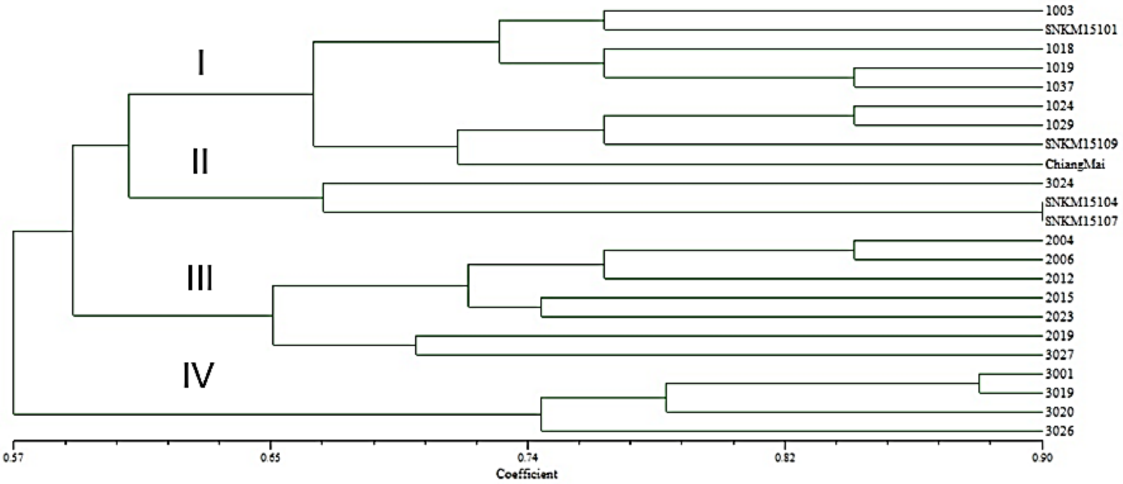


Figure 2 The diagram of genetic relationships with 23 mulberry lines analyzed with UPMGA based on the 5 ISSR primer.

การผลิตกรดอะซิติกร่วมกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเปลือกสับปะรด
The Co-Production of Acetic Acid and Electricity from pineapple peel

รัตนโชค ไชยสอน[1] เกียรติศักดิ์ สมเป้ง[1] ธนพัฒน์ บุณสิริโชคชัย[1] และ พรพิมล กาญจนวาศ[1]
Chaiyasorn, R.[1], Sompeng, K.[1], Boonsirichokchai, T.[1] and Kanjanavas, P.[1]

Abstract

This research aims to develop a co-production of acetic acid and electricity by Microbial Fuel Cell (MFC) technology. The screening of acetic acid-tolerant and thermotolerant strains of bacteria and yeasts were carried out. The co-culture of the selected bacterium in the production of acetic acid from molasses or pineapple peel's juice as a substrate revealed that isolate RCT11 and RCT01 could grow in 4% acetic acid at 35 C^{o}. They produced highest level of acetic acid at 1.42 % and 1.88 % from molasses and pineapple peel's juice, respectively. The results showed that the electrical currents were increased upon the increase of acetic acid production. Cu/Zn was found to be the best material as electrode for the co-production of acetic acid and electricity. The maximum voltage and electrical current in this study reached 0.56 V and 0.025 mA, respectively. This highest electrical current was stable during 8 days of fermentation process.
Keywords: pineapple peel agricultural wastes, microbial fuel cell, electricity, acetic acid production

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตกรดอะซิติกร่วมกับการผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านการประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์ (Microbial Fuel Cell) โดยเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์อาศัยประโยชน์จากการย่อยสลายสารอินทรีย์จากจุลินทรีย์และปลดปล่อยอิเล็คตรอนเพื่อนำไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยในงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกแบคทีเรียและยีสต์ที่มีความสามารถทนต่อกรดและความร้อน หลังจากทำการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ร่วมกันเพื่อให้สร้างเอทานอลและเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกและอิเล็คตรอนโดยใช้กากน้ำตาลหรือน้ำคั้นจากเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งอาหาร พบว่าจุลินทรีย์สายพันธุ์ RCT11 และ RCT01 สามารถเจริญได้ดีที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติก 4% และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยสามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงเท่ากับ 1.42 เปอร์เซ็นต์ และ 1.88 เปอร์เซ็นต์ในแหล่งอาหารกากน้ำตาลและน้ำคั้นจากเปลือกสับปะรด ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นและการใช้ขั้วทองแดงกับสังกะสีเป็นขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดซึ่งให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงที่สุดอยู่ที่ 0.56 โวลล์และ 0.025 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ กระแสไฟฟ้าที่สูงมีค่าคงที่เป็นระยะเวลา 8 วัน ของการหมัก
คำสำคัญ: เปลือกสับปะรดเหลือทิ้งทางการเกษตร เซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์ การผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตกรดอะซิติก

คำนำ

ในช่วงที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์หรือที่เรียกว่า Microbial Fuel Cells (MFCs) (Figure 1) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สะอาด ลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเริ่มจากในปี พ.ศ. 2454 Michael Cresse Potter ได้กล่าวไว้ว่า "การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์นั้นจะดำเนินไปควบคู่กับการปล่อยพลังงานไฟฟ้าอย่างอิสระ" โดยเราสามารถนำพลังงานอิสระมาใช้และมีแนวโน้มที่จะสามารถบรรเทาวิกฤตพลังงานได้ (Oliveira และคณะ, 2013) นอกจากนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างกระแสไฟฟ้าร่วมกับการผลิตกรดอะซิติกเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างกระแสไฟฟ้า ข้อดีของเซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์คือราคาถูกกว่าเซลล์ไฟฟ้าเชื้อเพลิง สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากสารตั้งต้นชีวภาพที่หลากหลาย และเป็นพลังงานสะอาด โดยใช้เทคโนโลยี Microbial Fuel Cells ในการผลิตกระบวนการผลิตกรดอะซิติกจะใช้จุลินทรีย์ 2 ชนิด ในการสร้างกรดอะซิติก กลุ่มแรก คือ จุลินทรีที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces carlsbergensis, Saccharomyces sake* หรือ *Zymomonas mobilis* โดยหากเป็นยีสต์กระบวนการหมักจะเกิดในสภาวะที่ไม่ใช้อากาศ กลุ่มที่สองคือจุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดอะซิติก ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* sp., *Asaia* sp., *Gluconobacter* sp., *Kozakia* sp., *Gluconoacetobacter* sp., *Acidomonas* sp., *Neoasaia* sp., เป็นต้น โดย

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540 ประเทศไทย
[1]Division of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakan 10540, Thailand

แบคทีเรียจะใช้สภาวะการหมักที่ต้องการอากาศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีของเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก งานวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะนำของเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการสร้างแหล่งพลังงานทดแทนที่มีต้นทุนต่ำเพื่อใช้เป็นต้นแบบของการผลิตกระแสไฟฟ้าไปพร้อม ๆ กับการผลิตกรดอะซิติกจากของเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น กากน้ำตาลหรือเปลือกสับปะรด เป็นต้น

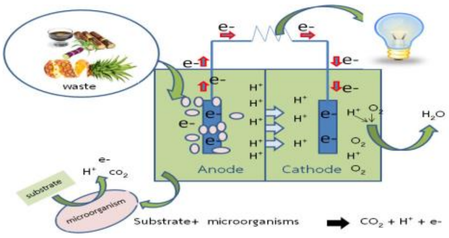


Figure 1 Schematic of Microbial Fuel Cells (MFCs)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนกรดและทนอุณหภูมิสูง

เก็บตัวอย่างดอกไม้และผลไม้ที่มีความหวานได้แก่ แอปเปิล (*Malus pumila**) ดอกเทียน (*Impatiens balsamina*) ดอกแพงพวย (*Catharanthus roseus*) และดอกคุณนายตื่นสาย (*Portulaca oleracea*) นำมาเลี้ยงเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกเชื้อที่สามารถสร้างกรดอะซิติกในหลอดอาหาร Glucose Yeast extract Peptone Ethanol Mannitol นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นทำการคัดแยกแบคทีเรียอะซิติกและยีสต์โดยเลี้ยงลงบนอาหาร Glucose Glycerol Yeast extract Peptone Ethanol ที่เติม bromocresol purple เพื่อคัดเลือกแบคทีเรียที่มีลักษณะบริเวณรอบ ๆ โคโลนีเป็นสีเหลืองมาทำการตรวจสอบคุณสมบัติการสร้างเอนไซม์แคตาเลสพร้อมทั้งย้อมสีแกรม (คาดว่าจะเป็นแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก) นำเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ที่คัดแยกได้มาทดสอบความสามารถในการทนกรดและอุณหภูมิสูงบนอาหาร Yeast extract Peptone Glucose ที่ผสมกรดอะซิติกให้มีความเข้มข้น 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นคัดเลือกเชื้อที่สามารถเจริญได้ดีที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติกสูงและทนอุณหภูมิสูงได้

2. ศึกษาสับสเตรตและขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติก

นำเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกมาทำการเพาะเลี้ยงแบบ batch fermentation ลงในอาหาร Potato Medium จนมีค่า OD_{600} เท่ากับ 0.5 เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น สำหรับการหมักโดยเตรียมหัวเชื้อทั้งแบคทีเรียอะซิติกและยีสต์ให้มีความเข้มข้นที่ 5 เปอร์เซ็นต์ และเพาะเลี้ยงลงในอาหารที่มีซับสเตรตเป็นกากน้ำตาลหรือน้ำคั้นจากเปลือกสับปะรดปรับให้มีความหวาน 20°Brix (กากน้ำตาล) และ 22°Brix (น้ำคั้นเปลือกสับปะรด) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน โดย 4 วันแรกจะทำการหมักแบบไม่เขย่าและหลังจากวันที่ 4 จะทำการหมักแบบเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที และทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนครบ 21 วัน มาศึกษาปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก ค่าความเป็นกรดด่าง การสร้างกระแสไฟฟ้าและศึกษาความเหมาะสมของคู่ขั้วไฟฟ้า ได้แก่ ขั้วแกรไฟต์กับขั้วทองแดง ขั้วอลูมิเนียมกับขั้วทองแดง ขั้วแกรไฟต์กับขั้วอลูมิเนียม และขั้วสังกะสีกับขั้วทองแดง

ผลและวิจารณ์ผล

การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนกรดและทนอุณหภูมิสูง

จากการคัดแยกแบคทีเรียและยีสต์ที่สามารถผลิตกรดอะซิติกจากตัวอย่าง แอปเปิ้ล ดอกเทียน ดอกแพงพวยและดอกคุณนายตื่นสาย รวมทั้งหมด 8 ไอโซเลต พบว่าแบคทีเรียทุกไอโซเลตที่มีสีเหลืองรอบ ๆ โคโลนี สามารถสร้างเอนไซม์แคตาเลสได้ จึงนำมาทดสอบความสามารถในการทนกรดและอุณหภูมิสูง พบว่าจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากดอกเทียน (RCT11 และ RCT01) สามารถเจริญได้ที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติก 4 เปอร์เซ็นต์ และทนอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ดังแสดงใน Table 1 ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์จากดอกเทียนมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การศึกษาสับสเตรตและขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติก

จุลินทรีย์จากดอกเทียนสามารถเปลี่ยนของแข็งที่สามารถละลายในน้ำให้กลายเป็นเอทานอล (Figure 2) ในช่วงวันที่ 1 – 4 โดยในวันที่ 4 มีปริมาณเอทานอลสูงที่สุดเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคล้ายกันทั้งสองซับสเตรตและมีงานวิจัยที่ใช้ยีสต์ในการผลิตเอทานอลได้สูงถึง 10 เปอร์เซนต์ ในระยะเวลา 4 วัน เช่นกัน แต่ถ้าความเข้มข้นของเอทานอลที่สูงกว่า 10 เปอร์เซนต์จะไปมีผลต่อ

การเจริญของยีสต์ โดยพบว่าความเข้มข้นของเอทานอลสูงกว่า 10 เปอร์เซนต์จะทำให้ยีสต์หยุดการเจริญเติบโต และความเข้มข้นของเอทานอลที่ 0.5 – 1 เปอร์เซนต์ จะเหมาะสมต่อการหมักน้ำส้มสายชู (Mas และคณะ, 2014) เมื่อทำการบ่มพร้อมเขย่าในช่วงเวลา 12 วัน พบว่าจุลินทรีย์มีความสามารถในการเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดอะซิติกได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 14.2 กรัมต่อลิตร (1.42 เปอร์เซ็นต์) และ 18.8 กรัมต่อลิตร (1.88 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้กากน้ำตาลและน้ำคั้นเปลือกสับปะรดเป็นซับสเตรต ตามลำดับ Krusong และ Vichitraka (2010) ใช้สับปะรดหมักกรดอะซิติกในระยะเวลา 10 วัน ได้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับ 1.6-2.1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ปริมาณของกรดอะซิติกที่ถูกสร้างขึ้นมาจะส่งผลให้ค่า pH ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในซับสเตรตที่เป็นน้ำคั้นจากเปลือกสับปะรด โดยในวันแรกจะมีค่า pH เท่ากับ 4.1 หลังจากทำการหมักเป็นระยะเวลา 21 วัน ค่า pH จะลดลงเหลือ 2.49 ดังภาพที่ 1 แต่สำหรับค่า pH ในซับสเตรตที่เป็นกากน้ำตาลจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าเพียงเล็กน้อย มีรายงานผลงานวิจัยพบว่าหลังจากการหมักเป็นเวลา 5 วัน จะมีเซลล์จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้นทำให้มีการใช้เอทานอลและกรดอะซิติกที่สร้างขึ้นมาจึงส่งผลต่อปริมาณของกรดอะซิติกซึ่งค่อย ๆ ลดลงหลังจากการหมักเป็นระยะเวลานาน

จากการศึกษาผลของขั้วไฟฟ้าที่มีต่อการนำกระแสไฟฟ้าของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากดอกเทียน (Figure 3) พบว่าคู่ของขั้วไฟฟ้าที่ให้แรงดันไฟฟ้าที่ดีที่สุดและคงที่ยาวนานที่สุด คือ ขั้วสังกะสีกับขั้วทองแดง โดยขั้วที่แช่อยู่ในกากน้ำตาลจะให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและปริมาณของประจุไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 0.56 โวลล์ และ 0.025 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ สำหรับขั้วที่แช่อยู่ในน้ำคั้นเปลือกสับปะรดมีค่าแรงดันไฟฟ้าและปริมาณของประจุไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 0.5 โวลล์ และ 0.02 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ และทั้งสองซับสเตรตจะให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและปริมาณประจุไฟฟ้าคงที่เป็นระยะเวลา 8 วัน ดังแสดงในภาพที่ 2 แต่งานวิจัยของ Tanino และคณะ (2013) สามารถผลิตกรดอะซิติกร่วมกับการผลิตกระแสไฟฟ้าได้และสามารถให้กระแสไฟฟ้าได้สูงเท่ากับ 0.512 โวลล์ และประจุของกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.91 ไมโครแอมป์ ตามลำดับ โดยใช้ขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วเงินกับสารประกอบเงิน (AgCl) ถึงแม้ว่าค่าการนำไฟฟ้าและการนำความร้อนของขั้วอลูมิเนียมจะดีกว่าขั้วสังกะสีแต่ไม่สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ดีเมื่อมีการจับคู่กันระหว่างขั้วสังกะสีกับขั้วทองแดงและขั้วอลูมิเนียมกับขั้วทองแดง เนื่องมาจากขั้วอลูมิเนียมมีความสามารถในการถ่ายถอดอิเล็กตรอนไปสู่ขั้วทองแดงได้น้อยกว่าขั้วสังกะสีกับขั้วทองแดง (Spisak และคณะ, 2016) และจากการสังเกตที่ขั้วไฟฟ้าพบว่าที่ขั้วสังกะสีจะมีปริมาณจุลินทรีย์มาเกาะมากกว่าที่ขั้วอลูมิเนียม

สรุป

จุลินทรียที่คัดแยกได้จากดอกเทียนสามารถทนกรดและทนอุณหภูมิสูงถูกนำมาใช้ในการศึกษาการผลิตกรดอะซิติกร่วมกับการสร้างกระแสไฟเป็นระยะเวลา 21 วัน โดยใช้กากน้ำตาลและน้ำคั้นจากเปลือกสับปะรดมาเป็นซับสเตรต พบว่าการใช้กากน้ำตาลเป็นซับสเตรตจุลินทรีย์จะมีความสามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดที่ 1.42 เปอร์เซ็นต์ ให้กระแสไฟฟ้าได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.56 โวลล์ และมีประจุของกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.025 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ เมื่อใช้ซับสเตรตที่เป็นน้ำคั้นเปลือกสับปะรดจุลินทรีย์มีความสามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงที่สุด 1.88 เปอร์เซ็นต์ ให้กระแสไฟฟ้าได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.5 โวลล์ และมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากับ 0.02 มิลลิแอมป์ และให้กระแสไฟฟ้าสูงสุดคงที่เป็นระยเวลา 8 วัน นอกจากนี้พบว่าขั้วสังกะสีและขั้วทองแดงมีการนำกระแสไฟฟ้าที่ดี จากงานวิจัยนี้มีการนำเอาเซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์มาใช้ในการผลิตไฟในสวนดอกไม้เพื่อไล่แมลง นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยอื่น ๆ ที่นำเอาเซลล์เชื้อเพลิงจุลินทรีย์ไปประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องมือแพทย์ เป็นหุ่นยนต์ ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (Logan, 2008) เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และอาหารเพาะเชื้อในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Oliveira, V.B., Simoes, M., Melo, L.F., and Pinto, A.M.F.R., 2013, Microscale microbial fuel cells Advances and challenges, Biochemical Engineering Journal, 73, 53–64.

Mas, A., María, J.T., García-Parrilla, M.C., and Troncoso, A.M., 2014, Acetic acid bacteria and the production and quality of wine vinegar, The Scientific World Journal, 1-6.

Krusong, W. and Vichitraka, A., 2010, An investigation of simultaneous pineapple vinegar fermentation interaction between acetic acid bacteria and yeast, Asian Journal of Food and Agro-industry, 3(01), 192-203.

Tanino, T., Youhei-Nara, T., Tsujiguchi, T. and Ohshima, T., 2013, Coproduction of acetic acid and electricity by application of microbial fuel cell technology to vinegar fermentation, Journal of Bioscience and Bioengineering, 116(2), 219-223.

Spisak, W., Chlebicki, A. and Kaszczyszyn, M., 2016, Galvanic microcells as control agent of indoor microorganisms, Scientific Reports, 1-7.

Logan, B.E., 2008, Microbial Fuel Cells, John Wiley and Sons Ltd. Hoboken, 250 p.

Table 1 The Isolation of acetic acid-tolerant and thermotolerant strains of bacteria and yeasts.

sources	Isolates	Under microscope	3% Acetic acid		4% Acetic acid		5% Acetic acid	
			30 °C	35 °C	30 °C	35 °C	30 °C	35 °C
M. pumila	RCA01	Oval shape	+	-	+	-	+	-
	RCA11	Gram negative bacilli	+	-	+	-	+	-
I. balsamina	RCT01	Oval shape	+	+	+	+	+	-
	RCT11	Gram negative bacilli	+	+	+	+	+	-
P. oleracea	RCK01	Oval shape	+	+	-	-	-	-
	RCK11	Gram negative bacilli	+	+	-	-	-	-
C. roseus	RCP01	Oval shape	+	-	-	-	-	-
	RCP11	Gram negative bacilli	+	-	-	-	-	-

: + Growth - Non growth

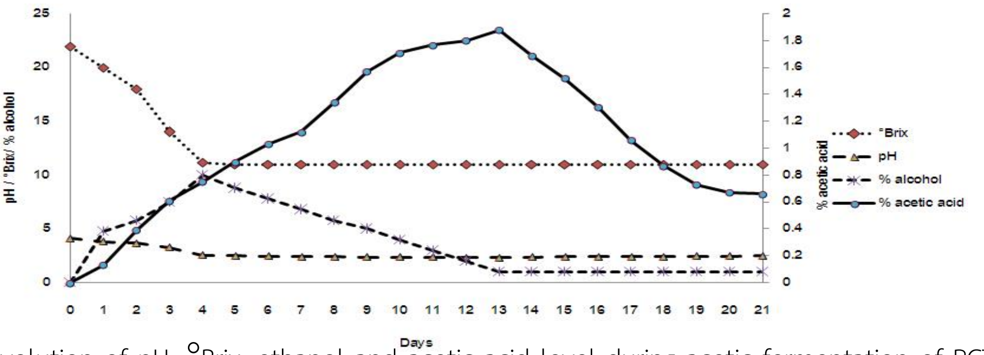


Figure 2 The evolution of pH, °Brix, ethanol and acetic acid level during acetic fermentation of RCT01 and RCT11 by using pineapple peel's juices

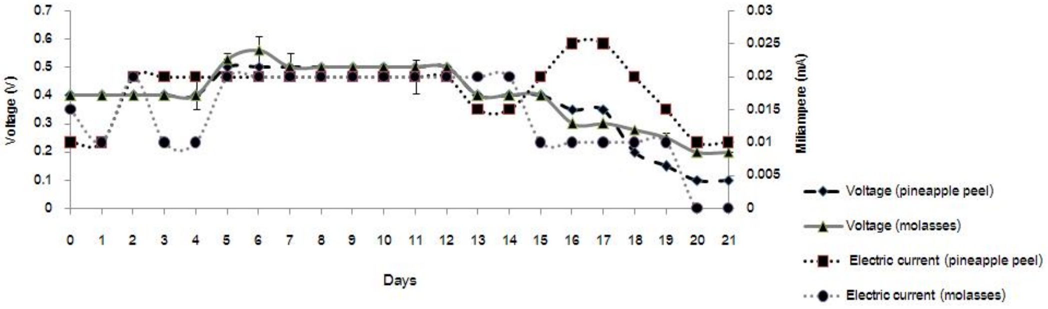


Figure 3 The changing voltage and electric current of RCT01 and RCT11 during acetic acid fermentation

การศึกษาการอบแห้ง และกรรมวิธีการทำชาจากใบบัวหลวง
Study on Drying and Processing of Lotus Leaf Tea

วศินี จิรวัฒนโสภณ[1] อุทัยวรรณ ท้ายเมือง[1] วรินธร พูลศรี[1] และกรรณพต แก้วสอน[2]
Jirawattanasopon, W.[1], Thaimuang, U.[1], Poonsri, W.[1] and Kaewsorn, K.[2]

Abstract

The studied on processing of lotus leaf tea was to investigate the effect of temperature and drying time on quality of lotus leaf tea. This studied divided into 6 treatments, lotus leaf drying at temperature 50, 60 and 70 ° C for 4 and 8 h. Lotus leaf had the average initial moisture content average 76.59 wb%. The result found that lotus leaf using hot air oven with temperatures of 50, 60 and 70 °C for 4 h had final moisture content of 6.50 - 7.54wb%. While, for 8 h had final moisture content of 1.32 - 1.57wb%. All treatments had a water activity (a_w) during 0.327 - 0.479. The drying rate of the lotus leaf in hot air oven for 4 h was about 17 g/h and 8 h about 9 g/h. However, lotus leaf tea from all process did not significant differences by sensory evaluation from 50 tasters.

Keywords: tea, lotus leaf, drying, sensory evaluation

บทคัดย่อ

การศึกษากรรมวิธีในการทำชาจากใบบัวหลวงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของชาใบบัวหลวงโดยแบ่งเป็น 6 กรรมวิธีดังนี้ใบบัวหลวงอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 และ 8 ชั่วโมง โดยใบบัวหลวงมีค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 76.59 wb% จากการทดลองพบว่าใบบัวหลวงที่ใช้กรรมวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนใช้อุณหภูมิที่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียสระยะเวลา 4ชั่วโมง มีความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 6.50-7.54 wb% ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 1.32-1.57 wb% ทุกกรรมวิธีมีค่า Water activity (a_w) ระหว่าง 0.327-0.479 อัตราการทำแห้งของใบบัวหลวงอบด้วยตู้อบลมร้อนระยะเวลา 4 ชั่วโมงอยู่ที่ประมาณ 17 กรัมต่อชั่วโมง ส่วนอัตราการทำแห้งของใบบัวหลวงอบด้วยตู้อบลมร้อน ระยะเวลา 8 ชั่วโมงอยู่ที่ประมาณ 9 กรัมต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามพบว่าชาที่ได้จากทุกกรรมวิธีมีคะแนนการยอมรับจากผู้ริโภค (sensory evaluation) จากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ความสำคัญ: ชา, ใบบัวหลวง, การอบแห้ง, คะแนนการยอมรับจากผู้ริโภค

คำนำ

ประเทศไทยบัวเป็นดอกไม้ที่ตลาดมีความต้องการสม่ำเสมอและในปริมาณที่มากโดยเฉพาะในวันพระหรือวันสำคัญทางศาสนาถิ่นกำเนิดของบัวส่วนใหญ่อยู่ในเขตร้อนดังนั้นจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศไทยใบบัวหลวง (Leaf of lotus) เป็นใบเดี่ยว ใบอ่อนจะลอยปริ่มน้ำ ส่วนใบแก่แผ่นใบจะชูขึ้นเหนือน้ำ ลักษณะของใบเป็นรูปร่างกลมและมีขนาดใหญ่ โดยมีขนาดประมาณ 50 เซนติเมตร ขอบใบเรียบและเป็นคลื่น หน้าใบเป็นมันไม่จับน้ำ ก้านใบมีหนาม มีดอกสีแดงนวล ชมพุแก่ และขาว (คณิตา, 2535) องค์ประกอบทางเคมี มีสารประกอบอัลคาลอยด์และฟลาวโวนอยด์, แทนนิน, กรดอินทรีย์ต่างๆ สรรพคุณ แก้อาการปวดศีรษะ เป็นไข้ ท้องร่วง ไอมีเสมหะปนเลือด, เลือดกำเดาไหล ประจำเดือนมาผิดปกติ ปัจจุบันใบบัวหลวงนำมาใช้สำหรับห่อข้าว ห่ออาหาร ห่อขนม ซึ่งจะช่วยเพิ่มความหอมน่ารับประทานยิ่งขึ้น หรือใช้ในงานประดิษฐ์ต่างๆ (ภัทราพร, 2549) แต่ใบบัวหลวงยังมีมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจน้อยมาก ซึ่งปัจจุบันขายกันเพียงใบละ 50 สตางค์เท่านั้น

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปผลิตผลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
[1] Department of Agricultural Products Processing Engineering,Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology, Prathumthani, 12110
[2] สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110
[2] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chon Buri, 20110

งานวิจัยนี้จึงเห็นว่าควรเพิ่มมูลค่าของใบบัวหลวงให้เป็นพืชที่ทรงคุณค่าและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในประเทศไทย ซึ่งการนำใบบัวหลวงมาทำเป็นชาซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มการบริโภคที่เพิ่มขึ้น โดยในปัจจุบันมีการผลิตชาในรูปแบบของเครื่องดื่มสำเร็จรูปกันอย่างแพร่หลาย ทำให้สะดวกต่อการบริโภค และด้วยรสชาติความอร่อยของชา แก้กระหายทำให้รู้สึกสดชื่น รวมไปถึงเทคนิคการโฆษณาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชา หรือข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับสรรพคุณของชาที่มีต่อร่างกาย เป็นแรงจูงใจทำให้กระแสการบริโภคชาเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ*

คัดคุณภาพใบบัวหลวงสดที่มีอายุอยู่ในช่วง 10 -15 วันหลังจากใบบัวเริ่มคลี่ออกจากการม้วนจากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 0.5x1.0 เซนติเมตร วัดปริมาณความชื้นของใบบัวด้วยเครื่องวัดความชื้น หลังจากนั้นนำใบบัวไปคั่วในกระทะร้อนเป็นเวลา 10 นาที ทำการนวดใบบัวเป็นเวลาประมาณ 30 นาที เพื่อทำให้เซลล์ของใบบัวแตก เมื่อเซลล์แตกจะทำให้สารประกอบต่างๆที่อยู่ในเซลล์ไหลออกมานอกเซลล์ และเคลือบอยู่บนส่วนต่างๆของใบบัวหลวงที่จะนำไปทำชา หลังจากนั้นนำใบบัวหลวงไปสู่กระบวนการอบแห้ง โดยการอบแห้งใบบัวใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Hot air oven) เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำชาใบบัว มีวิธีการทดลองทั้งหมด 6 กรรมวิธี ดังต่อไปนี้ กรรมวิธีที่1 ใบบัวหลวงอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่2 ใบบัวหลวงอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 3 ใบบัวหลวงอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 4 ใบบัวหลวงอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 5 ใบบัวหลวงอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ 6 ใบบัวหลวงอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง (วรินธร และภูรินทร์, 2558) บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ค่าสี,ค่า Water activity (a_w), ปริมาณความชื้นหลังการอบแห้ง (wb%) และคะแนนการยอมรับจากผู้ริโภค (sensory evaluation) จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD: Completely Randomized Design) แต่กรรมละวิธีมี 3 ซ้ำ (Replication) โดยแต่ละซ้ำใช้ใบบัวหลวงจำนวน 30 กิโลกรัม วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

ผลและวิจารณ์ผล**

จากผลการทดลองการทำแห้งใบบัวหลวงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน บัวหลวงที่ใช้คือใบบัวหลวง วิธีการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนพบว่าการทำแห้งใบบัวหลวงด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 8 ชั่วโมง มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 76.59 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผ่านการทำแห้งจะพบว่าใช้เวลาอบแห้ง 4 ชั่วโมง มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยอยู่ที่ 7.54, 6.50 และ 6.50 wb% ตามลำดับ ส่วนการใช้เวลาอบ 8 ชั่วโมง พบว่ามีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยอยู่ที่ 1.56, 1.57 และ 1.23 wb% ตามลำดับ อัตราการทำแห้งของใบบัวหลวงอบด้วยตู้อบลมร้อนระยะเวลา 4 ชั่วโมง อยู่ที่ประมาณ 17 กรัมต่อชั่วโมง ส่วนอัตราการทำแห้งของใบบัวหลวงอบด้วยตู้อบลมร้อน ระยะเวลา 8 ชั่วโมง อยู่ที่ประมาณ 9 กรัมต่อชั่วโมง (Table 1) จึงสรุปได้ว่าการใช้ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการกำจัดความชื้นจะใช้ปริมาณความร้อนและระยะเวลาที่แตกต่างกันในการกำจัดออกไป ดังนั้นการใช้ปริมาณความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าและระยะเวลาที่นานกว่าจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอบแห้งมีอัตราการทำแห้งที่น้อยว่าการอบแห้งในสภาพกลับกัน (สุนัน, 2559)

ส่วนค่าสีหลังการทำแห้งของใบบัวหลวงเป็นเวลา 4 ชั่วโมง สีของใบบัวที่ผ่านการอบแห้งนี้ทั้งหมดนี้จะมีลักษณะสีเหลืองเข้มส่วนค่าสีหลังการทำแห้งของใบบัวหลวงเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นี้จะมีลักษณะสีเหลืองออกน้ำตาล (Table 2) สำหรับค่า Water activity (a_w) ของใบบัวหลวงจากการทำแห้งใบบัวหลวงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส อบแห้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมงเฉลี่ยอยู่ที่ 0.479, 0.432 และ 0.388 ตามลำดับ ส่วนของการทำแห้งใบบัวเป็นเวลา 8 ชั่วโมงเฉลี่ยอยู่ที่ 0.451, 0.338, 0.327 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งค่า Water activity (a_w) ที่ได้จากการทดลองเป็นค่าที่เหมาสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง เนื่องจากอาหารสามารถเก็บรักษาได้นาน เพราะมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.2 – 0.6 เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และปฏิกิริยาออกซิเดชันไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับ วรินธร และภูรินทร์ (2558) สำหรับการวิเคราะห์คะแนนการยอมรับจากผู้ริโภค (sensory evaluation) จากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน พบว่าทุกกรรมวิธีมีลักษณะการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงสามารถใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเพื่อใช้ทำชาใบบัวหลวงที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมงได้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน เนื่องจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างกัน

สรุป

กรรมวิธีทำชาจากใบบัวหลวงที่ใช้วิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนใช้อุณหภูมิที่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 ชั่วโมง มีความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 6.50 – 7.54 wb % ระยะเวลา 8 ชั่วโมงความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 1.32 – 1.57 wb % ทุกกรรมวิธีมีค่า Water activity (a_w) ระหว่าง 0.327 – 0.479 อัตราการทำแห้งของใบบัวหลวงอบด้วยตู้อบลมร้อนระยะเวลา 4 ชั่วโมง อยู่ที่ประมาณ 17 กรัมต่อชั่วโมง ส่วนระยะเวลา 8 ชั่วโมง อยู่ที่ประมาณ 9 กรัมต่อชั่วโมง

อย่างไรก็ตามพบว่าชาที่ได้จากทุกกรรมวิธีมีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค (sensory evaluation) จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p< 0.05$) จึงสามารถใช้อุณหภูมิในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Hot air oven) เพื่อใช้ทำชาใบบัวหลวงที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมงได้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

คณิตา เลขะกุล. 2535. บัวราชินีแห่งไม้น้ำ. สำนักพิมพ์สุทธาการพิมพ์.กรุงเทพฯ. 153 หน้า.

ภัทราพร สุวรรณเมฆ. 2549. บัวหลวง.สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีส่วนส่งเสริมและเผยแพร่. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ. 14 หน้า.

วรินธร พูลศรี และภูรินทร์ อัครกุลธร. 2558. การศึกษากรรมวิธีการทำชาจากดอกกุหลาบ. รายงานผลงานวิจัยคณะเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี. 110 หน้า.

สุนัน ปานสาคร. 2559. วิศวกรรมการแปรรูปด้วยความร้อนและความเย็น. สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น. กรุงเทพฯ. 452 หน้า.

Table 1 Moisture content and drying rate of lotus leaf tea with hot air oven.

	Drying for 4 hours			Drying for 8 hours		
	Temp. 50°C	Temp. 60°C	Temp. 70°C	Temp. 50°C	Temp. 60°C	Temp. 70°C
Initial moisture content (wb%)	76.59	76.59	76.59	76.59	76.59	76.59
Final moisture content (wb%)	7.54	6.50	6.50	1.56	1.56	1.23
Drying rate (g/hr)	17.26	17.25	17.15	9.38	9.38	9.22

Table 2 Color (L*, Chroma and hue angle) and water activity of lotus leaf tea after drying for 4 and 8 hr.

Color and Water activity	After Drying for 4 hours			After Drying for 8 hours		
	Temp. 50°C	Temp. 60°C	Temp. 70°C	Temp. 50°C	Temp. 60°C	Temp. 70°C
L*	39.58	31.18	35.00	39.08	37.86	35.48
Chroma	49.42	26.92	27.14	52.28	48.16	35.14
hue angle	82.14	63.34	63.52	79.02	79.90	77.60
Water activity	0.48	0.43	0.39	0.45	0.34	0.33

Table 3 Sensory evaluation of lotus leaf tea (score).

Treatment	Aroma	Taste	Color	Overall acceptance
Temp.50°C: 4hrs.	7.10±0.3[a]	5.97±0.3[a]	7.40±0.3[a]	6.73±0.3[ab]
Temp.50°C: 8hrs.	6.90±0.3[a]	5.63±0.3[a]	7.27±0.2[a]	6.13±0.4[ab]
Temp.60°C: 4hrs.	6.60±0.3[ab]	5.57±0.4[a]	6.67±0.2[ab]	5.97±0.4[ab]
Temp.60°C: 8hrs.	6.67±0.3[ab]	5.63±0.3[a]	7.20±0.3[ab]	6.13±0.4[ab]
Temp.70°C: 4hrs.	6.07±0.3[b]	6.37±0.3[a]	6.47±0.3[b]	6.37±0.3[ab]
Temp.70°C: 8hrs.	6.80±0.2[ab]	6.43±0.3[a]	7.37±0.2[a]	7.00±0.3[a]

Different letters in same column denote significant differences at $p \leq 0.05$.

การทำลายการพักตัวของเมล็ดบัวถาดวงศ์อุบลชาติ
Breaking seed dormancy of *Euryale ferox* Salisb. (Nymphaeaceae)

อิศราพงษ์ แคนทอง[1] รุจิรา เดชสูงเนิน[1] และ ดาวรุ่ง วัชรินทร์รัตน์[2]
Khaenthong, I.[1], Dechsoongneon, R.[1] and Watcharinrat, D.[2]

Abstract

The research was aimed to study the preconditioning effects of clipping method, use of coconut juice and with or without moist chilling (+MC/-MC) on the germination and seedling survival of *Euryale ferox* Salisb. Clipping the distal part of seed edge during incubation under the light condition was more effective to stimulate the germination (46.67%), than other treatments while of coconut juice at different concentrations (0%, 25%, 50% and 100% (v/v)) combined with +MC/-MC was not increased in germination. After 4 weeks of culture, the clipped seeds cultured in 0% (v/v) coconut juice without moist chilling (-MC) gave the highest percent of germination (60%) and seedling survival (60%). *In vivo* germinated seeds resulted in producing shoots (23.33%) and roots (13.33%). Thus, the clipping-precondition of mature seeds and transferring to cultivate at ambient temperature and lighting had potential to induce the germination and break the seed dormancy of *E. ferox*.

Keywords: *Euryale ferox* Salisb., Nymphaeaceae, *in vivo* culture, germination

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการตัดปลายเปลือกหุ้มเมล็ด, การใช้น้ำมะพร้าวและการผ่านหรือไม่ผ่านความชื้นเย็น ต่อการงอกและการรอดชีวิตของต้นกล้าบัวถาด (*Euryale ferox* Salisb.) การตัดปลายของเปลือกหุ้มเมล็ดและบ่มเพาะภายใต้สภาวะที่มีแสงกระตุ้นการงอกของเมล็ดบัวได้ดีกว่า (46.67%) วิธีการอื่น ๆ ในขณะที่การใช้น้ำมะพร้าวที่ความเข้มข้นต่างกัน (0%, 25%, 50% และ 100% (v/v)) ร่วมกับการผ่านหรือไม่ผ่านความชื้นเย็น ไม่ได้เพิ่มการงอกของเมล็ด หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมล็ดบัวที่ตัดปลายแล้วแช่ใน 0% (v/v) น้ำมะพร้าวและไม่ผ่านความชื้นเย็น ให้อัตราการงอก (60%) และการรอดชีวิตของต้นกล้าสูงที่สุด (60%) โดยเมล็ดบัวตัวอย่างที่งอกในสภาพโรงเรือนสามารถสร้างยอดอ่อน (23.33%) และราก (13.33%) ได้ทันที ดังนั้นการตัดส่วนปลายของเปลือกหุ้มเมล็ดบัวที่แก่เต็มที่ก่อนย้ายไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมและการให้แสงสว่างมีประสิทธิภาพในการชักนำการงอกและทำลายการพักตัวของเมล็ดบัวถาด

คำสำคัญ: บัวถาด วงศ์อุบลชาติ การปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือน การงอกของเมล็ด

คำนำ

บัวถาด (*Euryale ferox* Salisb.) ถือว่าเป็นไม้น้ำมีหนามอายุประจำปีที่มีใบลอยน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งถูกค้นพบครั้งแรกโดย Richard Anthony Salisbury ในปี ค.ศ. 1806 (Qaiser, 1993) มีชื่อสามัญทั่วไปว่า Fox nut หรือ Gorgon nut หรือบางท้องถิ่นเรียกว่า "Thangjing" ในเมือง Manipuri และ "Makhana" ในภาษาฮินดู (Jain และคณะ, 2010) บัวชนิดนี้กระจายพันธุ์ในเขตร้อนชื้นและเขตร้อนของเอเชียตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ (Masram และคณะ, 2015) โดยปกติเมล็ดที่มีแป้งและส่วนที่รับประทานได้จะถูกนำไปใช้เป็นอาหารเสริมและยาสมุนไพร (Masram และคณะ, 2015) สำหรับการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ทางเลือก (alternative medicine) ของบัวถาดนั้น สามารถนำไปใช้รักษาอาการอ่อนเพลีย (weakness), อาการหย่อนสมรรถภาพทางเพศ (spermatorrhoea), อาการตกขาว (leucorrhoea), กระตุ้นความต้องการทางเพศ (aphrodisiac) และชะลอความชราภาพได้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาอื่นๆ คือ ใช้สมานแผล (astringent) กระตุ้นการบีบตัวของมดลูกและระงับอาการ

[1]ฝ่ายภูมิทัศน์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม. 1 ถ. รังสิต-นครนายก ต. คลองหก อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110
[1]Department of Landscape, Division of Building and Facilities, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Moo 1, Rangsit-Nakhonnayok Road, Klong Hok, Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand.
[2]สาขาวิชาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 ถ. พหลโยธิน 87 ซ. 2 ต. ประชาธิปัตย์ อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130
[2]Crop Production Program, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2, Phaholyothin 87 Road, Soi 2, Prachathipat, Thanyaburi, Pathum Thani 12130, Thailand.

เจ็บปวด (Ajaib และคณะ, 2010) จากรายงานการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสำคัญจากเมล็ดและใบของบัวถาดที่สกัดด้วย methanol พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากทางคลินิกจำนวน 9 ชนิด และสารพฤกษเคมีบางชนิดที่พบในบัวถาดยังสามารถใช้รักษาภาวะโรคไตและภาวะติดเชื้อทางเดินปัสสาวะได้ (Parray และคณะ, 2010) นอกจากนี้สารประกอบเฉพาะที่พบในสารละลาย ethyl acetate และ butanol fractions ที่สกัดได้จากเมล็ดบัวถาดยังมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติอีกด้วย (Lee และคณะ, 2002) ในทางเศรษฐกิจพบว่าผลิตผลเมล็ดบัวถาดสามารถเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 36,000 ตันจากพื้นที่ปลูก 13,000 เฮกตาร์ต่อปี (Mandal และคณะ, 2010) แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ มลพิษทางน้ำและการขยายตัวของชุมชนเมืองส่งผลกระทบต่ออัตราการตายและจำนวนประชากรตามธรรมชาติในแต่ละปี (Imanishi และ Imanishi, 2014) อย่างไรก็ตามการเกษตรกรรมของบัวชนิดนี้ก็ยังคงเป็นที่นิยมทั้งในแถบภูมิอากาศเขตร้อนและเขตร้อนชื้นที่มีปริมาณน้ำฝนที่สูง ซึ่งมีแหล่งน้ำถาวร ดินเหนียวและแสงแดดที่เหมาะสม (Jain และคณะ, 2010) ดังนั้นวิธีการเพาะเมล็ดถือว่าเป็นเทคนิคที่มีศักยภาพในการผลิตต้นกล้าบัวถาดได้ และยังถือว่าเป็นการอนุรักษ์แหล่งพันธุกรรมนอกถิ่นอาศัยตามธรรมชาติ (*ex situ* conservation) การรวบรวมพันธุ์และการขยายพันธุ์ที่ยั่งยืน เนื่องจากว่าเมล็ดบัวถาดมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่หนาและสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการงอกและเพื่อทำลายการพักตัวของเมล็ดบัว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาวิธีการทำลายการพักตัวของเมล็ดบัวถาดด้วยวิธีการตัด (Clipping Method) บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดส่วนนอกสุด การใช้น้ำมะพร้าวและการผ่านสภาพความชื้นเย็นต่ออัตราการงอกและอัตราการรอดชีวิตของต้นกล้าบัวด้วยการเพาะเลี้ยงในสภาพโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดบัวถาดตัวอย่างถูกเก็บเกี่ยวจากผลสุกของต้นแม่ที่แข็งแรงสมบูรณ์ ณ พิพิธภัณฑ์บัว ฝ่ายภูมิทัศน์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย และถูกเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (°C) ในตู้เย็นเป็นระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ก่อนการทดลอง เบื้องต้นเมล็ดตัวอย่างที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยน้ำสบู่และแช่ทันทีในน้ำกลั่นอย่างน้อย 3 ครั้ง ก่อนเพาะเลี้ยงในภาชนะทดลองเพื่อศึกษาผลของวิธีการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกสุดภายใต้สภาวะที่มีและไม่มีแสงสว่าง โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองแรกจะถูกนำมาใช้ศึกษาต่อเกี่ยวกับผลของการแช่ในน้ำมะพร้าวที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0%, 25%, 50% และ 100% (v/v) ร่วมกับการบ่มและไม่บ่มภายใต้สภาวะความชื้นเย็นที่อุณหภูมิ5 องศาเซลเซียส (°C) เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนย้ายสู่ภาชนะใหม่ที่บรรจุน้ำกลั่นเพื่อบันทึกอัตราการงอกและรอดชีวิตของต้นกล้า ในแต่ละชุดการทดลองใช้ตัวอย่างจำนวน 10 เมล็ดและทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง ด้วยวิธีการแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One-way ANOVA และ Dancan's Multiple Rang Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผล

จากการทดลองพบว่าการกระตุ้นการงอกของเมล็ดบัวถาดที่ดีที่สุดคือการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกสุดร่วมกับการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสงสว่าง โดยมีอัตราการงอกและอัตรารอดชีวิตสูงสุดคือ 46.67% หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (Figure 1) เช่นเดียวกับการทำลายการพักตัวของเมล็ด *Parkia timoriana* (DC.) Merr. โดยการตัดปลายเมล็ดประมาณ 2 มิลลิเมตร สามารถกระตุ้นอัตราการงอกสูงสุดได้ ทั้งในสายพันธุ์สีดำและสายพันธุ์สีน้ำตาลที่ 79% และ 62% ตามลำดับ (Sawatdikarn, 2009) สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในเมล็ดบัวถาดที่สามารถงอกได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีแสงสว่าง แสดงให้เห็นว่าแสงสว่างไม่ได้ส่งเสริมการงอกของเมล็ดในบัวชนิดนี้ (Imanishi และ Imanishi, 2014) เช่นเดียวกันกับวิธีการแช่แข็งและการทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดแตกหักไม่ได้เพิ่มความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าของ fragrant waterlily (*Nymphaea odorata* Ait.) (Else และ Riemer, 1984) เมื่อทดลองกระตุ้นการงอกของเมล็ดบัวถาดด้วยการแช่ในน้ำมะพร้าวตั้งแต่ 0%, 25%, 50% และ 100% (v/v) ร่วมกับการบ่มภายใต้สภาพความชื้นไม่ได้ชักนำให้เกิดการงอกของเมล็ดที่เพาะเลี้ยงในสภาพโรงเรือน เนื่องจากว่าภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสอาจจะยืดอายุการพักตัวของคัพภะภายในเมล็ด นอกจากนี้เมล็ดที่ถูกบ่มเพาะภายใต้อุณหภูมิแวดล้อมที่สูงกว่า 25 องศาเซลเซียสโดยไม่ได้แช่ในน้ำมะพร้าวให้อัตราการงอกและการรอดชีวิตของต้นกล้ามากที่สุดที่ 60% และยังกระตุ้นการสร้างยอดอ่อน (23.33%) และราก (13.33%) ได้ดีอีกด้วย โดยปกติน้ำมะพร้าวจะถูกนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งตามธรรมชาติในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อพืช จากรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่าการแช่เมล็ด *Tetrapleura tetraptera* (Schum. & Thonn.) ในน้ำมะพร้าวเป็นเวลา 30 นาที สามารถช่วยกระตุ้นการงอก การเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นกล้าได้ดีขึ้น และยังถูกแนะนำให้เป็นสารกระตุ้นก่อนการเพาะเมล็ดในพืชชนิดนี้ (Omokhua และคณะ, 2015) โดยในน้ำมะพร้าวจะเป็นแหล่งของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกลุ่มไซโตไคนินที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช แต่ในการศึกษานี้พบว่าการแช่เมล็ดบัวถาดในน้ำมะพร้าวในที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนนำไปเพาะ

เป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดที่เพาะเลี้ยงในสภาพโรงเรือน อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ดังรูปที่ 2) ทั้งนี้การทดลองแช่ในน้ำมะพร้าวก่อนนำไปเพาะอาจไม่มีความจำเป็นสำหรับการกระตุ้นการงอกของเมล็ดบัวถาด

สรุปผล

การตัดเปลือกหุ้มเมล็ดร่วมกับการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะที่มีแสงสว่างส่งผลที่ดีที่สุดสำหรับทำลายการพักตัวของเมล็ดบัวถาด โดยอัตราการงอกสูงสุดของเมล็ดที่เพาะเลี้ยงในสภาพโรงเรือน คือ 46.67% ในขณะที่การไม่แช่ในน้ำมะพร้าวและเพาะเลี้ยงในสภาวะอุณหภูมิห้องช่วยกระตุ้นการงอกและการรอดชีวิตของต้นกล้าได้สูงสุด คือ 60% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณและตัวอย่างเมล็ดบัวถาดจากพิพิธภัณฑ์บัว ฝ่ายภูมิทัศน์ กองอาคารสถานที่ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

Ajaib, M., Khan, Z-U-D, Khan, N. and Wahab, M., 2010, *Euryale ferox* Salisb. of the family Nymphaeaceae: An addition to The Flora of Pakistan, Pak. J. Bot., 42(5): 2973-2974.

Else, M.J. and Riemer, D.N., 1984, Factors Affecting Germination of Seeds of Fragrant Waterlily (*Nymphaea odorata*), J. Aquat. Plant Manage., 22: 22-25.

Imanishi, A. and Imanishi, J., 2014, Seed dormancy and germination traits of an endangered aquatic plant species, *Euryale ferox* Salisb. (Nymphaeaceae), Aquatic Botany, 119: 80-83.

Jain, A., Singh, H.B. and Kanjilal, P.B., 2010, Economics of Foxnut (*Euryale ferox* Salisb.) cultivation: A case study from Manipur in North eastern India, Indian Journal of Natural Products and Resources, 1(1): 63-67.

Lee, S.E., Ju, E.M. and Kim, J.H., 2002, Antioxidant activity of extracts from *Euryale ferox* seed, Experimental and Molecular medicine, 34(2): 100-106.

Mandal, R.N., Saha, G.S. and Sarangi, N., 2010, Harvest and processing of Makhana (*Euryale ferox* Salisb.)-An unique assemblage of Traditional Knowledge, Indian Journal of Traditional Knowledge, 9(4): 684-688.

Masram, P., Patel, K.S., Kori, V.K. and Rajagopala, S., 2015, Makhana (*Euryale ferox* Salisb.)-A Review, Int. J. Ayu. Pharm. Chem., 4(2): 69-76.

Omokhua, G.E., Aigbe, H.I. and Ndulue, N.B., 2015, Effects of Pre-Germination Treatments on the germination and early seedling growth of *Tetrapleura tetraptera* (Schum. & Thonn.), International Journal of Scientific & Technology Research, 4(3): 160-164.

Parray, J.A., Kamilli, A.N., Qadri, R., Hamid, R. and Teixeira da Silva, J.A., 2010, Evaluation of Antibacterial Activity of *Euryale ferox* Salisb., a Threatened Aquatic Plant of Kashmir Himalaya, Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 4(1): 80-83.

Qaiser, M., 1993, Flora of Pakistan (Fascicle series). Nymphaeaceae, No. 195. (Eds.): S.I. Ali and M. Qaiser. Department of Botany, University of Karachi, 1-3.

Sawatdikarn, S., 2009, Breaking Seed Dormancy in *Parkia timoriana* (DC.) Merr., Agricultural Sci. J., 40(3)(Suppl.): 161-164.

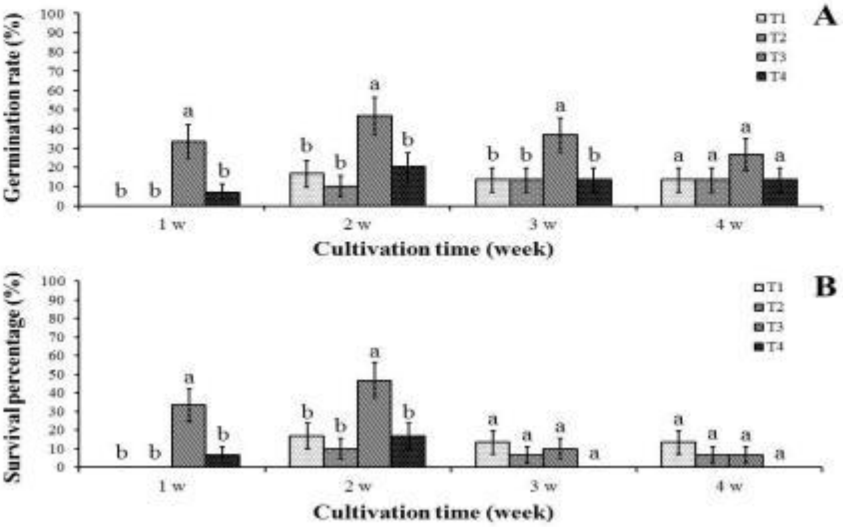


Figure 1 Influences of clipping method in combination with or without lighting on germination rate (A) and percent of survival (%) (B) of *in vivo* germinated seeds of *E. ferox* after 1, 2, 3 and 4 weeks of culture.

Treatment no. 1 (T1): Unclipped seed + Light condition

Treatment no. 2 (T2): Unclipped seed + Dark condition

Treatment no. 3 (T3): Clipped seed + Light condition

Treatment no. 4 (T4): Clipped seed + Dark condition

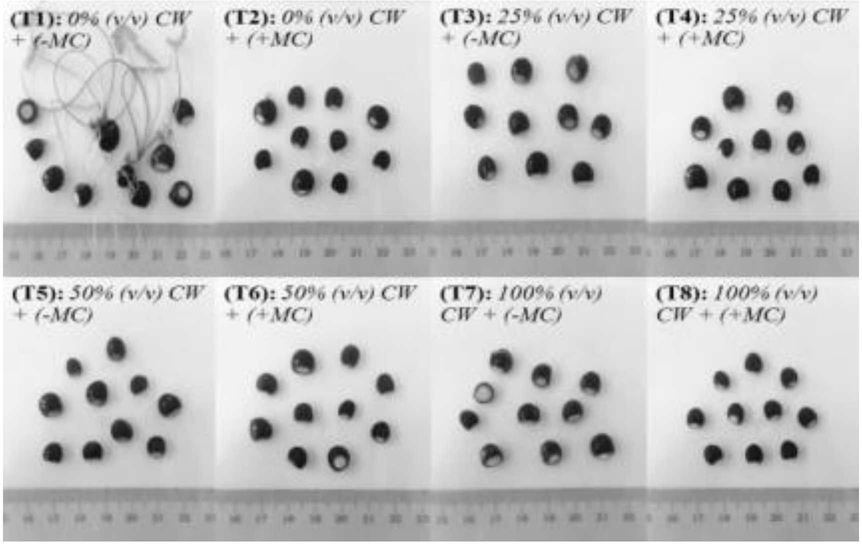


Figure 2 Characteristics of *in vivo* cultured seeds of *E. ferox* in the experiment no. 2, (T1-T8).

Treatment no. 1 (T1): 0% (v/v) coconut water + without moist chilling (-MC)

Treatment no. 2 (T2): 0% (v/v) coconut water + with moist chilling (+MC)

Treatment no. 3 (T3): 25% (v/v) coconut water + without moist chilling (-MC)

Treatment no. 4 (T4): 25% (v/v) coconut water + with moist chilling (+MC)

Treatment no. 5 (T5): 50% (v/v) coconut water + without moist chilling (-MC)

Treatment no. 5 (T6): 50% (v/v) coconut water + with moist chilling (+MC)

Treatment no. 5 (T7): 100% (v/v) coconut water + without moist chilling (-MC)

Treatment no. 5 (T8): 100% (v/v) coconut water + with moist chilling (+MC)

ผลของวิธีการตัดแบ่งและการชำต่อการขยายพันธุ์บัวดิน (*Zephyranthes* 'Bangkok Yellow')
Effect of Cutting and Rooting Method in Rain Lily (*Zephyranthes* 'Bangkok Yellow') Propagation

วุฒิพงษ์ แปงใจ[1]
Pangjai, W.[1]

Abstract*

The increase of a bulbil number during Rain lily propagation was studied by cutting the shoot tip 0% (control), 25% and 50% of the bulb, and then dividing into 6 equal segments. Cutting sections were rooted on media by vertical, horizontal, or upside-down orientations. The largest number of emerging bulbils was found in the treatment of 25% cutting with vertical propagation (2.70 bulbils/segment), while treatment of 50% cutting with upside-down propagation produced the lowest number of bulbils (1.32 bulbils/segment). Moreover, the length of new leaves was decreased when more portion of shoot tip was removed. The leaf length of upside-down propagation of all cutting sizes was reduced by 9 and 7 times as compared to horizontal and vertical propagation, respectively. Thus, the method in which shoot tip was removed by 25% to disrupt the balance of endogenous hormones and rooting by vertical orientation was proper for Rain lily propagation by the cutting method.

Keywords: rain lily, cutting method, plant propagation

บทคัดย่อ*

การศึกษาการเพิ่มจำนวนหัวลูกของบัวดินในการขยายพันธุ์ด้วยวิธีตัดแบ่ง ทำโดยตัดส่วนปลายของหัวบัวดินออกร้อยละ 0 (ควบคุม), 25 และ 50 จากนั้นแบ่งเป็น 6 ซีกที่เท่ากันแล้วนำไปชำในแนวตั้ง แนวนอน หรือกลับหัว พบการสร้างหัวลูกต่อหัวแม่สูงที่สุดเมื่อตัดส่วนปลายออกร้อยละ 25 ร่วมกับการชำในแนวตั้ง (2.70 หัวลูก/ซีก) ส่วนการตัดส่วนปลายออกร้อยละ 50 ร่วมกับการชำกลับหัวให้จำนวนหน่อลูกต่อหัวแม่ต่ำที่สุด (1.32 หัวลูก/ซีก) นอกจากนี้พบว่าความยาวใบลดลงเมื่อตัดส่วนปลายของหัวบัวดินออกมากขึ้น และพบว่าการชำซีกทั้ง 3 ขนาดในทิศทางกลับหัวทำให้การเจริญลดลง 9 และ 7 เท่า เมื่อเทียบกับการวางในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับ ดังนั้นการตัดส่วนปลายออกร้อยละ 25 เพื่อทำลายสมดุลฮอร์โมนของหัวบัวดินร่วมกับการชำในแนวตั้งจึงมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการขยายพันธุ์บัวดินด้วยวิธีตัดแบ่ง

คำสำคัญ: บัวดิน วิธีตัดแบ่ง การขยายพันธุ์พืช

คำนำ**

บัวดินเป็นไม้ดอก หัวเป็นลำต้นใต้ดินชนิดบัลบ์ (bulb) ชนิด tunicate ที่มีเปลือกบาง (tunic) สีดำหรือน้ำตาลห่อหุ้มอยู่ภายนอก จัดอยู่ในวงศ์พลับพลึง (Amaryllidaceae) มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง อเมริกาใต้และเม็กซิโก (Meerow และคณะ, 1999) สีดอกเกิดจากการรวมของสีเหลือง แดง และขาว (Flagg, 2014) ปัจจุบันบัวดินนิยมปลูกมากขึ้น ราคาของบัวดินจึงสูง และไม่สามารถผลิตทันต่อความต้องการของตลาด ถึงแม้การขยายพันธุ์ไม้หัวมีหลายวิธี เช่น การบากหัว (scoring) การชำกลีบ (scaling) แต่สำหรับบัวดินที่เป็นไม้หัวขนาดเล็ก กลีบแน่น การขยายพันธุ์ด้วยวิธีตัดแบ่งหัว (cutting) เป็นวิธีที่เหมาะสม ง่าย รวดเร็ว ประหยัดเวลา และสามารถให้หัวลูกจำนวนมากกว่าวิธีคว้านหัว (scooping) (Kharrazi และคณะ, 2017) การตัดแบ่งหัวจึงเหมาะสมกว่าวิธีอื่น

วิธีตัดแบ่งเป็นที่นิยมและประสบความสำเร็จในพืชหัว เช่น ว่านสี่ทิศ (Zhu และคณะ, 2005) การตัดแบ่งหัวชักนำให้ฮอร์โมนพืช (phytohormone) ขาดความสมดุล โดยเฉพาะฮอร์โมน auxin ที่สร้างบริเวณปลายยอด ที่จะมีปริมาณลดลงเมื่อทำการตัดแบ่ง จึงทำให้ฮอร์โมน cytokinin มีปริมาณมากกว่าฮอร์โมน auxin และชักนำให้มีการสร้างหน่อที่ตาข้าง (Bopp และ

[1]สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ต.ประตูชัย อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[1]Plant Production Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, No. 96, Phranakhon Si Ayutthaya, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000
****

Jacob, 1986; Su และคณะ, 2011) นอกจากนี้การลดลงของ auxin ยังทำให้เกิดการย่อยสลายแป้งไปเป็นน้ำตาลกลูโคส (starch hydrolysis) และอัตราการหายใจ (respiration) ลดลงอีกด้วย (Khodorova และ Boitel-Conti, 2013) ใน *Erythronium americanum* พบการลดลงของแป้งและโปรตีนระหว่างการเจริญเติบโต (Gandin และคณะ, 2011) นอกจากนั้นขนาดของซีกที่ตัดส่งผลต่อจำนวนหัวลูก เช่นเดียวกับขนาดของหัวแม่และน้ำหนักสดของหัวแม่ (Witomska และคณะ, 2005) จากการรายงานของ Jamil และคณะ (2014) พบว่าเมื่อขนาดของซีกลดลง จะทำให้ความยาวและความกว้างของใบว่านสี่ทิศ (*Hippeastrum hybridum* Hort.) ลดลงด้วย เช่นเดียวกับขนาดของหัวลูกของว่านสี่ทิศ (*Hippeastrum × johnsonii*) มีขนาดเล็กลงเมื่อใช้ซีกที่มีขนาดเล็กลง (Kharrazi และคณะ, 2017) การชำในทิศทางกลับยังส่งผลกระทบต่อการขนส่ง การกระจายตัวและการตอบสนองของฮอร์โมน และส่งผลต่อการทำงานของสารควบคุมการเจริญเติบโตอื่น ๆ จึงทำให้ปริมาณของฮอร์โมน indole acetic acid (IAA) ที่อยู่บริเวณตาข้างลดลง และส่งเสริมการสร้างตาดอกให้เกิดขึ้น อีกทั้งยังสามารถระงับการสร้างฮอร์โมน gibberellins ที่ทำให้การสร้างตาดอกลดลงแต่เพิ่มตำแหน่งดอกมากขึ้น (Zhang และคณะ, 2015)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดซีกและวิธีการชำที่เหมาะสมสำหรับขยายพันธุ์บัวดินด้วยการตัดแบ่ง ที่สามารถชักนำให้เกิดการสร้างหน่อใหม่จำนวนมากและให้ได้ต้นที่เจริญเติบโตดีที่สุด ด้วยวิธีที่ง่าย ราคาถูกและเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริง

อุปกรณ์และวิธีการ**

นำหัวบัวดิน (*Zephyranthes* 'Bangkok Yellow') ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร (Figure 1A) มาเตรียมก่อนการนำไปชำในวัสดุปลูก โดยดัดแปลงวิธีของ Rice และคณะ (2011) ทำโดยนำหัวบัวดินไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อที่เติมสารลดแรงตึงผิว 0.01% (v/v) แล้วตัดแบ่งหัวจากบนลงล่างจำนวน 6 ส่วนที่เท่ากัน จากนั้นตัดส่วนปลายของหัวออก 3 ระดับประกอบด้วย ตัดออกร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) ร้อยละ 25 และร้อยละ 50 (Figure 1B-D) แล้วลดปริมาณยางโดยแช่ในน้ำกลั่นปลอดเชื้อนาน 30 นาที และป้องกันการเกิดเชื้อราโดยแช่ในสารละลายเบโนมิล (benomyl) ความเข้มข้น 0.1% (w/v) นาน 15 นาที หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งนาน 30 นาที แล้วนำไปชำในวัสดุปลูกด้วยวิธีการชำ 3 แบบ ประกอบด้วยชำในแนวตั้ง (Figure 1E) แนวนอน (Figure 1F) หรือกลับหัว (Figure 1G) สำหรับการชำในแนวตั้งทำโดยปักซีกลงในวัสดุปลูกกระทั่งแกนลำต้น (basal plate) จมในวัสดุปลูก และการชำในแนวนอนทำโดยวางซีกโดยให้ส่วนแผลขนานกับวัสดุปลูก ส่วนการวางกลับหัวทำโดยปักส่วนปลายของหัวลงในวัสดุปลูกลึก 0.3 เซนติเมตรและหันส่วนแกนลำต้นขึ้นด้านบน โดยวัสดุปลูกประกอบด้วย พีสมอส:เพอไรท์:เวอมิคูไลท์ อัตราส่วน 2:1:1 ในถาดเพาะซึ่งบรรจุวัสดุปลูกหนา 3 เซนติเมตร ให้น้ำวันละ 1 ครั้ง ทำการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ประกอบด้วยขนาดซีก 3 ขนาด และวิธีการวางขณะชำ 3 รูปแบบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (3X3 factorial in completely randomized design) โดยแต่ละสิ่งทดลอง (treatment) ประกอบด้วย 30 ตัวอย่าง ทำการบันทึกจำนวนหน่อที่เกิดขึ้นและวัดความยาวของใบในสัปดาห์ที่ 6 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผล**

จากการศึกษาพบว่าวิธีการวางซีกขณะชำมีผลต่อการเจริญเติบโตของใบแรก โดยการชำในแนวตั้งและแนวนอน พบการเจริญเติบโตของใบแรกในวันที่ 12 ของการชำซีกทั้ง 3 ขนาด ในขณะที่การวางซีกกลับหัวมีใบแรกเกิดขึ้นในวันที่ 23 ของการชำซีกทั้ง 3 ขนาด แสดงให้เห็นว่าทิศทางของการชำส่งผลต่อระยะเวลาในการเกิดใบแรก ส่วนขนาดของซีกที่ใช้ชำไม่มีผล สอดคล้องกับการทดลองของ Jamil และคณะ (2014) ที่พบว่าการแบ่งหัวว่านสี่ทิศ (*Hippeastrum hybridum* Hort.) ตามยาวออกเป็นซีกขนาดแตกต่างกัน 5 ขนาด ไม่ทำให้จำนวนวันที่ปรากฏใบแรกในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกัน สำหรับความแตกต่างของจำนวนวันที่พบหัวลูกอาจเกิดจากส่วนของแกนลำต้นที่อยู่ในวัสดุปลูกได้รับความชื้นที่เหมาะสมจึงสร้างหัวลูกขึ้นก่อน แต่การให้ส่วนของแกนลำต้นอยู่เหนือวัสดุปลูก ความชื้นที่มีอยู่ในอากาศอาจไม่เหมาะสมต่อการสร้างหัวลูก (Leshem และคณะ, 1982) อย่างไรก็ตามในสภาพอากาศของสถานที่เพาะชำที่มีความชื้นสูงและพบการเข้าทำลายของเชื้อรา การชำด้วยการกลับหัวอาจช่วยแก้ปัญหาได้และต้องทดสอบต่อไป

เมื่อนำซีกที่ตัดส่วนปลายออก 3 ขนาดมาชำโดยใช้การวางที่แตกต่างกัน 3 แบบ พบว่าจำนวนหัวลูกจากการวางแต่ละแบบมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกันดังนี้ เมื่อไม่ตัดส่วนปลาย ตัดส่วนปลายออกร้อยละ 25 และตัดส่วนปลายออกร้อยละ 50 จำนวนหัวลูกเฉลี่ยอยู่ในระดับกลาง สูง ต่ำ ตามลำดับ (Figure 2A) แสดงให้เห็นว่าขนาดของซีกมีอิทธิพลต่อจำนวนหัวลูก ซึ่งอาจเป็นเพราะการตัดส่วนปลายซีกทำลายอิทธิพลของตายอดที่ข่มตาข้าง ทำให้เกิดความไม่สมดุลของฮอร์โมน auxin และ cytokinin (Shimizu-Sato และคณะ, 2009) แต่เมื่อตัดส่วนปลายออกร้อยละ 50 พบว่าจำนวนหน่อลูกต่ำลงอาจเนื่องจากปริมาณอาหารที่สะสมไว้ในใบ

กลีบ (fleshy leaf) ลดลง (Gandin และคณะ, 2011, Witomska และคณะ, 2005) ทำให้อาหารที่ใช้สำหรับสร้างหัวลูกลดลง ส่งผลให้จำนวนหัวลูกลดลงตามไปด้วย (María และคณะ, 2015) หากเปรียบเทียบจำนวนหัวลูกจากซีกบัวดินที่ขนาดเท่ากันจากการชำแต่ละวิธี พบว่าการชำในแนวตั้ง แนวนอน และกลับหัวส่งผลให้จำนวนหน่อที่สร้างอยู่ในระดับสูง กลาง และต่ำ ตามลำดับ (Figure 2A) ทั้งนี้อาจเกิดจากความชื้นที่หัวบัวดินได้รับแตกต่างกัน จึงอาจต้องทดสอบโดยการทดสอบทั้ง 3 วิธีในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นที่เท่ากันเพื่อตรวจสอบสมติฐานนี้ หรืออาจเกิดจากการความผิดปกติที่เกิดจากความสัมพันธ์ของแหล่งสร้างและการเคลื่อนที่ของฮอร์โมนเปลี่ยนแปลงไป (Zhang และคณะ, 2015)

เมื่อพิจารณาการเจริญของบัวดินโดยตรวจสอบความยาวของใบ พบว่าการชำซีกในแนวตั้งและแนวนอน ทำให้ความยาวใบเฉลี่ยของซีกที่ตัดส่วนปลายหัวออกทั้ง 3 ระดับมีค่า 3.5-5.0 เซนติเมตร โดยซีกที่ไม่ตัดส่วยปลายออกมีความยาวของใบมากที่สุด และหัวที่ตัดส่วนปลายออกออกร้อยละ 25 และร้อยละ 50 มีใบสั้นกว่า (Figure 2B) อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่พบอาจเกิดจากปริมาณของสารอาหารที่สะสมอยู่ในหัวมีปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้ขนาดของใบเป็นในทิศทางเดียวกันทั้งการชำในแนวตั้งและแนวนอน (Kharrazi และคณะ, 2017) ส่วนการชำซีกกลับหัวพบว่าใบมีความยาวใกล้เคียงกัน (0.5 เซนติเมตร) ในซีกทั้ง 3 ขนาด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเทียบกับการชำวิธีอื่น แสดงให้เห็นว่าทิศทางของการชำมีผลต่อความยาวของใบอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการชำซีกกลับหัวจะยับยั้งการเจริญเติบโตของราก (Figure 1J) เนื่องจากสมดุลฮอร์โมนเปลี่ยนแปลงไป (Ito และคณะ, 2014) และการชำซีกกลับหัวทำให้แกนลำต้น (basal plate) อยู่เหนือวัสดุปลูก รากจึงไม่สามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตของใบ (Rice และคณะ, 2011) แตกต่างจากการชำซีกในแนวตั้งและแนวนอนที่รากพัฒนาอย่างรวดเร็วและสัมผัสกับวัสดุปลูกโดยตรงตั้งแต่ระยะแรกของการสร้างรากซึ่งพบก่อนที่จะมีการสร้างใบ

สรุป

จำนวนวันที่ปรากฏใบแรก จำนวนหน่อลูกและการเจริญของใบที่ได้จากการขยายพันธุ์บัวดินด้วยวิธีตัดแบ่ง ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่จากวิธีชำ คือการวางในรูปแบบที่แตกต่างกัน ส่วนวิธีการตัดมีผลเพียงเล็กน้อย และพบว่าประสิทธิภาพของการขยายพันธุ์บัวดินด้วยวิธีตัดแบ่งมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อตัดส่วนปลายของหัวบัวดินออกร้อยละ 25 และชำในแนวตั้ง ซึ่งจะได้จำนวนหัวลูกสูงกว่าชุดการทดลองอื่นและการเจริญเติบโตอยู่ในระดับสูง

คำขอบคุณ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

Bopp, M. and Jacob, H.J., 1986, Cytokinin effct on branching and bud formation in Funaria, Planta, 169(3): 462–464.

Flagg, R.O., 2014, Rain-lilies (Amaryllidaceae) of U.S.A. and Mexico, Southeastern Biology, 61(1): 84-100.

Gandin, A., Gutjahr, S., Dizengremel, P. and Lapointe, L., 2011, Source–sink imbalance increases with growth temperature in the spring geophyte *Erythronium americanum*, Journal of Experimental Botany, 62(10): 3467–3479.

Ito, A., Yoshioka, H., Hayama, H. and Kashimura, Y., 2004, Reorientation of shoots to the horizontal position influences the sugar metabolism of lateral buds and shoot internodes in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nak.), The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79(3): 416-422.

Jamil, M.K., Rahman, M.M. and Rahman, M.M., 2014, Effect of bulb cutting and pot medium on propagation of hippeastrum (*Hippeastrum hybridum* hort.), Journal of Experimental Plants, 4(3): 123-132.

Kharrazi, M., Tehranifar, A., Nemati, H. and Bagheri, A., 2017, Vegetative propagation of amaryllis (*Hippeastrum × johnsonii*) by different cutting methods, Horticultural Science and Technology, 35(3): 373-380.

Khodorova, N.V. and Boitel–Conti, M., 2013, The role of temperature in the growth and flowering of geophytes, Plants, 2(4): 699–711.

Leshem, B., Lilien-Kipnis, H. and Steinitz, B., 1982, The effect of light and of explant orientation on the regeneration and subsequent growth of bulblets on *Lilium longiflorum* Thunb, bulb-scale sections cultured *in vitro*, Scientia Horticulturae, 17(2): 129-136.

María, A.R., Dagoberto, G-S., Oscar, G. V-T., Gabriel, V-T., Jorge, A-H., Victor, L-M. and Jesús, V-A., 2015, Bulb cutting methods to propagate *Hippeastrum hybridum* Hort., Revista Chapingo Serie Horticultura, 21(1): 57-69.

Meerow, A.W., Fay, M.F., Guy, C.L., Li, Q–B, Zaman, F.Q. and Chase, M.W., 1999, Systematics of Amaryllidaceae based on cladistic analysis of plastid sequence data, American Journal of Botany, 86(9): 1325–1345.

Rice, L.J., Finnie, J.F. and Staden-Van, J., 2011, *In vitro* bulblet production of *Brunsvigia undulata* from twin-scales, South African Journal of Botany, 77(2): 305-312.

Shimizu-Sato, S., Tanaka, M. and Mori, H., 2009, Auxin-Cytokinin interactions in the control of shoot branching, Plant Molecular Biology, 69(4): 429-35.

Su, Y.H., Liu, Y.B. and Zhang, X.S., 2011, Auxin–Cytokinin interaction regulates meristem development, Molecular Plant, 4(4): 616–625.

Witomska, M., Ilczuk, A. and Zalewska, I., 2005, Effect of cutting size on propagation efficiency of *Hippeastrum x Chmielii* by scale cuttings, Propagation of Ornamental Plants, 5(4): 205-209.

Zhang, M., Han, M., Ma, F. and Shu, H., 2015, Effect of bending on the dynamic changes of endogenous hormones in shoot terminals of 'Fuji' and 'Gala' apple trees, Acta Physiologiae Plantarum, 37: 76.

Zhu, Y., Liu, K.S. and Yiu, J.C., 2005, Effect of cutting method on bulb production of *hippeastrum hybridum* in Taiwan, Acta Horticulturae, 673: 531-535.

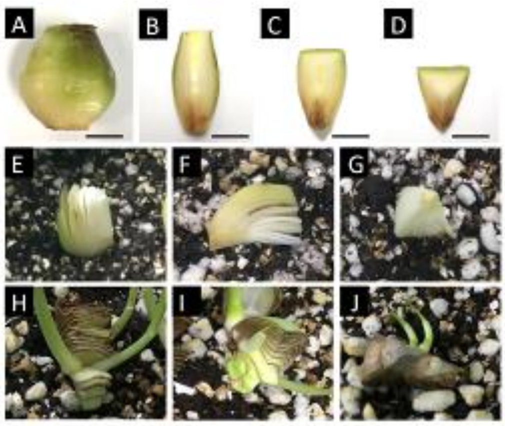


Figure 1 Bulb of *Zephyranthes* 'Bangkok Yellow' (A). Bulb was cut into sections and the shoot tip was removed 0% (B), 25% (C) and 50% (D) of the bulb (bar = 1 cm). The rooting orientation comprises vertical (E), horizontal (F), and upside-down orientations (G). 60-day-old bulbils emerge from 25% cutting when it was propagated by vertical (H), horizontal (I), and upside-down orientations (J).

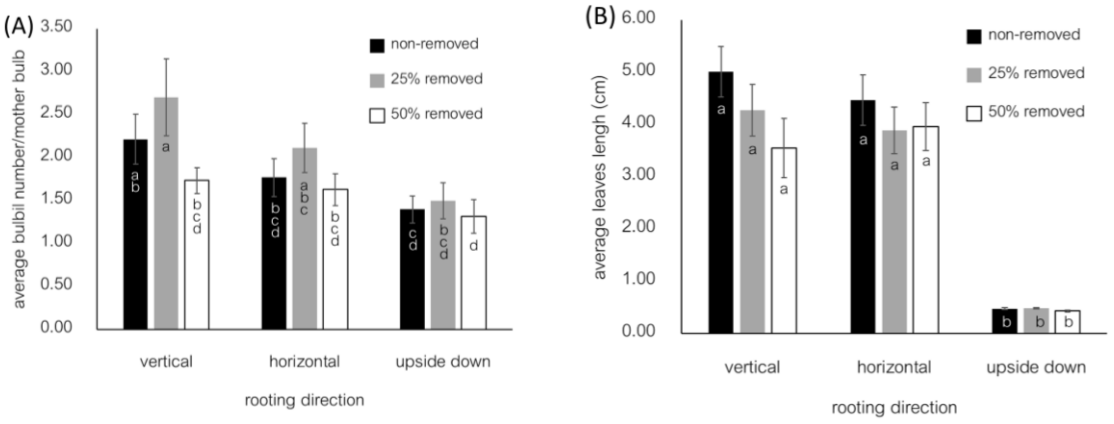


Figure 2 Bulbil number (A) and leaf length (B) from 3 cutting sizes combination with 3 rooting orientations after rooted on media for 6 weeks.

การทดสอบความงอกของเมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมเอทรานส์
Seed Germination Test of *Nymphaea gigantea* 'Atrans' Hybrid

เยาวมาลย์ น้อยใหม่[1] รุจิรา เดชสูงเนิน[1] และ รัชตา ทนวิทูวัตร[2]
Noimai, Y[1], Dechsoongneon, R[1] and Tonwitowat, R[2]

Abstract

Nymphaea gigantea 'Atrans' hybrid seeds was struggled with physiological dormancy. The aim of this study was to explore the seed germination in 3 periods during storage for 7-9 months. Frist, the seed viability was done by TZ and EC test according to the ISTA regulation. Consequently, seed germination was tested by soaking in KNO_3 at different 4 concentrations of 0, 0.1, 0.2 and 0.5% for 2 weeks and distilled water 10 weeks. The experiment was managed in CRD with 3 replications and was conducted at a greenhouse of the Lotus and Waterlily Museum, RMUTT between October 2016 and January 2017. Results showed that seeds from 7 months storage tended to get highest seed viability (53.33%) which was correlated to both seed vigor values from TZ and EC test. In addition, seeds soaked in 0.1% and 0.5% KNO_3 for breaking dormancy got 18.33% of normal seedling after 8 weeks of testing.

Keywords: *Nymphaea gigantea* 'Atrans' hybrid, seed germination test, TZ test, EC test

บทคัดย่อ

เมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์มีปัญหาการงอกและการพักตัวทางสรีรวิทยา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความงอกของเมล็ดใน 3 ช่วงอายุการเก็บรักษา 7-9 เดือน โดยทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงด้วยวิธีย้อมด้วยเกลือเตตราโซเลียมและการวัดการนำไฟฟ้าตามกฎเกณฑ์ของ ISTA สำหรับการทดสอบความงอกของเมล็ดใช้แช่ในสารละลาย KNO_3 4 ระดับ 0, 0.1, 0.2 และ 0.5% เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้วแช่ในน้ำกลั่น 10 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ทดสอบ ณ เรือนทดลอง พิพิธภัณฑ์บัวมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ระหว่างตุลาคม 2559 ถึง มกราคม 2560 ผลการทดลองพบว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 เดือน มีแนวโน้มความมีชีวิตสูงสุด 53.33% สัมพันธ์กับค่าการทดสอบด้วยวิธีย้อมด้วยเกลือเตตราโซเลียมและการวัดการนำไฟฟ้า ส่วนการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.1% และ 0.5% เพื่อแก้การพักตัวของเมล็ดได้ต้นกล้าปกติเพียง 18.33% หลังการทดสอบ 8 สัปดาห์

คำสำคัญ: บัวยักษ์ลูกผสมเอทรานส์ การทดสอบความงอก การย้อมด้วยเกลือเตตราโซเลียม การวัดการนำไฟฟ้า

คำนำ

บัวเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ บัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์ (*Nymphaea gigantea* 'Atrans' hybrid) อยู่ในสกุล *Nymphaea* วงศ์ Nymphaeaceae ลูกผสมระหว่างบัวยักษ์ออสเตรเลียม่วง (*Nymphaea gigantea* var. Violacea) และบัวยักษ์เอทรานส์ (*Nymphaea gigantea* Atrans) เป็นบัวก้านอ่อน ลักษณะของกอ ใบ ลำต้น และก้านมีขนาดใหญ่ ดอกรูปถ้วย เส้นผ่าศูนย์กลาง 5-8 นิ้ว ดอกเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเมื่อแรกบานเป็นสีชมพูถึงแดงในวันต่อมา สามารถบานได้ 5-6 วัน เป็นบัวที่กำลังได้รับความนิยมและมีราคาแพง แต่การขยายพันธุ์ทำได้น้อย เนื่องจากบัวลูกผสมขยายพันธุ์ทางธรรมชาติได้ยาก การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดมีปัญหาการพักตัวเกี่ยวกับเวลา (Sumlu และคณะ, 2014) จากการศึกษาของ Dalziell (2016) ศึกษาการพักตัวและการงอกของบัวยักษ์ออสเตรเลีย 6 สายพันธุ์ พบการพักตัวของเมล็ดจากลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยา ซึ่งบัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์ มีปัญหาการงอกต่ำและมีการพักตัวเช่นเดียวกัน ตามกฎเกณฑ์ของ ISTA (International Rules for Seed Testing, 1985) การทดสอบความมีชีวิตทางชีวเคมีโดยวิธีเตตราโซเลียม (TZ Test) โดยการย้อมด้วย 2,3,5 triphenyl tetrazolium chloride ความเข้มข้น

---

[1] ฝ่ายพิพิธภัณฑ์บัว กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
[1]The Lotus and Waterlily Museum, Division of Building and Facilites, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Mhu 1, Rangsit-Nakhonnayok Rd., KlongHok, ThanyaburiPathumthani 12110
[2] คณะเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
[2]Faculty of Agricultural Technology ,Rajamangala University of Technology Thanyaburi,2 Phaholyothin 87 Soi 2 Prachathipat, ThanyaburiPathumthani 12130

0.1% เป็นการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดจีเนส (dehydrogenase) ซึ่งในเซลล์ของเนื้อเยื่อที่มีชีวิตจะติดสีแดง (วสุ และคณะ, 2547) การทดสอบความแข็งแรงของต้นอ่อนของเมล็ด เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ด เพื่อประเมินความแข็งแรง ค่าความงอก ความสามารถในการเก็บรักษา และการวางแผนการปลูก โดยวิธีการวัดการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) เมล็ดที่มีคุณภาพดีจะมีการรั่วไหลของสารไม่มาก ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ส่วนเมล็ดที่มีการเสื่อมของผนังเซล จะทำให้สารต่างๆ รั่วไหลออกมา ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูง การทดสอบความงอกเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ด เพื่อให้ทราบถึงจำนวนและความสามารถในการงอก ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การงอก (ISTA, 1985) ในการทดสอบการงอกเมล็ดบางชนิด แม้ว่าจะเพาะในสภาวะที่เหมาะสมแต่เมล็ดไม่ยอมงอกแสดงว่าเมล็ดมีการพักตัว การทำลายการพักตัวของเมล็ดมีหลายวิธี การใช้สารโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) เป็นวิธีการกระตุ้นการงอกและทำลายการพักตัวของเมล็ดที่มีเปลือกแข็งและไม่ยอมให้อากาศผ่านได้ พิจิตรา และคณะ (2556) ศึกษาการกระตุ้นการงอกของเมล็ด *Dilenia indica* L. พบว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2% นาน 12 ชั่วโมง เมล็ดงอกสูงสุด 93% ซึ่งสารไนเตรทที่เมล็ดดูดเข้าไปจะช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนและการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น มีผลให้การงอกเร็วขึ้น (พจนา และบุญมี, 2549) เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบความความงอกของเมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความงอกของเมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมเอทรานส์ โดยการทดสอบความมีชีวิต (TZ Test) ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดโดยการวัดการนำไฟฟ้า (EC Test) และทดสอบความงอกด้วยสารละลาย KNO_3 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเพาะและขยายพันธุ์บัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์ด้วยเมล็ดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

นำเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษา 7, 8 และ 9 เดือน (เก็บเมล็ดเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2559 ล้างเจลาตินที่เคลือบเมล็ดออก เก็บไว้ในขวดแก้วปิดฝา อุณหภูมิ 4°C) ทดสอบความมีชีวิตโดยวิธีเตตราโซเลียม (Sumlu และคณะ, 2014) สุ่ม 30 เมล็ดแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 10 เมล็ด ผ่าเมล็ดเป็น 2 ส่วนโดยไม่แกะเปลือกเมล็ด นำหนึ่งส่วนแช่ในสารละลายเตตราโซเลียม ความเข้มข้น 0.1% นาน 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ในสภาพไม่ให้แสง ตรวจสอบลักษณะการติดสีของเมล็ดและคำนวณร้อยละการมีชีวิต ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดโดยวิธีการวัดการนำไฟฟ้า (Matthews และ Powell, 2006) สุ่ม 100 เมล็ด ทำการทดลอง 4 ซ้ำๆ ละ 25 เมล็ด ชั่งน้ำหนักเมล็ดและแช่ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 20°C นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง Conductivity meter คำนวณค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดต่อน้ำหนักหนึ่งกรัม และทดสอบความงอกด้วยสารละลาย KNO_3 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 4 ความเข้มข้น คือ 0, 0.1, 0.2 และ 0.5% ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 20 เมล็ด โดยแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นนำเมล็ดมาเพาะในน้ำกลั่นเป็นเวลา 10 สัปดาห์ บันทึกการงอกของเมล็ดเป็นเวลา 12 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี One-way ANOWA, F-test, Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการทดสอบความงอกของเมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์ ที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกัน พบแนวโน้มความมีชีวิตสูงสุด 53.33% ในเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 เดือน ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่การเก็บรักษา 8 และ 9 เดือน เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตเท่ากับ 46.67 และ 40.0 ตามลำดับ (Table 1) จากข้อมูลเบื้องต้นอัตราการมีชีวิตและการงอกของเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยว พบความมีชีวิต 80% แต่ความงอกเป็นศูนย์ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกันมีผลต่อความมีชีวิตของเมล็ด คือเมื่อเมล็ดถูกเก็บไว้นาน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลง ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Sumlu และคณะ (2014) พบการงอกของเมล็ด *Nymphaea* Alba L. ลดลงเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 เดือน และสอดคล้องกับ Dalziel (2016) การเก็บเมล็ดที่อุณหภูมิต่ำ (4°C) นานกว่า 6 เดือน ทำให้ความมีชีวิตของเมล็ดบัวยักษ์ออสเตรเลียลดลง โดยลักษณะการติดสีของเนื้อเยื่อจะติดบริเวณเอมบริโอ (Figure 1) ซึ่งเป็นโครงสร้างของเมล็ดที่มีชีวิตที่มีการหายใจ แล้วปลดปล่อยก๊าซไฮโดรเจนไปทำปฏิกิริยากับสารเตตราโซเลียมซึ่งไม่มีสีเป็นสีแดงของ formazan (Souza และคณะ, 2010) และเมื่อทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดโดยการวัดการนำไฟฟ้า พบว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 9 เดือน มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด 6.14 $\mu scm^{-1}g^{-1}$ รองลงมาคือเมล็ดที่เก็บรักษา 7 และ 8 เดือน เท่ากับ 4.92 และ 2.13 $\mu scm^{-1}g^{-1}$ ตามลำดับ (Table 1) ค่าการนำไฟฟ้าไม่แตกต่างทางสถิติ เนื่องจาก EC Test เป็นการวัดผลโดยรวมไม่สามารถวัดทีละเมล็ดได้ ซึ่งเมล็ดที่สุ่มมาวัดอาจไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของเมล็ดทั้งหมด จากผลการทดสอบค่าการนำไฟฟ้าแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเมล็ด ระดับความเสื่อมสภาพของเมล็ด และใช้สำหรับประเมินความแข็งแรงของเมล็ดได้

(Fessel และคณะ, 2006) เมล็ดที่มีคุณภาพดีต้องมีความแข็งแรงสูง ความแข็งแรงของเมล็ดมีความสัมพันธ์กับความเสื่อมสภาพของเมล็ดซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้ความเสื่อมสภาพจะเกิดช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดพืช ความชื้น และอุณหภูมิของการเก็บรักษาด้วย (โสภิตา, 2546) เมื่อพิจารณาความงอกของเมล็ดโดยใช้สารละลาย KNO_3 พบว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 เดือน งอกสูงสุด 15.0% ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.1% และงอก 3.33% ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5% หลังการเพาะ 5-8 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์ความงอกมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษา 8 และ 9 เดือน พบเปอร์เซ็นต์ความงอก 1.67 และ 3.33 โดยเมล็ดเริ่มงอกในสัปดาห์ที่ 5 และ 10 ส่วนชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้สารละลาย KNO_3 ไม่พบการงอกในทุกการทดลอง (Table 2) จะเห็นได้ว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 เดือน ยังมีความงอกแต่งอกเพียง 18.33% ซึ่งวิธีนี้อาจใช้ไม่ได้ผลในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์ เพราะเปอร์เซ็นต์การงอกน้อยมาก เมล็ดที่ไม่งอกส่วนใหญ่พบว่าเป็นเมล็ดที่ดูดซึมน้ำแต่ไม่ยอมงอก แสดงว่าเมล็ดมีการพักตัว วิธีแก้การพักตัวให้ได้ผลอาจต้องใช้วิธีทางกายภาพ เช่น การทำให้เมล็ดเกิดบาดแผล เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้เมล็ดสามารถดูดซึมออกซิเจนได้ดีขึ้น เมื่อพิจารณาความงอกกับความมีชีวิตของเมล็ดพบว่าความมีชีวิตสูงกว่าความงอกในทุกการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดที่มีการพักตัวแม้จะทำลายการพักตัวยังพบเมล็ดไม่งอก (Dalziel, 2016) อย่างไรก็ตามสารละลาย KNO_3 ช่วยทำให้เมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์งอกได้โดยช่วยกระตุ้นให้เมล็ดมีการดูดซึมออกซิเจนได้ดี มีผลให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเมล็ดไม่งอก

สรุป

อายุการเก็บรักษามีผลต่อความมีชีวิต ความแข็งแรง และความงอกของเมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์ โดยเมล็ดที่เก็บรักษานานทำให้ความมีชีวิต ความแข็งแรง และความงอกลดลง เมล็ดใช้เวลาในการงอกนานขึ้น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น จึงควรศึกษาปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติม ได้แก่ สภาวะที่เหมาะสมต่อการงอก การกระตุ้นการงอกโดยวิธีอื่นที่ช่วยลดการพักตัวและเพิ่มความงอกของเมล็ดบัวยักษ์ลูกผสมสายพันธุ์เอทรานส์ได้มากขึ้น เช่น การแกะเปลือกหุ้มเมล็ด การฝนหรือการสะกิดเมล็ด การแช่น้ำร้อน การแช่ในกรด การใช้สาร GA_3 และการลดระยะเวลาในการแช่ด้วยสารละลาย KNO_3 เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่อง Conductivity Meter

เอกสารอ้างอิง

พจนา สีขาว และ บุญมี ศิริ, 2549, ผลของการคัดแยกโดยใช้ของเหลวและการกระตุ้นการงอกของเมล็ดเปียกด้วยสารเคมีต่างชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวาน, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 37(6): 177-180.

พิจิตรา แก้วสอน สุรศักดิ์ เกษมสิริสวัสดิ์ ปริยานุช จุลกะ และ จำนอง โสมกุล, 2556, การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาด (*Dilenia indica* L.) ด้วย น้ำ GA_3 และ KNO_3, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 44 ฉบับที่ 2 (พิเศษ): 85-88.

วสุ อมฤตสุทธิ์ ลักขณา จันจั่น และ ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2547, ความเป็นพิษของสารละลายเตตราโซเลียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 และ ชม.60, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 กรุงเทพฯ : 48-55.

โสภิตา คำหาญ, 2546, ความเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการเกษตร วิชาเอกพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Dalziell, E.L., 2016, Seed Biology and *ex situ* Storage Behaviour of Australian *Nymphaea* (Water lilies): Implications for Conservation, School of plant Biology, The University of Western Australia.

Fessel, S.A., Vieira, R.D. and Mara Pessoa da Cruz, M.C., 2006, Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage, Pesq. agropec. Bras., Brasilia, 41(10): 1551-1559.

ISTA, 1985, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology, 13(2): 299-355.

Matthews, S. and Powell, A., 2006, Electrical Conductivity Vigour Test: Physiological Basis and Use, Seed Testing International No.131: 32-35.

Souza, C.R.D, Ohlson, O.D. C, Gavazza, M.I.A. and Panobianco, M. 2010, Tetrazolium Test for Evaluating Triticale Seed Viability. Revista Brasileira de Sementes, 32(3): 163-169.

Sumlu, S., Atar H. H. and Khawar, K.M., 2014, Breaking Seed Dormancy of Water Lily (*Nymphaea Alba* L.) Under *In Vitro* Conditions, Biotechnology and Biotechnological Equipment, 24(1): 1582-1586.

Sunian, E., 2004, Development of Sterilisation Procedures and In vitro studies of *Nymphaea lotus*, Master Thesis, Faculty of Agriculture, University Putra, Malaysia.

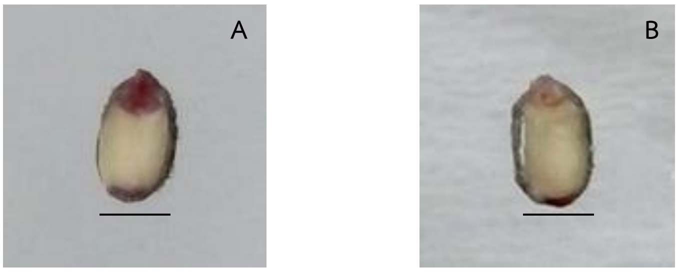


Figure 1 Seed viability (TZ Test) then stained with 0.1% 2,3,5 triphenyl tetrazolium chloride for 8 hours (A), viable seed showing (B), nonviable seed, scale bar = 2 mm.

Table 1 Percentage of seed viability (TZ Test) and electrical conductivity.

Storage period (months)	Seed viability (%)	Electrical Conductivity (µscm^{-1}g^{-1})
7	53.33	4.92
8	46.67	2.13
9	40.00	6.14
F-test	ns	ns
CV%	0.52	2.55

ns, non-significant at p≤0.05 level respectively

Table 2 Seed germination percentage of storage period with solution 4 concentrate KNO_3 soak for 2 weeks and distilled water 10 weeks.

Concentrate of KNO_3 (%)	Storage period (months)		
	7	8	9
0	0.00c	0.00	0.00
0.1	15.00a	0.00	3.33
0.2	0.00c	1.67	0.00
0.5	3.33b	0.00	0..00
F-test	*	ns	ns
CV%	3.67	1.00	2.03

ns, * non-significant or significant at p≤0.05 level respectively, [1/] Mean separated by different letters are significantly different by DMRT.

การปลูกผักสลัดในวัสดุปลูกแทนดินโดยไม่ใช้สารเคมีสำหรับชุมชนเมือง
Lettuce Grown in Soilless Media for Urban Community without Chemical Application

วสุ สันติมิตร[1]
Santimitra, V.[1]

Abstract

This study was aimed to find out the appropriate planting method of lettuce in soilless for urban community area. The experimental design was RCB-Split-split plot, factors were two irrigation methods (drip and sprinkler irrigation), three organic fertilizer rates (30, 40 and 50%) and three lettuce varieties (Red oak, Red coral and Green butterhead). The results were shown that drip irrigation method succeeded in fresh weight over than sprinkler irrigation method. Application of organic fertilizer at the rate of 50% into planting media showed the highest fresh weight and higher than those applied at 40 and 30 %. Green butterhead produced more fresh weight than Red oak and Red coral. Planting Green butterhead using drip irrigation in combination with organic fertilizer at the rate of 50 % gave the highest fresh weight. Therefore, the optimum organic fertilizer rate for lettuce planting in soilless was 50%.

Keywords: irrigation method, soilless media, chemical free, urban community

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อหาวิธีการปลูกผักสลัดในวัสดุปลูกแทนดินโดยไม่ใช้สารเคมีสำหรับชุมชนเมือง วางแผนการทดลองแบบ RCB-Split-split plot ปัจจัยเปรียบเทียบในการทดลอง ได้แก่ วิธีการให้น้ำ 2 วิธี (แบบหยดและแบบพ่นน้ำ) ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูก 3 ระดับ (30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของวัสดุปลูก) และ ผักสลัด 3 พันธุ์ (Red oak, Red coral และ Green butterhead) พบว่า การให้น้ำแบบหยดให้น้ำหนักสดสูงกว่าการให้น้ำแบบพ่นน้ำ ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดสูงกว่าที่ระดับ 40 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผักสลัดพันธุ์ Green butterhead ให้น้ำหนักสดสูงกว่าผักสลัดพันธุ์ Red oak และ Red coral วิธีการให้น้ำแบบหยดร่วมกับปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ผักสลัดพันธุ์ Green butterhead ปลูกในวัสดุปลูก ที่ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ 50 เปอร์เซ็นต์ ให้น้ำหนักสดสูงสุด ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เป็นวัสดุปลูกผักสลัดได้

คำสำคัญ: วิธีการให้น้ำ วัสดุปลูกแทนดิน ไม่ใช้สารเคมี ชุมชนเมือง

คำนำ***

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการปลูกผักสลัดในวัสดุปลูกแทนดินโดยไม่ใช้สารเคมีสำหรับชุมชนเมือง เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนารูปแบบการผลิตพืชสำหรับชุมชนเมืองแบบมีส่วนร่วมเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีมีความมั่นคงทางอาหาร ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ทำให้เกิดปรากฏการณ์ ภัยพิบัติลมพายุฝนรุนแรง ภัยแล้งติดต่อกันนาน น้ำท่วมใหญ่ ตลอดจนไฟไหม้ป่าเป็นบริเวกว้าง ทำให้เกิดความเสียหายกับอาคารบ้านเรือนสิ่งปลูกสร้างตลอดจนพื้นที่การเกษตร ในด้านของชุมชนเมืองมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นของประชากรจากต่างจังหวัดเข้าสู้เมือง การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้สูงอายุ สาธารณภัยหรือการก่อการร้าย ซึ่งส่งผลต่อวิกฤติการเข้าถึงอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมตามความต้องการในแต่ละวัย มีความปลอดภัย สำหรับการมีสุขภาวะที่ดี อาจมีไม่เพียงพอต่อการบริโภคของประชาชนในประเทศ ทั้งในภาวะปกติหรือเมื่อเกิดภัย เป็นเหตุทำให้วิกฤติด้านความมั่นคงทางอาหาร จอมขวัญ (2558) ให้ความหมายความมั่นคงทางอาหาร ว่าเป็นความมั่นคงที่เกิดจากการมีอาหารอย่างพอเพียงทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณสำหรับการบริโภคอย่างถูกต้องตามหลักโภชนาการสำหรับครอบครัว ชุมชน ตลอดถึงประเทศ อย่างยั่งยืน จากเหตุการณ์ดังกล่าวขั้นต้น จึง

---

[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์หันตรา) เลขที่ 60 หมู่ 3 ถ.สายเอเชีย ต.หันตรา อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 1300
[1]Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry. Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. 60 Moo 3 Asian Highway, Phranakhon Si Ayutthaya 13000
***

ตั้งสมมุติฐานหนึ่งในการแก้ปัญหาว่า ถ้าทุกหน่วยของชุมชนเมืองสามารถปลูกพืชผลิตเป็นอาหารได้เองน่าทำให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีและมีความมั่นคงทางอาหาร แต่การผลิตพืชดังกล่าวสำหรับชุมชนเมืองจำเป็นต้องเข้าใจถึงเงื่อนไขที่ว่า ต้องใช้เวลาน้อยแต่ทำให้เห็นความสำเร็จอย่างรวดเร็ว เป็นพืชอายุสั้น มีคุณค่าทางโภชนาการ ปลูกได้ทุกๆสถานที่ที่มีแสงแดด ไม่ต้องใช้ดิน ไม่ต้องใส่ปุ๋ย (เคมี) ปลูกได้โดยปราศจากสารเคมี ดูแลรักษาง่าย ใช้ตกแต่งบ้านได้ เคลื่อนย้ายได้สะดวก ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ สามารถใช้ประโยชน์ และใช้บริโภคได้ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช จากข้อกำหนดเป็นที่มาของวัตถุประสงค์การทดลองเลือกใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ เค้กหรือขี้เถ้าหม้อ แกลบดิบ ขุยมะพร้าว มูลวัวนม และ ใบก้ามปู ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ พันธุ์ผักสลัดเลือกผักสลัดพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 46-55 วัน Red oak, Red coral และ Green butterhead มาใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ***

การทดลองมีปัจจัยเปรียบเทียบในการทดลองมี 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่หนึ่ง วิธีการให้น้ำ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการให้น้ำ แบบหยด (drip irrigation) และแบบพ่นน้ำ (sprinkler irrigation) ปัจจัยที่สอง ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูก 3 ระดับ ได้แก่ วัสดุปลูกผสมปุ๋ยอินทรีย์ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และ ปัจจัยที่สาม ได้แก่ พันธุ์ผักสลัด 3 พันธุ์ ได้แก่ ผักสลัดพันธุ์ Red oak, Red coral และ Green butterhead วิธีการทำการเพาะกล้าก่อนทำทดลอง ในถาดเพาะเมล็ด เมื่ออายุ 15 วัน ทำการย้ายกล้าลงกระถางปลูกที่เตรียมไว้ กระถาง ละ 1 ต้น การเตรียมกระถางปลูก ใช้กระถางพลาสติกสีดำสำหรับปลูกต้นไม้ขนาด 10 นิ้ว รองก้นกระถางก่อนใส่วัสดุปลูกด้วยมุ้งไนลอน 16 ตา การเตรียมวัสดุปลูกมี 2 ขั้นตอน ขั้นแรก เตรียมวัสดุปลูกหลัก โดยผสมจากอินทรียวัตถุ 5 ชนิด ได้แก่ 1. ขี้เค้กหรือขี้เถ้าหม้อกรอง (filter cake หรือ filter press cake) 2. แกลบดิบ 3. ขุยมะพร้าว 4. มูลวัวนม 5. ใบก้ามปู อัตราส่วนโดยปริมาตรเท่าๆกัน แล้วทำการผสมคลุกให้เข้ากัน ขั้นที่สอง นำปุ๋ยอินทรีย์มาผสมกับวัสดุปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ระดับ ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ส่วนผสมวัสดุปลูก 7 ส่วน ปุ๋ยอินทรีย์ 40 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 4 ส่วนผสมวัสดุปลูก 6 ส่วน และ ปุ๋ยอินทรีย์ 50 เปอร์เซ็นต์ ปุ๋ยอินทรีย์ผสมกับวัสดุปลูกอัตราส่วน 1: 1 วางแผนการทดลองแบบ RCB-Split-split plot มี 4 ซ้ำ main plot ได้แก่ วิธีการให้น้ำ 2 วิธี แบบหยด(drip irrigation) และแบบพ่นน้ำ (sprinkler irrigation)ควบคุมการให้น้ำด้วยอุปกรณ์เปิดปิดน้ำตั้งเวลาอัตโนมัติควบคุมด้วยไฟฟ้า ทุก 6 ชั่วโมง sub plot ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ 3 ระดับ คือ วัสดุปลูกผสมปุ๋ยอินทรีย์ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของวัสดุปลูกตามลำดับ sub-sub plot ประกอบพันธุ์ผักสลัด 3 พันธุ์ คือ Red oak, Red coral และ Green butterhead หน่วยทดลองประกอบด้วยผักสลัด 4 กระถาง บันทึกข้อมูล เมื่อทำการเก็บเกี่ยว ได้แก่ น้ำหนักต้นสด จำนวนใบต่อต้น ความกว้างทรงพุ่ม และความยาวทรงพุ่ม

ผลการทดลอง****

ปัจจัยที่หนึ่ง วิธีการให้น้ำ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการให้น้ำ แบบหยด(drip irrigation) และแบบพ่นน้ำ (sprinkler irrigation) การให้น้ำแบบหยดผักสลัดให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 2,385 กก./ไร่ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 31 ใบความยาวทรงพุ่มเฉลี่ย 27 ซม. และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 25 ซม. สูงกว่าการให้น้ำแบบพ่นน้ำให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 1,704 กก./ไร่ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 26 ใบความยาวทรงพุ่มเฉลี่ย 24 ซม. และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 23 ซม. มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1)

ปัจจัยที่สอง ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูก 3 ระดับ ได้แก่ วัสดุปลูกผสมปุ๋ยอินทรีย์ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 1,653 กก./ไร่ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 27 ใบ ความยาวทรงพุ่มเฉลี่ย 24 ซม. และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 23 ซม.

ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 1,731 กก./ไร่ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 28 ใบ ความยาวทรงพุ่มเฉลี่ย 25 ซม. และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 23 ซม. และ

ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 2,750 กก./ไร่ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 31 ใบ ความยาวทรงพุ่มเฉลี่ย 28 ซม. และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 26 ซม.

ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูก 3 ระดับ ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ให้น้ำหนักสด จำนวนใบต่อต้น ความยาวทรงพุ่ม และความกว้างทรงพุ่มสูงกว่า ปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ระดับ 40 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1)

ปัจจัยที่สาม พันธุ์ผักสลัด 3 พันธุ์ ได้แก่ ผักสลัดพันธุ์ Red oak, Red coral และ Green butterhead

ผักสลัดพันธุ์ Red oak มีน้ำหนักสดเฉลี่ย 1,866 กก./ไร่ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 24 ใบ ความยาวทรงพุ่มเฉลี่ย 28 ซม. และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 26 ซม.

ผักสลัดพันธุ์ Red coral มีน้ำหนักสดเฉลี่ย 1,781 กก./ไร่ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 21 ใบ ความยาวทรงพุ่มเฉลี่ย 25 ซม. และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 23 ซม. และ

ผักสลัดพันธุ์ Green butterhead มีน้ำหนักสดเฉลี่ย 2,488 กก./ไร่ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 41 ใบ ความยาวทรงพุ่มเฉลี่ย 28 ซม. และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 22 ซม.

ผักสลัดพันธุ์ Green butterhead ให้น้ำหนักสดและจำนวนใบต่อต้น สูงกว่าผักสลัดพันธุ์ Red oak และ Red coral

ขณะที่ผักสลัดพันธุ์ Red oak มีความยาวทรงพุ่มและความกว้างทรงพุ่ม สูงกว่าผักสลัดพันธุ์ Red coral และ Green butterhead มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1)

ปฏิสัมพันธ์ (interaction) มี ปฏิสัมพันธ์ เฉพาะระหว่างวิธีการให้น้ำกับปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกต่อผลผลิตน้ำหนักสดเท่านั้น ไม่มีปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยอื่นต่อลักษณะใดอีก(Table 1) โดยวิธีการให้น้ำแบบหยดร่วมกับปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ย 3,376 กก./ไร่ พบว่าผักสลัดพันธุ์ Green butterhead ปลูกในวัสดุปลูกที่ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ 50 เปอร์เซ็นต์ ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด 4,146 กก./ไร่ (Figure 1 (a)และ(b)) และมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยสูงสุด 50 ใบ ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เป็นวัสดุปลูกผักสลัดได้ ขณะที่ผักสลัดพันธุ์ Red oak มีความยาวใบเฉลี่ย 31 ซม.และความกว้างของใบ เฉลี่ย 30 ซม.สูงกว่าผักสลัดพันธุ์อื่นๆ (Figure 1 (c)และ(d))

วิจารณ์ผลการทดลอง**

การทดลองปลูกผักสลัดทั้ง 3 พันธุ์ครั้งนี้กระทำได้สำเร็จโดยไม่ต้องมีการใช้ดินในวัสดุปลูก การให้ผลผลิตของผักสลัดจะเพิ่มขึ้นตามระดับของปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูก และเนื่องจากน้ำที่ใช้ให้กับผักจำเป็นต้องใช้น้ำประปาเพราะไม่มีแหล่งที่สะอาดตามธรรมชาติได้ ดังนั้นถ้าสามารถหาน้ำสำหรับให้ผักที่เหมาะกับการผลิตพืชอินทรีย์โดยไม่มีสารเคมีได้จะทำให้ได้ผักอินทรีย์

สรุป

จากการทดลองปัจจัยเปรียบเทียบในการทดลอง ได้แก่ วิธีการให้น้ำ 2 วิธี (แบบหยดและแบบพ่นน้ำ) ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูก 3 ระดับ (30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของวัสดุปลูก) และ ผักสลัด 3 พันธุ์ (Red oak, Red coral และ Green butterhead) พบว่า

1) การให้น้ำแบบหยดให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดสูงกว่าการให้น้ำแบบพ่นน้ำ

2) ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดสูงกว่าที่ระดับ 40 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ

3) ผักสลัดพันธุ์ Green butterhead ให้น้ำหนักสดสูงกว่าผักสลัดพันธุ์ Red oak และ Red coral ตามลำดับ

4) วิธีการให้น้ำแบบหยดที่มีปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูก 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผักสลัดพันธุ์ Green butterhead ที่ปลูกในวัสดุปลูกจะให้น้ำหนักสดสูงสุด

5) ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่าปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุปลูกที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์สามารถใช้เป็นวัสดุปลูกผักสลัดได้ (โดยไม่ใช้ดิน)

เอกสารอ้างอิง***

จอมขวัญ ชุมชาติ, 2558, ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนโคกพยอม ตำบลละงู อำเภอละงู จังหวัดสตูล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Table 1 Analysis of variance results of fresh weight (a), leaf numbers (b), canopy length (c) and canopy width (d) of Irrigation methods, Organic fertilizer rates and Lettuce varieties.

Source of variation[1/]	Fresh weight	Leaf numbers	Canopy length	Canopy width
Irrigation methods (I)	*	**	**	**
Organic fertilizer rates (F)	**	**	**	**
Lettuce varieties (L)	**	**	**	**
I X F	*	ns	ns	ns
I X L	ns	ns	ns	ns
F X L	ns	ns	ns	ns
I X F X L	ns	ns	ns	ns
C.V. (a) (%)	26	11	2.1	2.9
C.V. (b) (%)	26	7	7.8	8.7
C.V. (c) (%)	30	9	8.7	8.1

1/* ns = Non significant at 95 % Level , * = Significant at 90 % Level, ** = Significant at 95 % Level

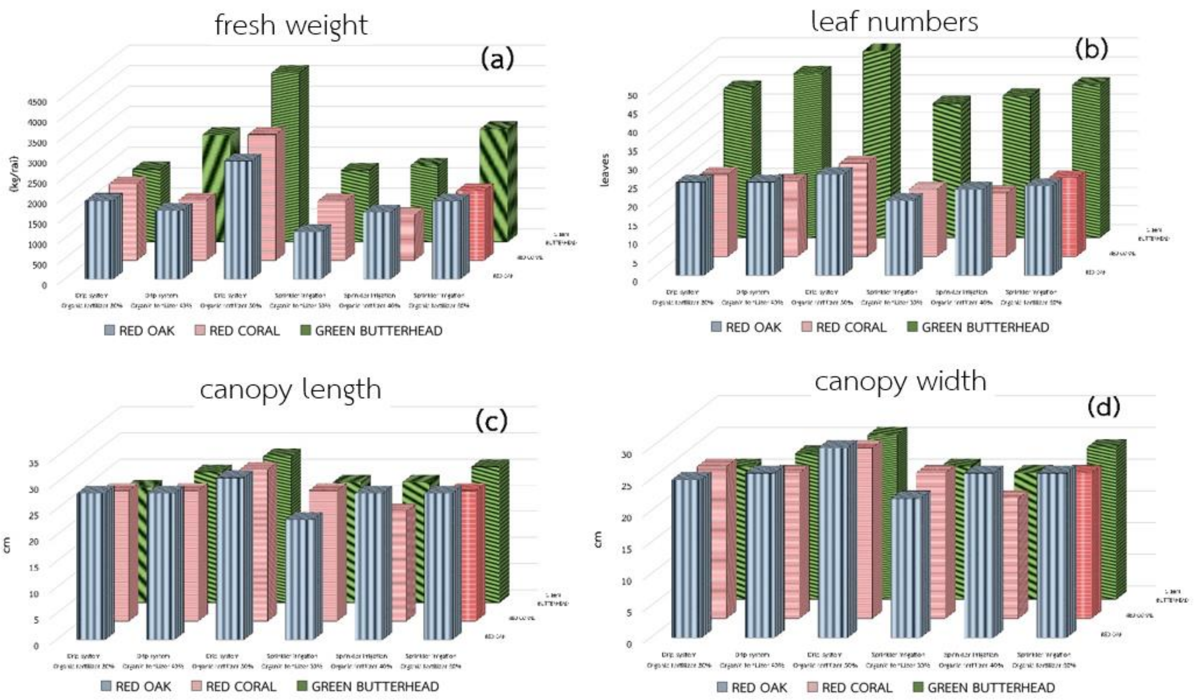


Figure 1 Comparison between drip and sprinkle irrigation at fertilizer level of 30, 40 and 50 % on fresh weight (a), leaf numbers (b), canopy length (c), and canopy width (d) of 3 lettuce varieties (RED OAK, RED CORAL and GREEN BUTTERHEAD).

ผลของปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศเชอรี่ในระบบปลูกพืชแบบซับสเตรท
Influences of Irrigation Rate on Yield and Quality of Cherry Tomato Grown in Substrate Culture

ธานี ศิริโสม[1] ปริยานุช จุลกะ[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] และพัชรียา บุญกอแก้ว[1]
Sirisom, T.[1] Chulaka, P.[1] Kaewsorn, P.[1] and Boonkorkaew, P.[1]

Abstract

The objective of this experiment was to determine the influence of irrigation rate on the yield and quality of cherry tomato grown in substrate culture. The experiment was designed in RCBD consisting of 4 treatments with 3 blocks. The growing medium fertigation to four levels was of field capacity (FC); 60% FC (508 mL/day), 80% FC (762 mL/day), 100% FC (1,016 mL/day) and 120% FC (1,270 mL/day). The experiment was conducted at Horticultural greenhouse, Department of Horticulture, Kasetsart University, Bangkok from May to September in 2016. The results showed that fertigation to 120% FC gave the highest yield/plant, number of flowers/cluster and number of clusters/plant. Moreover, fruit grown under 60% FC had the highest total soluble solids and TSS/TA (8.60°Brix and 25.14, respectively).

Keywords: Soilless culture, Water application, Water content

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของมะเขือเทศเชอรี่ที่ปลูกในระบบปลูกพืชแบบซับสเตรท โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ จำนวน 3 บล็อค โดยให้น้ำร่วมกับสารละลายธาตุอาหารแตกต่างกันตามระดับความจุความชื้นภาคสนาม (Field capacity; FC) 4 ระดับ ได้แก่ 60% FC (508 มิลลิลิตรต่อวัน), 80% FC (762 มิลลิลิตรต่อวัน), 100% FC (1,016 มิลลิลิตรต่อวัน) และ 120% FC (1,270 มิลลิลิตรต่อวัน) ทำการทดลอง ณ โรงเรือนต้นแบบการผลิตพืชสวนเพื่อสาธิต ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ ฯ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 พบว่า การให้น้ำแก่ต้นมะเขือเทศที่ระดับความชื้น 120% FC ให้ผลผลิตต่อต้นสูงที่สุด จำนวนดอกต่อช่อมากที่สุด และจำนวนช่อดอกต่อต้นสูงที่สุด นอกจากนี้การให้น้ำที่ระดับความชื้น 60% FC ทำให้ผลมะเขือเทศมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดคือ 8.60°Brix และอัตราส่วนของ TSS/TA มากที่สุด คือ 25.14

คำสำคัญ: การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน การให้น้ำ ปริมาณความชื้น

คำนำ

มะเขือเทศเป็นผักที่นิยมบริโภคมากที่สุดในโลกรองจากมันฝรั่ง ในปี 2011 มีการผลิตมะเขือเทศถึง 160 ตัน (Bergougnoux, 2014) โดยประเทศจีนและอินเดียมีการผลิตมะเขือเทศมากที่สุดในแถบเอเชีย ส่วนประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกรวม 34,903 ไร่ แบ่งเป็นมะเขือเทศอุตสาหกรรม 21,179 ไร่ และบริโภคผลสด 13,724 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งหมด 20,172 ไร่ ผลผลิตรวม 82,126 ตัน จังหวัดเชียงใหม่มีการผลิตมะเขือเทศมากที่สุด ผลผลิต 21,095 ตัน รองลงมาคือ จังหวัดสกลนครและหนองคาย ผลผลิต 19,235 ตัน และ 18,016 ตัน ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การปลูกมะเขือเทศในปัจจุบันนิยมปลูกในระบบซับสเตรท เนื่องจากให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี ประหยัดเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายในการเตรียมดินและกำจัดวัชพืชก่อนการเพาะปลูก เกษตรกรสามารถปลูกพืชได้ต่อเนื่องตลอดปีในพื้นที่เดิม (มนูญ, 2552)

น้ำเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญเพราะเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างพืชและเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในโมเลกุลของโปรตีนที่เป็นโครงสร้างหนึ่งของโปรโทพลาสซึม พืชส่วนใหญ่มีน้ำร้อยละ 90 ของน้ำหนักสด ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำในพืชลดลงในระดับหนึ่งจะทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อกระบวนทางเมแทบอลีซึมในพืชจนเป็นอันตรายต่อชีวิต (สมบุญ, 2548) ซึ่งปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับภาวะโลกร้อนอย่างรุนแรงส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการระเหยและความต้องการน้ำของพืช (Gercek และคณะ 2009) สถานการณ์ภัยพิบัติด้านการเกษตรเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลไม่อำนวยแก่การทำการเกษตร เช่น อุทกภัย ฝนแล้ง วาต

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. Bangkok 10900

ภัย พายุลูกเห็บ ฝนแล้ง (ฝนทิ้งช่วง) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2558) รายงานว่าเดือนพฤษภาคม ถึง กันยายน 2558 พื้นที่การเกษตรประสบภัยแล้ง 36 จังหวัด สำรวจพบความเสียหายเกษตรกร 85,786 ราย พื้นที่การเกษตรเสียหาย 1,082,535 ไร่ ซึ่งเกษตรกรที่ปลูกมะเขือเทศมักประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำมีน้อยและกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ประกอบกับสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้มะเขือเทศมีความต้องการน้ำสูงขึ้น สุดชลและอารักษ์ (2557) รายงานว่าการปลูกมะเขือเทศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในบางช่วงของการเจริญเติบโตทำให้ได้ผลผลิตไม่เป็นไปตามศักยภาพและคุณภาพลดลง นอกจากนี้ Kumar และคณะ (2015) รายงานว่าการให้น้ำในระดับที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศที่แตกต่างกัน การให้น้ำในปริมาณลดลงส่งผลให้ปริมาณผลผลิตลดลง แต่ทำให้ปริมาณวิตามินซีและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิต โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตของมะเขือเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์โทนี่ TA 104 ในถาดหลุมขนาด 104 หลุม โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะในโรงเรือนตาข่ายหลังคาพลาสติก เมื่อต้นกล้าอายุได้ 7 วันหลังเพาะเมล็ด จึงให้สารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer (Resh, 2012) ที่มีค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity ; EC) 0.5 mS/cm เมื่อต้นกล้าอายุได้ 14 วันหลังเพาะเมล็ดจึงเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น EC 1.2 mS/cm เมื่อต้นกล้าอายุ 25 วัน คัดเลือกต้นมะเขือเทศเชอรี่ที่มีความสูงของต้นใกล้เคียงกันแล้วย้ายปลูกในวัสดุปลูก (ขุยมะพร้าว:กาบมะพร้าวสับ:ดินทราย อัตราส่วน 2:2:1 โดยปริมาตร) ในกระถางปลูกสีดำขนาด 10 นิ้ว ก้นลึก รูปทรงกระบอก สูง 37 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 26 เซนติเมตร กระถางละ 1 ต้น พร้อมกับให้สารละลายธาตุอาหาร (EC 2.1 mS/cm) โดยให้น้ำปริมาณ 0.5 ลิตรต่อต้น เมื่อพืชอายุได้ 1 สัปดาห์หลังย้ายปลูก และเริ่มให้ปริมาณน้ำแก่พืชตามทรีตเมนต์ที่กำหนดในสัปดาห์ที่ 2 หลังย้ายปลูก ควบคุมการให้น้ำโดยตามวิธีการของ Pereira and Kozlowski (1976) โดยให้ที่ระดับความจุความชื้นสนาม (Field Capacity หรือ FC) แตกต่างกัน (T1) ทรีตเมนต์ที่ 1 60% FC ปริมาณน้ำ 508 มิลลิลิตร/วัน/ต้น, (T2) ทรีตเมนต์ที่ 2 80% FC ปริมาณน้ำ 762 มิลลิลิตร/วัน/ต้น, (T3) ทรีตเมนต์ที่ 3 100% FC ปริมาณน้ำ 1,016 มิลลิลิตร/วัน/ต้น และ (T4) ทรีตเมนต์ที่ 4 120% FC ปริมาณน้ำ 1,270 มิลลิลิตร/วัน/ต้น

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 12 ต้น จำนวน 3 บล็อก บล็อกละ 4 ต้น โดยนำเชือกแขวนไว้กับราวซึ่งทำด้วยลวดเพื่อเป็นที่ยึดเกาะให้แก่มะเขือเทศและสามารถปรับระดับค้างตามความสูงของพืช สารละลายธาตุอาหารใช้สูตรของ Resh Tropical Dry Summer ตลอดการปลูกโดยควบคุมค่า EC ตามระยะการเจริญเติบโตของพืช บันทึกข้อมูลจำนวนดอกต่อช่อ, จำนวนดอกต่อต้น, จำนวนผล, ผลผลิตรวมต่อต้น, ปริมาณวิตามินซี, ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA), ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) และอัตราส่วน TSS/TA วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผล

จากการปลูกมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์โทนี่ ในโรงเรือนซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 67% พบว่า การเจริญเติบโตของมะเขือเทศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับความชื้น 100% FC หรือ 120%FC มีจำนวนดอกต่อช่อ (10.87 และ 11.82 ดอก ตามลำดับ) จำนวนช่อผลต่อต้น (3.42 และ 3.92 ผลต่อต้น ตามลำดับ) และจำนวนผลต่อต้น (9.03 และ 10.43 ผลต่อต้น ตามลำดับ) สูงที่สุด (Table 1) มะเขือเทศที่ได้รับความชื้น 120% FC ให้ผลผลิตรวมต่อต้นสูงที่สุด คือ 301.50 กรัมต่อต้น แสดงว่าระดับความชื้นที่ 120% FC ทำให้พืชได้รับน้ำอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่ดี ทำให้มีการสร้างช่อดอก มีอาหารสะสมเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (พูนพิภพ, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับ Tu¨zel และคณะ (1994) รายงานว่าการเพิ่มปริมาณการให้น้ำมากถึง 120% ของอัตราการระเหยน้ำทำให้ผลผลิตของมะเขือเทศเพิ่มมากขึ้น ส่วนมะเขือเทศที่ได้รับปริมาณน้ำที่ระดับ 60% FC หรือ 80% FC ให้ผลผลิตน้อยที่สุดคือ 102.90 และ 129.73 กรัม ตามลำดับ (Table 1) อาจเป็นเพราะมะเขือเทศทั้งสองทรีตเมนต์มีสภาวะเครียดเนื่องจากขาดน้ำส่งผลให้พืชเกิดการผสมเกสรและการปฏิสนธิต่ำ (Aloni และคณะ 1996) จึงทำให้ผลผลิตลดลง (Hakan และคณะ 2017) ในส่วนของการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในผลผลิตมะเขือเทศ พบว่า การปลูกที่ระดับความชื้น 60% FC หรือ 80% FC ให้ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และอัตราส่วน TSS/TA สูงกว่าปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้จากผลมะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีระดับความชื้น 100% FC หรือ 120% FC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) การลดปริมาณการให้น้ำมีผลให้ TSS เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Kumar และคณะ (2015) ซึ่งรายงานว่า ภายใต้ความเครียดจากการให้ปริมาณน้ำที่ลดลงส่งผลให้มะเขือเทศมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

สูงขึ้นเนื่องจากอาหารที่สะสมในพืชเปลี่ยนจากแป้งเป็นน้ำตาล การลดปริมาณการให้น้ำส่งผลให้น้ำในผลมะเขือเทศมีความเข้มข้นในผลลดลงจึงทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.312-0.346 (Table 2)

สรุป

มะเขือเทศที่ได้รับน้ำที่ 120% FC ให้จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนช่อดอกต่อต้น ผลผลิตต่อต้นและจำนวนผลต่อต้นมากที่สุดแต่การให้น้ำความชื้นที่ 60% FC หรือ 80% FC ทำให้มะเขือเทศมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และอัตราส่วนของ TSS/TA มากที่สุด ดังนั้นในการปลูกมะเขือเทศจึงควรให้ปริมาณน้ำแก่พืชที่ 120% FC เนื่องจากให้ผลผลิตที่สูงที่สุด ถึงแม้จะคุณภาพต่ำกว่าการให้น้ำที่ 60% FC หรือ 80% FC

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558, รายงานสถานการณ์ภัยพิบัติด้านการเกษตร, กรุงเทพฯ, แหล่งที่มา https://www.moac.go.th/ewt_dl_link.php?nid=15701.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์, 2556, ชีววิทยา 2, โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน. มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา, พิมพ์ครั้งที่ 6. ด่านสุทธาการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 440 หน้า.

มนูญ ศิรินุพงศ์, 2552, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สู่การปฏิบัติในประเทศไทย, เทมการพิมพ์, สงขลา, 105 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2548, สรีรวิทยาของพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.

สุดชล วุ้นประเสริฐ และอารักษ์ ธีรอำพล, 2557, รายงานการวิจัยโครงการการพัฒนาวิธีการให้น้ำแบบประหยัดและการให้ปุ๋ยในระบบน้ำในการผลิตพริกและมะเขือเทศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 73 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, ปริมาณและมูลค่าสินค้าส่งออกเกษตรกรรม ปี 2557 – 2558, แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/download/download_journal/2558/yearbook.

Aloni, B., Karni, L., Zaidman Z., and Schaffer A., 1996, Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes, Annals of Botany, 78: 163–168.

Bergougnoux, V., 2014, Research review paper: Economic importance of tomato and its botanical description, Biotechnology Advances 32: 170-189.

Gercek, S., Boydak, E., Okant, E. and Dikilitas, M., 2009, Water pillow irrigation compared to furrow irrigation for glasshouse tomato production: II, Fruit quality, Acta Horticulturae, 366: 389–396.

Hakan A., Yasar, A., and Sinan, G., 2017, Comparison of water pillow and drip irrigation systems for tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production under greenhouse conditions in the Mediterranean region of Turkey, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 23(1): 76–82.

Kumar, P.S., Singh, Y., Nangare, D.D., Bhagat, K., Kumar, M., Taware, P.B., Kumari, A., and Manhs, P.S., 2015, Influence of growth stage specific water stress on the yield, physico-chemical quality and functional characteristics of tomato grown in shallow basaltic soils, Scientia Horticulturae, 197: 261-271.

Pereira, J.S. and Kozlowski, T.T., 1976, Leaf anatomy and water relations of Eucalyptus Camaldulensis and E. globules seeding, Canadian Journal of Botany, 54(24): 2868-2880.

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.

Tu¨zel, Y., Ul, M.A. and Tu¨zel, I.H., 1994, Effects of different irrigation intervals and rates on spring season glasshouse tomato production: II, Fruit quality, Acta Horticulturae, 366: 389-396.

Table 1 Number of flower, number of cluster, number of fruit and yield of cherry tomato grown in substrate culture containing different field capacity of growing medium.

Medium moisture content	No. of flower (flower/cluster)	No. of cluster (cluster/plant)	No. of fruit (fruit/plant)	Total yield (g)
60%FC	5.96 c	1.92 b	18.00 b	102.90 c
80%FC	8.60 b	2.33 b	20.00 b	129.73 c
100%FC	10.87 a	3.42 a	36.00 a	226.60 b
120%FC	11.82 a	3.92 a	41.67 a	301.50 a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	6.09	11.42	9.98	11.32

Mean in each column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT
**** Significantly differently at the 0.01 levels of probability respectively**

Table 2 Vitamin C, titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS) and TA/TSS of cherry tomato grown in substrate culture containing different field capacity.

Medium moisture content	Vitamin C (mg/kg fresh weight)	Titratable acidity (ml : NaOH)	TSS (°Brix)	TSS/TA
60%FC	1,453 a	0.340	8.60 a	25.14 a
80%FC	1,453 a	0.346	8.33 a	24.81 a
100%FC	1,156 c	0.323	7.09 b	20.55 c
120%FC	1,345 b	0.312	7.02 b	22.41 b
F-test	**	ns	*	**
CV (%)	4.8	5.06	2.1	1.96

Mean in each column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT
**** Significantly differently at the 0.01 levels of probability respectively**

การประยุกต์ใช้ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวในการเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด
Application of Chitin and Cow Manure to Improve the Yield of 'Butterhead' Lettuce

ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ[1] ภัทราภรณ์ โพธา[1] นิภากานต์ พลงาม[1] และ กัมพล ปาละอุด[1]
Muymas, P.[1], Pota, P.[1] Pnonngam, N.[1] and Palaaud, K.[1]

Abstract

The purpose of this study was aimed to investigate the effect of chitin and cow manure on the yield of 'Butterhead' lettuce. The experiment was comprised of four treatments: Control (T1), 100 g of cow manure (T2), 20 g of chitin (T3) and 20 g of chitin mixed with 80 g of cow manure (T4). Results showed that T4 had the highest leaf number and fresh weight of the lettuce. T3 and T4 significantly increased the leaf width, leaf length and overall diameter of the lettuce head, there are no significant different between T3 and T4. The addition of 20 g of chitin in T3 and T4 increased fresh weight of 1.0 and 2.9-fold, respectively compared to the T1. Whereas, T2 had significantly higher yield than the T1. In this study, T4 is the most efficient treatment to enhance yield of lettuce.

Keywords: chitin, cow manure, lettuce, yield

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวต่อการเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด โดยมี 4 ชุดการทดลองดังนี้ ชุดการทดลองควบคุม (T1) ชุดการทดลองปุ๋ยคอกมูลวัว 100 กรัม (T2) ชุดการทดลองไคติน 20 กรัม (T3) และชุดการทดลองไคติน 20 กรัมผสมปุ๋ยคอกมูลวัว 80 กรัม (T4) จากผลการทดลองพบว่า T4 มีจำนวนใบและน้ำหนักสดต่อต้นมากที่สุด ทั้งชุดการทดลอง T3 และ T4 พบว่า มีความกว้างใบ ความยาวใบ และเส้นผ่าศูนย์กลางหัวของผักสลัดไม่แตกต่างกันทางสถิติ การประยุกต์ใช้ไคตินปริมาณ 20 กรัม ใน T3 และ T4 มีผลทำให้น้ำหนักสดของผักสลัดเพิ่มขึ้นเป็น 1.0 และ 2.9 เท่าตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ T1 ในขณะที่ T2 พบว่า มีผลผลิตมากกว่า T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากศึกษาในครั้งนี้พบว่า T4 สามารถเพิ่มผลผลิตของผักสลัดได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ไคติน ปุ๋ยคอกมูลวัว ผักสลัด ผลผลิต

คำนำ***

ประชากรในประเทศไทยส่วนใหญ่นิยมนำพืชผักมาเป็นอาหารแบบรับประทานสด รับประทานกับน้ำพริก และรับประทานกับอาหารประเภทอื่นๆ เนื่องด้วยพืชผักมีราคาถูกและมีคุณค่าทางอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก (จิรวัฒน์, 2552) ผักกาดหอมเป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ Compositae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* L. จัดเป็นผักบริโภคส่วนใบที่มีผู้นิยมบริโภคกันมาก ผักกาดหอมมีคุณค่าทางโภชนาการทางอาหารสูง เช่น ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินซี ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด (Worthington, 2001) การบริโภคผักอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคเนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ยุพารัตน์, 2554) ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายของผู้ผลิตและผู้บริโภคโดยตรง ในปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรเป็นจำนวนมากจึงทำให้มีความต้องการอาหารเพิ่มมากขึ้นเช่นกันจึงเป็นสาเหตุทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้นด้วยตามลำดับ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นและทำให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะในพืชผัก (ชัยฤกษ์, 2536) จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางในการเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของผัก โดยใช้ผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดเป็นต้นแบบในการทดลอง เนื่องจากผักสลัดเป็นผักที่ผู้คนนิยมบริโภคเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเพื่อลดต้นทุนในการผลิต ทำให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคปลอดภัยจากการใช้สารเคมีและลดสารเคมีตกค้างต่างๆที่ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ ผู้วิจัยเลือกจึงได้หาแนวทางการนำไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวมาใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังหาได้ง่ายในท้องถิ่น และราคาไม่แพง ส่วนไคติน (chitin) เป็นสารพวกโพลิแซคคาไรด์

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100
[1]General Science, Faculty of science, Lampang Rajabhat University, Chompoo, Muang, Lampang 52100

(polysaccharide) มีชื่อทางเคมี B-(1,4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucose มีองค์ประกอบของหน่วยย่อย คือ น้ำตาลกลูโคส (Win และคณะ 2007) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การนำกากไคตินที่เหลือจากการผลิตไคโตซานมาใช้ปลูกผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดและเรดโอ๊ค (Muymas และคณะ 2015; Muymas และคณะ 2011) และข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (Kananont และคณะ 2016) กากไคตินสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตในพืชทั้งสองได้ ไคตินสามารถเพิ่มรูพรุนในดิน ช่วยการดูดซับน้ำ ช่วยในการอุ้มน้ำ ช่วยให้ดินร่วนซุยและมีช่องว่างในดินเพิ่มมากขึ้น (สุวบุญ และคณะ, 2544) ทำให้เชื้อราและเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยนช์ในดินมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจุลินทรีย์ดังกล่าวจะค่อยปล่อยสารออกมาอย่างช้าๆให้ผลอย่างต่อเนื่องยาวนาน นอกจากนี้ไคตินยังช่วยส่งเสริมการปลดปล่อยสารอาหารไนโตรเจนในดินให้กับพืชอย่างช้าๆ (Poulsen และคณะ 2008) ส่งผลทำให้พืชที่ได้รับไคตินสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด (Chandrkrachang, 2002)

ดังนั้น การใช้ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวในการเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อการลดใช้ปริมาณสารเคมีในพืชผักให้ลดน้อยลงและลดต้นทุนในการผลิตได้ เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจสามารถนำวิธีการปลูกนี้ไปใช้เพื่อลดสารเคมีตกค้างและป้องกันอันตรายที่อาจก่อให้เกิดโรคต่างๆได้ ซึ่งจะส่งผลดีต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และเกษตรกรได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ**

ศึกษาในสภาพแปลงทดลองเกษตรกร ณ หมู่บ้านหัวทุ่ง อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2560 โดยเพาะเมล็ดผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดในฟองน้ำที่ชุ่มน้ำขนาด 3X3 เซนติเมตร ที่กรีดตรงกลางลึก 3-6 มิลลิเมตร นำฟองน้ำมาแช่ในถาดพลาสติกที่บรรจุน้ำความสูง 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 14 วัน หลังจากนั้นย้ายต้นกล้าผักกาดหอมจำนวน 1 ต้นต่อหลุม ลงในถาดเพาะที่มีหลุมขนาด 3.75X3.75X5 เซนติเมตร บรรจุด้วยดินและขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ทำการรดน้ำทุกวัน จากนั้นเมื่อต้นกล้าอายุครบ 14 วัน ย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลงปลูกของเกษตรกร ขนาดแปลงทดลอง 1.5X15 เมตร (กว้างxยาว) จำนวน 16 แปลง ในแต่ละแปลงมีจำนวน 3 แถว แถวละ 21 ต้น วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยมีจำนวนทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 24 ต้น ได้แก่ ชุดการทดลองควบคุม (T1) ชุดการทดลองปุ๋ยคอกมูลวัว 100 กรัม (T2) ชุดการทดลองไคติน 20 กรัม (T3) และชุดการทดลองไคติน 20 กรัมผสมกับปุ๋ยคอกมูลวัว 80 กรัม (T4) เมื่อผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีอายุ 8 สัปดาห์ หลังจากการปลูกทำการบันทึกผลการทดลองดังนี้ จำนวนใบต่อต้น ความกว้างของใบ ความยาวของใบ เส้นผ่าศูนย์กลางขนาดของหัวผักสลัด เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และน้ำหนักสด นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p\leq0.05$)

ผลการทดลอง**

จากผลการศึกษาการประยุกต์ใช้ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวในการเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดพบว่าทุกชุดการทดลองที่มีการใช้ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวทั้งหมดมีจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ เส้นผ่าศูนย์กลางหัวผักสลัด เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และน้ำหนักสด เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองควบคุมซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังแสดงใน Table 1

จากตาราง Table 1 ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดชุดการทดลองที่ใส่ไคตินผสมปุ๋ยคอกมูลวัว (T4) มีผลทำให้มีจำนวนใบ 18.93 ต่อต้น มีความกว้างของใบ 7.58 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นขนาด 1.03 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 74.53 กรัมต่อต้น ซึ่งมากที่สุดและแตกต่างจากกว่าชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองไคติน (T3) พบว่า มีจำนวนใบ 16.78 ต่อต้น และน้ำหนักสด 50.82 กรัมต่อต้น รองเป็นลำดับสองจาก T4 แต่มีความกว้างของใบ 7.66 เซนติเมตร ความยาวของใบ 10.69 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางหัว 18.94 เซนติเมตร มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนชุดการทดลองปุ๋ยคอกมูลวัว (T2) พบว่า มีจำนวนใบ 14.23 ต่อต้น และความยาวของใบ 10.22 เซนติเมตรต่อต้น น้อยกว่าชุดการทดลอง T4 และ T3 และชุดการทดลองควบคุม (T1) มีจำนวนใบ 11.17 ใบต่อต้น ความกว้างใบ 5.74 เซนติเมตร ความยาวใบ 9.15 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางหัวของผักสลัด 12.93 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น 0.60 มิลลิเมตร และน้ำหนักสดเฉลี่ย 24.94 กรัมต่อต้น น้อยที่สุดกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

วิจารณ์ผลการทดลอง***

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดทั้ง 4 ชุดการทดลองต่อการเพิ่มผลผลิตให้ผลที่แตกต่างกันโดยจะเห็นได้จากชุดการทดลองไคตินผสมกับปุ๋ยคอกมูลวัว (T4) มีการเพิ่มผลผลิตมากที่สุด คือทำให้มีจำนวนใบ ขนาดของลำต้นและน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆรวมทั้งชุดทดลองไคติน (T3) และชุดการทดลองปุ๋ยคอกมูลวัว (T2) เมื่อใส่ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบและผักมีคุณภาพที่ดี (Farag และคณะ 2013; ยงยุทธ และคณะ, 2554) เมื่อใส่ไคตินผสมกับปุ๋ยคอกมูลวัวทำให้ผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีปริมาณน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Muymas และคณะ (2015) และ Muymas และคณะ (2011) พบว่า ผักสลัดสายพันธุ์เรดโอ๊คและสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกในกระถางโดยใช้กากไคตินที่เหลือจากการผลิตไคโตซานปริมาณ 20 กรัมผสมกับปุ๋ยคอกมูลวัว 80 กรัมต่อต้น สามารถเพิ่มผลผลิตของผักสลัดทั้งสองสายพันธุ์ได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไคตินนอกจากนี้ยังพบว่า ในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานีที่มีการใช้กากไคติน 1% (w/w) ส่งผลให้ได้ผลผลิตของเมล็ดดีกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีอีกด้วย (Kananont และคณะ 2016) ส่วนชุดการทดลองปุ๋ยคอกมูลวัว (T2) เป็นกลุ่มที่ใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวเป็นปัจจัยการผลิตเพียงอย่างเดียว และชุดการทดลองไคติน (T3) เป็นการทดลองที่ใช้ไคตินเพียงชนิดเดียวจึงทำให้ได้เพิ่มผลผลิตน้อยกว่าชุดการทดลองไคตินผสมปุ๋ยคอกมูลวัว (T4) ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าการวิจัยครั้งนี้ผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ได้รับไคตินผสมปุ๋ยคอกมูลวัวให้ผลผลิตสูงที่สุด สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวพบว่าจะมีการสลายตัวอย่างช้าๆ และค่อยๆปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับพืชได้ตลอดระยะเวลาการปลูก และเมื่อนำไคตินมาผสมกับปุ๋ยคอกมูลวัวในการปลูกพืชผักจะส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มจำนวนมากขึ้น (Jane และคณะ 2016; วนิดา และคณะ, 2558) อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นการสร้างความต้านทานโรคให้กับพืชและกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ดี (Hadwiger และคณะ 2002)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า สามารถนำไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวมาประยุกต์ใช้ในด้านเกษตรในการเพื่อเพิ่มผลผลิตทำให้ผลผลิตดีมีคุณภาพดีขึ้น สามารถลดต้นทุนในการผลิต และลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคได้ ทำให้ปลอดภัยทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคอีกด้วย

สรุป

การประยุกต์ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวมีผลต่อจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ เส้นผ่าศูนย์กลางของหัว เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และน้ำหนักสดของผักสลัด การใช้ไคติน 20 กรัมผสมกับปุ๋ยคอกมูลวัว 80 กรัม สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดมากที่สุด รองลงมาคือการใช้ไคติน 20 กรัม การใช้ปุ๋ยคอกมูลวัว 100 กรัม และชุดการทดลองควบคุมตามลำดับ

คำขอบคุณ

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, 2536, ความอุมดมสมบูรณ์ของดิน, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 177 หน้า.

จิรวัฒน์ ภู่เสริมภูมิ, 2552, ผักกินใบ, เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ, 112 หน้า.

ยุงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร, 2554, ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 515 หน้า.

ยุพารัตน์ มังคละศรี, 2554, ทัศนคติของผู้ประกอบการโรงแรมบูติกในจังหวัดเชียงใหม่ต่อผักอินทรีย์, วิทยานิพน์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 83 หน้า.

วนิดา วัฒนพายัพกุล, 2558, ผลของน้ำส้มควันไม้และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของข้าวหอมมะลิ, เกษตร, ฉ.3:269-279.

สุวบุญ จิรชาญชัย, รับรอง ยกล้าน, โกสุม สมัครรัตน์, 2544, การประชุมเชิงปฏิบัติการไคตินและไคโตซานจากวัตถุดิบธรรมชาติสู่การประยุกต์ใช้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

Chandrkrachang, S., 2002, The applications of chitin and chitosan in agriculture in Thailand, Advances in Chitin Science, 5:458-462.

Kananont, N., Pichyangkura, R., Kositsup, B., Wiriyakitnateekul, W., Chadchawan. S., 2016. Improving the rice performance by fermented chitin waste, Journal of Agriculture and Biology, 18 (1): 9-15.

Farag, A.A.A., Abdrabbo, M.A.A. and Abdelmoniem, E.M., 2013, Using different nitrogen and compost levels on lettuce grown in coconut fiber, Journal of Horticulture and Forestry, 5(2):21-28.

Hadwiger, L.A., S.J. Klosterman, J.J. Choi, 2002. The mode of action of chitosan and its oligomers in inducing plant promoters and developing disease resistance in plants, in: Suchiva, K., S.Chanrkrachange, P. Methacanon and M.G. Peter (Eds), Advances in Chitin Science, pp. 5.

Jane Debode, Caroline De Tender, Saman Soltaninejad, Cinzia Van Malderghem, Annelies Haegeman, Inge van der Linden, Bart Cottyn, Marc Heyndrickx and Martine maes, 2016, Chitin mixed in potting soli alters lettuce growth, the survival of zoonotic bacteria on the leaves and associated rhizosphere microbiology, Frontiers in Microbiology, 7:1-15.

Muymas, P., Boon-long, P., Chadchawan, S., Pichayangura, R., Seraypheap, K., 2011. Effect of biomaterial and semi-biomaterial on growth and postharvest quality of 'Red Oak' lettuce. Agric. Sci. J. 42(2), 37-40.

Muymas, P., Pichyangkura, R., Wiriyakitnateekul, W., Wangsomboondee, T., Chadchawan, S., and Seraypheap, K, 2015, Effects of chitin-rich residues on growth and postharvest quality of lettuce, Biol.ogical Agriculture and Horticulture, 31:108-117.

Wanichapongpan, P., K. Suriyachan, S.Chandrkrachang, 2001, Effect of chitosan on the growth of Gerbera flower plant (Gerbera jamesonii), Chitin and Chitosan in Life Science, 198-201.

Win, K. K. N., P. Jitareerat, S. Kanlayanarat, S. sangchote, 2007, Effect of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit, Postharvest Biology and Technology, 45:333-340.

Table 1 Lettuce of yield. **

Treatment	Leaf number/plant	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Head diameter (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g)
T1	11.17±0.71[d]	5.74±0.23[c]	9.15±0.30[b]	12.93±0.43[d]	0.60±0.59[c]	24.94±4.20[d]
T2	14.23±0.71[c]	6.65±0.23[b]	10.22±0.30[a]	15.76±0.43[c]	0.84±0.06[b]	40.46±0.14[c]
T3	16.78±0.74[b]	7.66±0.23[a]	10.69±0.29[a]	18.94±0.42[a]	0.81±0.21[b]	50.82±4.12[b]
T4	18.93±0.70[a]	7.58±0.22[a]	10.25±0.28[a]	17.05±0.43[b]	1.03±0.55[a]	74.53±4.15[a]

***Values are meand ± S.E. followed by different letters denote group according to Duncan's Multiple Range Test ($p<0.05$)**

การผลิตไบโอดีเซลจากไขมันแพะโดยใช้ตัวทำละลายร่วม ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์
Biodiesel Production from Goat Fat with Co-solvent Using a Heterogeneous Catalyst

สุวิมล เจริญการค้า[1] รัตนชัย ไพรินทร์[2] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]
Charoenkankar, S.[1] Pairintra, R.[2] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

This research studies the feasibility of biodiesel production from waste goat fat. Oil from goat fat contained saturated fatty acids about 59.20%, therefore it turn to solid at room temperature. Toluene was used as a co-solvent in transesterification for goat fat has a liquid phase. Goat fat was extracted by rendering. The oil yield was 78.75 wt.% with FFA at 0.29 wt.%. The ratio of toluene to methanol was 1:1 v/v reaction at 60ºC, and calcium oxide from calcined shell mussel. The result showed that the optimum molar ratio was methanol to oil at 9:1, catalyst was 4 wt.% and reaction time was 2 hours. Yield of methyl esters was 98.6 wt.%, viscosity was 4.36 mm^2/s, and density was 0.865 g/cm^3. These properties, it met with EN 14214 biodiesel standard. Therefore the co-solvent is possible to use as a feedstock, if the oil is solidifies at room temperature.

Keywords: biodiesel, co-solvent, goat fat , tran-esterification reaction

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันแพะที่เหลือทิ้ง ซึ่งเป็นไขได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงถึง 59.20% จึงนำโทลูอีนมาใช้เป็นตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เพื่อให้ไขมันแพะมีสภาพเป็นของเหลว โดยทำการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการเจียว ได้ผลผลิต 78.75 wt.% และมีค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ 0.29 wt.% โดยใช้โทลูอีนต่อเมทานอลที่อัตราส่วน 1:1 v/v อุณหภูมิของการทำปฏิกิริยาคือ 60 ^{o}C ใช้แคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล คือ ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 4 wt.% ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 98.6 wt.% มีความหนืด 4.36 mm^2/s และความหนาแน่น 0.865 g/cm^3 จึงมีความเป็นไปได้ในการนำตัวทำละลายร่วมมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลร่วมกับวัตถุดิบที่เป็นไขได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งผ่านมาตรฐานของ EN 14214

คำสำคัญ : ไขมันแพะ ตัวทำละลายร่วม ไบโอดีเซล ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

คำนำ*

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีจำนวนประชากรเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้ต้องมีการจัดสรรพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการพื้นฐานและเพื่อสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงจำเป็นที่จะต้องหาแหล่งวัตถุดิบที่มีภายในประเทศและมีศักยภาพเพียงพอที่จะสามารถผลิตพลังงานทดแทนขึ้นมาใช้ได้โดยไบโอดีเซลก็เป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่มีความน่าสนใจและมีศักยภาพเพียงพอที่จะสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ อีกทั้งยังช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศและยังช่วยเพิ่มความมั่นคงทางด้านพลังงานได้อีกด้วย และจาก ข้อมูลของกรมปศุสัตว์ในปี (2558) ภาคเกษตรกรมีการเลี้ยงแพะเนื้อและแพะนมรวมทั้งสิ้น 539,583 ตัว ซึ่งถือว่ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้นจากปี (2557) ถึง 13.20% จึงทำให้มีไขมันแพะที่เป็นส่วนที่ไม่นิยมนำมาบริโภคเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวสูงจึงทำให้เป็นไขได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง โดยแพะ 1 ตัว จะมีน้ำหนักเฉลี่ยโดยประมาณ 30 กิโลกรัม ซึ่งปริมาณไขมันจะคิดเป็นร้อยละ 6 ของน้ำหนักตัว หรือประมาณ 1-2 กิโลกรัม ถ้านำไขมันแพะมาทำปฏิกิริยากับตัวทำละลายร่วมโดยอาศัยหลักการน้ำมันกับไขมันไม่สามารถละลายร่วมกันได้ในน้ำแต่จะสามารถละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งจะทำให้ไขมันแพะกับ

---

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

แอลกอฮอล์ (เมทานอล) สามารถละลายร่วมกันได้ดีขึ้นและตัวทำละลายยังช่วยให้ไขมันแพะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง จึงทำให้สามารถผลิตเป็น ไบโอดีเซลได้ง่ายขึ้น จึงถือว่าเป็นการดีที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ไขมันแพะที่เหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์เพิ่มมากขึ้น และในประเทศไทยยังนิยมรับประทานอาหารทะเลกันอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาหารประเภทหอยชนิดต่างๆยังคงได้รับความนิยมกันอย่างต่อเนื่อง และหอยอีกหนึ่งชนิดที่ได้รับความนิยม ได้แก่ หอยแมลงภู่ ซึ่งเมื่อบริโภคส่วนเนื้อของหอยแล้ว ส่วนเปลือกก็จะทิ้งและไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ต่อจึงทำให้ส่งกลิ่นเหม็นและเป็นมลพิษกับสภาพแวดล้อมอีกทั้งยังเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดแก๊สเรือนกระจกอีกด้วย แต่เมื่อนำเปลือกหอยแมลงภู่ที่เหลือทิ้งมาล้างทำความสะอาดจากนั้นนำไปอบข้ามคืนในเตาอบและนำไปบดจากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิสูง จะได้เป็นแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลได้ ซึ่งจะเป็นการดีที่จะสามารถช่วยกำจัดขยะ และเพิ่มมูลค่าให้แก่เปลือกหอยแมลงภู่ที่เหลือทิ้ง อีกทั้งยังเป็นการลดการใช้สารเคมี และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Piker, 2016)

อุปกรณ์และวิธีการ*

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ไขมันแพะที่ได้รับความอนุเคราะห์จากฟาร์มแพะฮีซาดาน ในซอยประชาอุทิศ 69 ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไขมันแพะนี้ไม่นิยมนำมาใช้บริโภคและยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ทางฟาร์มแพะจึงนำไปทิ้งและให้ผู้วิจัยโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย โดยการสกัดน้ำมันเริ่มจากนำไขมันแพะ 40 กรัม มาทำการเจียวด้วยกระทะไฟฟ้า ซึ่งใช้อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 5 นาที ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยานั้นจะเตรียมได้จากการนำเปลือกหอยแมลงภู่ที่เหลือทิ้งมาล้างทำความสะอาด จากนั้นทำการบดและนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1300 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จนได้เป็นแคลเซียมออกไซด์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองได้แก่ เมทานอล เป็นสารตั้งต้น โทลูอีน เป็นตัวทำละลายร่วม กรดอะซิติก เป็นตัวหยุดปฏิกิริยา และหลังจากได้ผลิตภัณฑ์เป็นไบโอดีเซลจะนำไปวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EN 14214

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันแพะด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยตวงน้ำมันแพะใส่กระบอกตวง 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่แล้วอุ่นใน water bath ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่ 55 และ 60 °C เป็นการอุ่นน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา จากนั้นตวงโทลูอีนให้ได้ปริมาตรที่เหมาะสมเพื่อผสมกับน้ำมันตั้งต้น ตัวเร่งปฏิกิริยาใช้แคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่ปริมาณ 3 และ 4 wt.% และใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันแพะ 9:1 และ 12:1 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม และชั่งแคลเซียมออกไซด์มาเทผสมกับเมทานอลที่ตวงไว้จากนั้นทำการกวนผสมด้วยแท่งแม่เหล็กให้เข้ากันในบีกเกอร์ที่มีฟอยล์ปิด เพื่อป้องกันการระเหยของเมทานอล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นค่อยๆเทสารละลายแคลเซียมออกไซด์ในเมทานอลลงในขวดแก้วรูปชมพู่ที่มีน้ำมันแพะอยู่ในขวด แล้วกวนผสมด้วยความเร็วคงที่ แล้วจับเวลาที่ 2 ชั่วโมง โดยในขั้นตอนของการทำปฏิกิริยาจะต้องปิดฝาให้มิดชิดเพื่อป้องกันการระเหยของเมทานอล จากนั้นทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยกรดอะซิติก จนไบโอดีเซลที่ได้มี pH ประมาณ 7 โดยปล่อยให้แยกชั้นในกรวยแยกเป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมงหรือ 1 คืน และทำการล้างน้ำมันโดยใช้น้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 60 °C ล้างไบโอดีเซลจนน้ำที่ใช้ล้างมี pH ประมาณ 7 จึงหยุดล้าง จากนั้นนำชั้นไบโอดีเซลที่ได้มาเติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสเพื่อกำจัดน้ำที่อาจหลงเหลืออยู่ในน้ำมันแล้วทำการวิเคราะห์ร้อยละการเกิดเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง HPLC

การใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ตัวทำละลายร่วมที่ใช้ในปฏิกิริยาจะต้องละลายได้ทั้งในน้ำมันและเมทานอล จึงเลือกใช้โทลูอีนซึ่งเป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ของเครื่อง HPLC และโทลูอีนยังสามารถช่วยลดความหนืดของน้ำมันตั้งต้นก่อนทำปฏิกิริยาได้ อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำที่สามารถเหนี่ยวนำโมเลกุลของสารที่มีขั้วกับไม่มีขั้วของน้ำมันกับ เมทานอลให้ละลายเข้ากันได้ โดยในการทดลองจะใช้อัตราส่วนของโทลูอีนต่อเมทานอลเป็น 1:1 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมจากงานวิจัยของ (สุรัญ , 2556) โดยจะนำโทลูอีนที่ตวงได้ปริมาตรที่เหมาะสมแล้วนำไปผสมกับน้ำมันตั้งต้นแล้วนำไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน จากนั้นวิเคราะห์ร้อยละการเกิดเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง HPLC

การวิเคราะห์ร้อยละการเกิดของเมทิลเอสเทอร์ ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ติดตั้งเครื่องตรวจวัดแบบ Evaporative Light Scattering Detector; ELSD รุ่น Sedex 55 คอลัมน์ชนิด size exclusion ขนาดคอลัมน์ 7.08 x 300 mm บรรจุด้วยโพลิเมอร์ขนาด 5 µm ความพรุน 100 °A ยี่ห้อ Phenogel ของบริษัท Phenomenex ประเทศสหรัฐอเมริกา

ผลและวิจารณ์ผล

การสกัดน้ำมันจากไขมันแพะ โดยการเจียวด้วยกระทะไฟฟ้า พบว่าจะได้น้ำมัน ประมาณ 78.75 wt.% กากไขมันประมาณ 21.25 wt.% ของไขมันแพะที่นำมาเจียว น้ำมันที่ได้นำไปวิเคราะห์หาค่ากรดไขมันอิสระด้วยการไตรเตรทตามมาตรฐาน ASTM

D5555-95 ก่อนที่จะนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซล โดยค่ากรดไขมันอิสระที่ได้มีค่า 0.29 wt.% ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 1 wt.% จึงไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

จาก (Figure 1) ผลของการศึกษาการทำปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม โดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 °C ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 3 wt.% โดยไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม พบว่าที่ อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 6:1 มีปริมาณของเมทานอลและเวลาไม่เพียงพอในการทำปฏิกิริยาจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันและเพิ่มเวลาทำปฏิกิริยาให้นานขึ้น จะทำให้เกิดเมทิลเอสเตอร์ได้สูงถึง 92.8% แต่น้ำมันที่ได้จะมีลักษณะหนืดและมีการแยกตัวระหว่างกลีเซอรอลกับน้ำมันได้ไม่ค่อยดี จึงได้มีการนำตัวทำละลายร่วมมาใช้ในการทำปฏิกิริยาเพื่อช่วยลดความหนืดของน้ำมันในการทดลองส่วนถัดไป (Figure 2) ผลของการศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน ทำปฏิกิริยาโดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 4 wt.% อัตราส่วนของโทลูอีนต่อเมทานอล 1:1 v/v ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 และ 12:1 พบว่า เกิดปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 98.6 และ 96.1 wt.% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Musa, 2016) ที่อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่เพิ่มขึ้น จะทำให้กลีเซอรอลละลายรวมกับไบโอดีเซลได้มากขึ้นจึงทำให้แยกกลีเซอรอลออกมาได้ยาก ส่งผลให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นลดลง (Figure 3) ผลของการศึกษาอุณหภูมิ ซึ่งทำปฏิกิริยาโดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 4 wt.% อัตราส่วนของโทลูอีนต่อเมทานอล 1:1 v/v โดยใช้อุณหภูมิ 55 และ 60 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า เกิดปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 96.5 และ 98.6 wt.% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Farooq, 2015) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะช่วยเพิ่มการชนกันของโมเลกุลสารตั้งต้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้นและช่วยลดความหนืดของน้ำมันให้สามารถเกิดปฏิกิริยาให้ง่ายขึ้นด้วย (Figure 4) ผลของการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งทำปฏิกิริยาโดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 โดยใช้อัตราส่วนของโทลูอีนต่อเมทานอล 1:1 v/v ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 3 และ 4 wt.% พบว่า เกิดปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 95.4 และ 98.6 wt.% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตัวทำละลายร่วมช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้สมบูรณ์มากขึ้นเนื่องจากทำให้น้ำมันและเมทานอลละลายร่วมกันได้ดีปฏิกิริยาจึงสามารถเกิดไปข้างหน้าได้มาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Tang, 2013) ที่การเพิ่มขึ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของการเกิดปฏิกิริยาบนตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์สูงขึ้นและเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็วขึ้น

สรุป

ไขมันแพะที่นำมาเจียวโดยใช้ความร้อนสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้มากถึง 78.75 wt.% ผลผลิตของแคลเซียมออกไซด์ที่เตรียมได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่ คิดเป็น 82.44 wt.% และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล คือ ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 4 wt.% อัตราส่วนโทลูอีนต่อเมทานอล 1:1 โดยปริมาตร ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะเกิดปริมาณเมทิลเอสเทอร์สูงถึง 98.6 wt.% และคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลที่ได้ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น และค่าความร้อน มีค่าเท่ากับ 4.36 mm^2/s , 0.865 g/cm^3 และ 39.81 MJ/kg ตามลำดับ ซึ่งเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ผ่านตามมาตรฐานของ EN 14214 และเมื่อนำตัวทำละลายร่วมมาใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งตัวทำละลายร่วมจะช่วยลดความหนืดของน้ำมันตั้งต้นที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูง ซึ่งเป็นไขที่อุณหภูมิห้องให้เป็นของเหลวได้นานขึ้น และทำให้น้ำมันกับเมทานอลสามารถละลายเข้าด้วยกันได้ดีขึ้น จึงทำให้การผลิตไบโอดีเซลสามารถทำได้ง่ายขึ้น และการเลือกใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยายังมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดี อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ของเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมอีกด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องทุนสนับสนุนในงานวิจัย ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เตาเผาเพื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา ขอขอบคุณ คุณเกษม มหันเกียรติ เจ้าของฟาร์มแพะฮีซาดาน ซอยประชาอุทิศ 69 ที่ให้ความอนุเคราะห์ไขมันแพะในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมปศุสัตว์, 2558, กรมปศุสัตว์, [สืบค้น], http://ict.dld.go.th/th2 / images/stories/stat_web/yearly/2 5 5 8 / province/7 . goatsheep_province.pdf, [27 ธันวาคม 2559].

สุรัญ ชินพัฒนวานิช, 2556, การผลิตไบโอดีเซลจากไขมันแพะโดยใช้ตัวทำละลายร่วม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร-มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 34-38.

Farooq, M., A. Ramli, and A. Naeem, 2015, Biodiesel Production from Low FFA Waste Cooking Oil using Heterogeneous Catalyst Derived from Chicken Bones, Renewable Energy, 76: 362-368.

Musa, I.A., 2016, The Effects of Alcohol to Oil Molar Ratios and The Type of Alcohol on Biodiesel Production using Transesterification Process, Egyptian Journal of Petroleum, 25(1): 21-31.

Piker, A., Tabah, B., Perkas, N., and Gedanken, A., 2016, A Green and Low-Cost Room Temperature Biodiesel Production Method from Waste Oil Using Egg Shells as Catalyst, Fuel, 182, 34-41.

Tang, S., et al., 2013, Glymes as Benign Co-Solvents for CaO-Catalyzed Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel, Bioresource Technology, 139: 107-12.

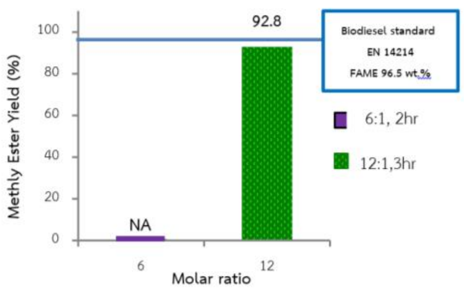


Figure 1 Methyl Ester Yield at temp.60 °C, catalyst 3 wt. %, without co-solvent.

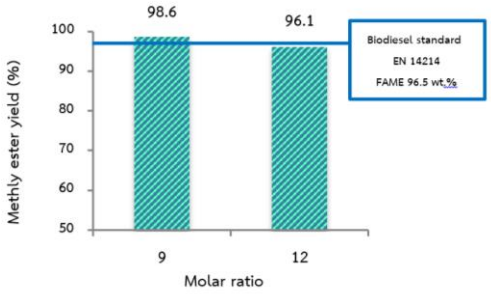


Figure 2 Methyl Ester Yield at temp.60 °C, time 2 hr, catalyst 4 wt. %, methanol/toluene ratio 1:1 v/v.

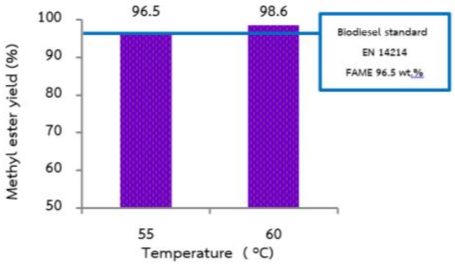


Figure 3 Methyl Ester Yield at methanol/oil ratio 9:1, catalyst 4 wt.%, methanol/toluene ratio 1:1 v/v, time 2 hr.

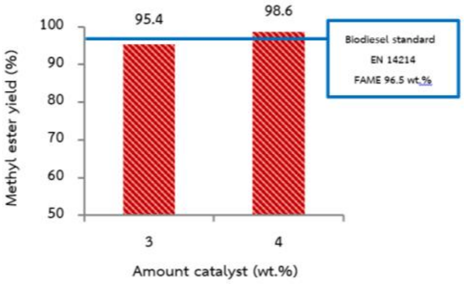


Figure 4 Methyl Ester Yield at methanol/oil ratio 9:1, temp.60 °C, methanol/toluene ratio 1:1 v/v, time 2 hr.

การประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของหม่อนลูกผสมเปิดเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์
Evaluation of Morphological Characteristics and Chemical Composition in Open Pollinated Mulberry (*Morus* spp.) Lines for Breeding

สุจารี นนทโคตร[1] รีนา แซ่แต้[1] พุทธพร วิวาจารย์[2] ชลธิรา แสงศิริ[3] และ ธนพร ขจรผล[1]
Nonthakod S.[1], Saetae R.[1], Wiwacharn P.[2], Sangsiri, C.[3] and Kajonphol, K.[1]

Abstract

Morphological characteristics and chemical compositions in open pollinated mulberry lines were evaluated by selecting 62 accessions of mulberry grown in Phuphan Royal Development Study Center, Sakon Nakhon Province, during August 2016 – March 2017. The leaf shape of all accessions was cordate. Type of flowering mulberry plants include male, female, hermaphrodite and monoecious. Beside the leaf blade was approximately 11.17-30.73 cm long and 8.50-23.00 cm wide. The plant height ranged from 1.16-5.19 m. Eleven accessions of mulberry were selected, based on morphological characteristics to analyze the chemical composition in fruit. The results show that Titratable acidity (TA), Total soluble solid (TSS) and the ratio of TSS/TA in fruit range from 4.27-30.48 %, 8.00-24.67 °brix and 0.38-4.45, respectively. In addition, total phenolic compound (TPC) in mulberry was 24.50-24.64 mgGAE/100 g and Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) was 9.95-86.94 %.

Keywords: Evaluation, Open-pollinated, Fruit Mulberry, Morphological Traits

บทคัดย่อ

การประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของหม่อน 62 สายพันธุ์ ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพาน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนสิงหาคม 2559 ถึงเดือนมีนาคม 2560 พบว่า ต้นหม่อนส่วนใหญ่มีลักษณะใบแบบ Cordate ชนิดของดอกมีทั้งหมด 4 แบบคือ เพศเมีย, เพศผู้, กระเทย และมี 2 เพศในต้นเดียวกัน ความยาวของใบอยู่ในช่วง 11.17-30.73 ซม. ความกว้างของใบอยู่ในช่วง 8.50-23.00 ซม. ความสูงของต้นอยู่ในช่วง 1.16-5.19 ม. และจากการคัดเลือกหม่อน 11 สายพันธุ์ เพื่อทดสอบคุณภาพของผล พบว่าค่ากรด (TA) อยู่ในช่วง 4.27-30.48 % ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (TSS) อยู่ในช่วง 8.00-24.67 $^{\circ}$brix ค่า TSS/TA อยู่ในช่วง 0.38-4.45 มีสารประกอบฟีนอลลิค 24.50-24.64 mgGAE/100 g และค่า Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) อยู่ในช่วง 9.95-86.94 %

คำสำคัญ: การประเมิน สายพันธุ์เปิด หม่อนผลสด ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

คำนำ

หม่อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus* spp. เป็นไม้ยืนต้นจำพวกไม้พุ่ม มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน สำหรับประเทศไทยพบมีการปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อยู่ในวงศ์ Moraceae ลักษณะที่สำคัญของพืชวงศ์นี้ คือ มียางมีขนที่ใบ (บางพันธุ์อาจมีน้อยมาก) มีเส้นใย ใบมีรูปร่างแตกต่างกันทั้งที่เป็นแฉกและไม่เป็นแฉก หม่อนแต่ละพันธุ์จะมีเพียงเพศเดียว มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่พบดอกทั้ง 2 เพศอยู่ในต้นเดียวกัน หม่อนที่มีดอกเพศเมียจะมีเมล็ดสำหรับขยายพันธุ์แต่ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากจะได้ต้นที่มีลักษณะแตกต่างจากพันธุ์เดิม เพราะมีการผสมข้ามจึงนิยมขยายพันธุ์ด้วยการปักชำ ท่อนพันธุ์หม่อนสามารถเจริญได้ดีตั้งแต่เขตอบอุ่นจนถึงเขตร้อน (กรมหม่อนไหม, 2558) หม่อนอุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เควอซิติน (Quercetin) ที่ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง มีส่วนช่วยในการเพิ่มการทำงาน

[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, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000
[2]ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000
[2]Queen Sirikit Sericulture Center Sakon Nakhon, Meuang District, Sakon Nakhon Province 47000,
[3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150
[3]Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

ของระบบทางเดินอาหาร และลดการอักเสบของหลอดเลือด อันเป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งโรคทางระบบประสาทและสมอง (กรมหม่อนไหม, 2558) อีกทั้งยังมีรสชาติดี สีสวย ชวนให้รับประทาน ผลหม่อนห่ามจะมีสีแดง ให้รสเปรี้ยว ผลหม่อนสุกจะมีสีม่วงดำให้รสหวานจัด (กรมหม่อนไหม, 2558) ตำรับยาโบราณมีการใช้ผลหม่อนต้มบริโภคทั้งเนื้อและน้ำแก้โรคไขข้ออักเสบ ท้องผูก โลหิตจาง และขับเสมหะ (ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เลย กรมหม่อนไหม, 2558) ในอดีตการปลูกต้นหม่อนมีจุดมุ่งเน้นในการนำใบหม่อนไปเลี้ยงไหมเพียงอย่างเดียว แต่ปัจจุบันเมื่อวิทยาการด้านต่างๆ เจริญมากขึ้นเริ่มมีการพัฒนาโดยใช้ผลหม่อนและเส้นไหมมาเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์สูงขึ้น เช่น นำกิ่งหม่อนไปย่อยทำวัสดุเพาะเห็ด นำเส้นไหมมาทอผ้า นำผลหม่อนไปแปรรูป (แยม น้ำผลไม้ ไวน์) เป็นส่วนผสมของข้าวเกรียบ หรือไอศกรีม เป็นต้น (วิโรจน์, 2555)

หม่อนได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายมากขึ้นในกลุ่มของคนรักสุขภาพเนื่องจากคุณประโยชน์ที่หลากหลาย ซึ่งอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่เสริมสร้างร่างกายให้เจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ อีกทั้งยังสามารถสร้างภูมิคุ้มกัน ป้องกันหรือบำบัดโรคได้ จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการนำสายพันธุ์หม่อนลูกผสมเปิดมาศึกษาลักษณะทางสรีระวิทยาของหม่อนเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์และสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดของสายพันธุ์หม่อนลูกผสมเปิดจำนวน 62 สายพันธุ์ แบ่งเป็น สายพันธุ์ที่ได้จากพม่า จำนวน 32 สายพันธุ์ และสายพันธุ์พื้นเมืองของไทยจำนวน 30 สายพันธุ์ มาเพาะในกระบะเพาะเมล็ดและนำไปปลูกในแปลงที่ระยะปลูก 50x50 ซม. จากนั้นศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ลักษณะใบ ชนิดของดอก ความยาวของใบ ความกว้างของใบ และความสูงต้น และองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ค่า Titratable acidity (TA) บันทึกข้อมูล คำนวณดังสมการ

$$\%\ TA = \frac{\text{ml alkali x normality of alkali x equivalent weight of citric acid}}{\text{Weight of the sample (in ml) x 10}} \times 100$$

ค่า Total soluble solids (TSS) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยนำตัวอย่างวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วย Hand Refractometer รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix), TSS/TA, Total phenolic compounds (TPC) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลรวมตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Tsai และคณะ (2002) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง microplate reader ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร รายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิค (mg/g Gallic acid equivalent, GAE) และ Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Iqbal และคณะ (2012) และวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง microplate reader ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเป็นร้อยละของการยับยั้ง (% inhibition) คำนวณดังสมการ

$$\%\ \text{Inhibition} = \frac{\text{A control - A samp}}{\text{A control}} \times 100$$

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลตลอดจนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05$

ผลและวิจารณ์ผล

เมื่อพิจารณาลักษณะใบของหม่อนจำนวน 62 สายพันธุ์ พบว่า แบ่งใบออกเป็น 6 กลุ่ม โดยพบลักษณะใบแบบ Cordate จำนวน 32 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2001, 2004, 2007, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2022, 2024, 2027, 2029, 2030, 2031, 2032, 3001, 3002, 3003, 3009, 3010, 3011, 3014, 3015, 3021, 3027 และ 3029 ลักษณะใบแบบ Lanceolate จำนวน 23 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2002, 2003, 2005, 2006, 2008, 2012, 2021, 2023, 2025, 2026, 2028, 3004, 3005, 3006, 3008, 3012, 3016, 3019, 3020, 3022, 3025, 3026 และ 3030 ลักษณะใบแบบ 3 Lobed จำนวน 2 สายพันธ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 3007 และ 3017 ลักษณะใบแบบ 5 Lobed จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 3013, 3023 และ 3028 ลักษณะใบแบบ 7 Lobed จำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 3024 และลักษณะใบแบบ 5,7 Lobed จำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 3018

จากการศึกษา พบว่า ลักษณะดอกสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม โดยพบสายพันธุ์ที่มีดอกเพศเมีย จำนวน 15 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2004, 2005, 2011, 2013, 2015, 2018, 2020, 2022, 2028, 2031, 2032, 3010, 3016, 3019 และ 3020 สายพันธุ์ที่มีดอกเพศผู้ จำนวน 22 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2001, 2003, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2014, 2016, 2017, 2019, 2021, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2030, 3003, 3005, 3011 และ 3017 สายพันธุ์ที่มีดอกทั้ง 2 เพศ จำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2002 สายพันธุ์ที่มีดอกกระเทย จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2006 และ 2029 และสายพันธุ์ที่ยังไม่ทราบชนิดดอก จำนวน 22 สายพันธุ์

ได้แก่ สายพันธุ์ 3001, 3002, 3004, 3006, 3007, 3008, 3009, 3012, 3013, 3014, 3015, 3018, 3021, 3022, 3023, 3024, 3025, 3026, 3027, 3028, 3029 และ 3030

ความยาวของใบหม่อน พบว่า มีความยาวของใบอยู่ในช่วง 11.17-30.73 ซม. โดยสายพันธุ์ 2029 มีความยาวใบมากที่สุด เท่ากับ 30.73 ซม. รองลงมาคือ สายพันธุ์ 2018, 2012 และ 2022 มีความยาวใบ เท่ากับ 29.90, 27.57 และ 26.50 ซม. ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 3018 มีความยาวของใบน้อยที่สุด เท่ากับ 11.17 ซม.

ในขณะที่ความกว้างของใบอยู่ในช่วง 8.50-23.00 ซม. โดยสายพันธุ์ 2029 มีความกว้างของใบมากที่สุด เท่ากับ 23.00 ซม. รองลงมาคือ สายพันธุ์ 2018, 2022, 2010 มีความกว้างของใบเท่ากับ 21.97, 21.50 และ 20.13 ซม. ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 3018 มีความกว้างของใบน้อยที่สุด เท่ากับ 8.5 ซม.

นอกจากนั้น หม่อนที่ใช้ศึกษายังมีความสูงต้นอยู่ในช่วง 1.16-5.19 ม. โดยสายพันธุ์ 2009 มีความสูงต้นมากที่สุด เท่ากับ 5.19 ม. รองลงมาคือ สายพันธุ์ 2011, 2013 และ 2026 มีความสูงต้น เท่ากับ 4.63, 4.53 และ 4.50 ม. ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 3014 มีความสูงต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 1.16 ม.

จากการทดลองพบว่า ความยาวของใบและความกว้างของใบมีการกระจายตัวของลักษณะ โดยในสายพันธุ์ 2029 มีความยาวของใบมากที่สุด ส่วนสายพันธุ์ 3018 มีความยาวของใบน้อยที่สุด ความกว้างของใบ สายพันธุ์ 2029 มีความกว้างของใบมากที่สุด ส่วนสายพันธุ์ 3018 มีความกว้างของใบน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในแต่ละสายพันธุ์นั้นมีความแตกต่างกันตามลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมความเหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศ การตอบสนองต่อปุ๋ย และที่ตอบสนองในแต่ละสายพันธุ์ที่มีไม่เท่ากัน (สมหญิง และคณะ, 2538)

ความสูงของต้น สายพันธุ์ 2009 มีความสูงของต้นมากที่สุด และสายพันธุ์ 3014 มีความสูงต้นน้อยที่สุด ลักษณะใบโดยรวมส่วนใหญ่ มีลักษณะใบแบบ Cordate ทั้งนี้เนื่องจากพันธุกรรมและลักษณะทางกายภาพของพันธุ์หม่อนแตกต่างกัน (Ahsan และคณะ 2010)

จากลักษณะทางสัณฐานวิทยา ทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์หม่อนได้ 11 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2002, 2005, 2011, 2013, 2015, 2020, 2022, 2029, 2031, 2032 และ 3016 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าค่า Titratable acidity (TA) อยู่ในช่วง 4.27-30.48 % โดยสายพันธุ์ 2013 มีค่า TA มากที่สุดเท่ากับ 30.48 % รองลงมาคือ สายพันธุ์ 2031, 2002 และ 2020 โดยมีค่า TA เท่ากับ 29.09, 21.33 และ 16.00 % ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 2015 มีค่า TA น้อยที่สุด เท่ากับ 4.27 % ค่า Total soluble solid (TSS) อยู่ในช่วง 8.00-24.67 ^{o}brix โดยสายพันธุ์ 2011 มีค่า TSS มากที่สุด เท่ากับ 24.67 ^{o}brix รองลงมาคือ สายพันธุ์ 2022, 2029 และ 2015 โดยมีค่า TSS เท่ากับ 21.00, 20.33 และ 19.00 ^{o}brix ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 3016 มีค่า TSS น้อยที่สุด เท่ากับ 8.00 ^{o}brix ค่า TSS/TA อยู่ในช่วง 0.38-4.45 โดยสายพันธุ์ 2015 มีค่า TSS/TA มากที่สุด เท่ากับ 4.45 รองลงมาคือ สายพันธุ์ 2011, 2005 และ 2022 มีค่า TSS/TA เท่ากับ 3.85, 2.11 และ 1.64 ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 2031 มีค่า TSS/TA น้อยที่สุด เท่ากับ 0.38 ค่า Total phenolic compound (TPC) ของหม่อนทั้งหมด 11 สายพันธุ์ อยู่ในช่วง 24.50-24.64 mgGAE/100 g และค่า DPPH อยู่ในช่วง 9.95-86.94 % โดยสายพันธุ์ 2015 มี DPPH มากที่สุด เท่ากับ 86.94 % รองลงมาคือ สายพันธุ์ 2002, 2011 และ 2020 มีค่า Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เท่ากับ 79.86, 71.11 และ 67.83 % ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 2029 มีค่า DPPH น้อยที่สุด เท่ากับ 9.95 % (Table 1)

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหม่อนที่ผ่านการคัดเลือก พบว่า ค่า TA อยู่ในช่วง 4.27-30.48 % ค่า TSS อยู่ในช่วง 8.00-24.67 ^{o}brix และค่า TSS/TA อยู่ในช่วง 0.38-4.45 ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อผลหม่อนเข้าสู่กระบวนการสุกปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นและปริมาณกรดลดลงทำให้อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (Ercisli และ Orhan, 2007) และเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรสชาติระหว่างผลสุกจึงทำให้ค่าความเป็นกรดที่ได้นั้นมีความแตกต่างกันสูง (สังคม, 2547) ค่า TPC เท่ากับ 24.50-24.64 mgGAE/100 g และ ค่า DPPH อยู่ในช่วง 9.95-86.94 % ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลหม่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพราะมีสารกลุ่มโพลีฟีนอล กลุ่มแอนโทไซยานินในหม่อนผลสุก (ผลสีดำ) มากกว่าหม่อนผลห่าม (ผลสีแดง) (วิโรจน์, 2555) และปริมาณแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลลิคอื่นๆ ก็เป็นสารประกอบหลักในการต้านออกซิเดชัน (Michalczyk และคณะ 2009) ดังนั้นการแสดงผลของคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระจึงมีความแตกต่างกัน

สรุป

1. จากการศึกษาลักษณะของหม่อนจำนวน 62 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาส่วนใหญ่มีลักษณะใบแบบ Cordate ชนิดของดอกมีทั้งหมด 4 แบบคือ เพศเมีย, เพศผู้, กระเทย และมี 2 เพศในต้นเดียวกัน ส่วนความยาวของใบอยู่ในช่วง 11.17-30.37 ซม. ความกว้างของใบอยู่ในช่วง 8.50-23.00 ซม. ความสูงของต้นอยู่ในช่วง 1.16-5.19 ม.

2. ได้คัดเลือกสายพันธุ์หม่อนจำนวน 11 สายพันธุ์ จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของหม่อน พบว่าค่า TA% อยู่ในช่วง 4.27-30.48 % ค่า TSS อยู่ในช่วง 8.00-24.67 ^{o}brix ค่า TSS/TA อยู่ในช่วง 0.38-4.45 ค่า TPC เท่ากับ 24.50-

24.64 mgGAE/100 g โดยผลที่ได้ค่าปริมาณของ Total Phenolic Content มีค่าใกล้เคียงกัน และค่า % DPPH scavenging อยู่ในช่วง 9.95-86.94 % ส่วนค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH นั้นแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ และทำการคัดเลือกสายพันธุ์ 2011 เนื่องจากมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ความหวาน และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ จังหวัดสกลนคร และมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมหม่อนไหม, 2558, คู่มือการผลิตหม่อนอินทรีย์, กรุงเทพฯ, 32 หน้า.

วิโรจน์ แก้วเรือง, 2555, หม่อนผลไม้เภสัชโภชนาภัณฑ์, ว. หมอชาวบ้าน, ฉ.397:30-35.

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เลย กรมหม่อนไหม, 2558, มัลเบอรี่ ผลไม้ลูกเล็กเปี่ยมประโยชน์ [สืบค้น], http://www.qsds.go.th/qssc_lei/inside_page.php?pageid=46 [14/ July /17].

สมหญิง ชุประยูร, สฤษดิพร ชูประยูร และพรทิพย์ สุคนธสิงห์, 2538, การปลูกหม่อนเลี้ยงไหม, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร แห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

สังคม เตชะวงค์เสถียร, 2547, สรีรวิทยาของพืชสวน ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 173 หน้า.

Ahsan, M. K., Rahman, S. M. and Haque, M. T., 2010, Genetic variability, heritability and correlation analysis for some characters in hybrids of the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L., J. Life Earth Sci, 5:43-46.

Ercisli, S. and Orhan, E., 2007, Some Physic-chemical Characteristics of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Genotypes from *Northeast Anatolia* Region of Turkey, Scientia Horticulturae, 116:41-46.

Lqbal, S., Younas, U., Sirajuddin, K. W., Chan, R., Sarfraz, A. and Uddin. Md. K., 2012, Proximate Composition and Antioxidant Potential of Leaves from Three Varieties of Mulberry (*Morus* sp.): A Comparative Study. Int. J. Mol. Sci., 6651-6664.

Michalczyk, M., Macura R. and Matuszak. I., 2009, The Effect of Air-Drying, Freeze-Drying and Storage on the Qualllity and Antioxidant Activity of some Selected Berries, Journal of Food Processing and Preservation, 3311-21.

Tsai, P. J., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B. and Jordan, B., 2002, Anthocyanin and antioxidant capacity in roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) extract, Journal of Computer Science and Technology, 35:351-356.

Table 1 Chemical compositions of 11 accessions of open pollinated mulberry (*Morus* spp.).

Accession	TA (%)	TSS (^{o}brix)	TSS/TA	TPC (mgGAE/100 g)	DPPH (%)
2002	21.33	17.33b	0.81ef	24.64	79.86b
2005	7.11	15.00bc	2.11c	24.64	53.78f
2011	6.40	24.67a	3.85b	24.64	71.11c
2013	30.48	18.67ab	0.61f	24.64	45.20h
2015	4.27	19.00ab	4.45a	24.64	86.94a
2020	16.00	11.33cd	0.71ef	24.64	67.83d
2022	12.80	21.00ab	1.64cd	24.64	27.12j
2029	12.80	20.33ab	1.59cd	24.50	9.95k
2031	29.09	11.00cd	0.38f	24.64	32.72i
2032	12.80	16.33bc	1.28de	24.64	62.65e
3016	9.14	8.00d	0.88ef	24.64	51.30g
Mean	14.75	16.61	1.67	24.63	53.96
% CV	-	19.51	18.88	0.30	2.26
Pr>F	-	0.0001	0.0001	0.3495	0.0001

Titratable acidity of mulberry fruit (TA%), Total soluble solids (TSS), Total phenolic compounds (TPC) and Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

การรอดชีวิตของโพรไบโอติกในไอศกรีมนมเสริมแอนโทไซยานินสกัดจากกากเม่า
Survival of Probiotics in Milk Ice-cream Supplemented Anthocyanin Extract from Mao Residual

พิทยา ใจคำ[1]
Chaikham, P.[1]

Abstract

This research aimed to monitor the survival of *Lactobacillus acidophilus* LA5 and *Bifidobacterium lactis* Bb-12 in milk ice-cream supplemented with anthocyanin powder (5%, w/w) as extracted from Mao residual. It was found that both probiotics showed to have higher survivability in anthocyanin-rich ice-cream during production and storage at -20ºC for 2 months than those in plain ice-cream (control). The levels of total anthocyanins and DPPH-radical scavenging activity (DPPH assay) apparently decreased throughout the storage time. At the final stage of storage, the numbers of *B. lactis* Bb-12 were significant higher than *L. acidophilus* LA5, whereas total anthocyanin contents were insignificant differences in all ice-cream batches. The supplementation of probiotics and anthocyanin powder into the ice-cream mixture found to be having none effect on overall acceptability scores of the products and the volunteers still felt like (scores ~ 7) after storage for 2 months.

Keywords: probiotics, milk ice-cream, anthocyanin, Mao residual

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการรอดชีวิตของ *Lactobacillus acidophilus* LA5 และ *Bifidobacterium lactis* Bb-12 ในไอศกรีมนมเสริมผงแอนโทไซยานินที่สกัดจากกากเม่า พบว่า โพรไบโอติกทั้งสองสายพันธุ์มีความสามารถในการรอดชีวิตในไอศกรีมที่มีแอนโทไซยานินผสมสูงกว่าในไอศกรีมชุดควบคุมทั้งในระหว่างการผลิต และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน ระดับของแอนโทไซยานินทั้งหมด และกิจกรรมในการจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH assay) มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ณ วันสิ้นสุดการเก็บรักษาพบว่า จำนวนของ *B. lactis* Bb-12 มีค่าสูงกว่าจำนวนของ *L. acidophilus* LA5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในไอศกรีมทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเสริมโพรไบโอติก และแอนโทไซยานินผงลงในส่วนผสมของไอศกรีมไม่มีผลกระทบต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ และผู้บริโภคยังคงรู้สึกชอบ (คะแนน ~ 7) หลังจากเก็บรักษาครบ 2 เดือน

คำสำคัญ: โพรไบโอติก ไอศกรีมนม แอนโทไซยานิน กากเม่า

บทนำ

เม่า หรือเม่าเบอร์รี่ (*Antidesma bunius* (Linn) Spreng) เป็นผลไม้ท้องถิ่นที่พบทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่จังหวัดรอบแถบเทือกเขาภูพาน ได้แก่ มุกดาหาร นครพนม และสกลนคร เป็นต้น (กานดา และสุดาทิพย์, 2558) ผลเม่าสุกจะมีสีม่วงเข้ม รสเปรี้ยว ฝาด และหวานปนกัน น้ำคั้นที่ได้จากผลเม่าสุกเป็นสีม่วง-แดงเข้ม ซึ่งเป็นสีของรงควัตถุแอนโทไซยานิน (anthocyanins) และทนทานต่อการเปลี่ยนสีในกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร (Chaikham และคณะ, 2016) ปัจจุบันได้มีการนำผลเม่าสุกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น น้ำเม่า ไวน์ และแยม โดยผลเม่าจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (bioactive compounds) หลายชนิด จากรายงานวิจัยของอร่าม และวินัย (2543) พบว่า ผลเม่าสุก 100 กรัม ประกอบไปด้วยโปรตีน 0.63 กรัม ไขมัน 0.09 กรัม ใยอาหาร 0.79 กรัม เถ้า 0.93 กรัม คาร์โบไฮเดรต 17.96 กรัม แคลเซียม 13.30 มิลลิกรัม เหล็ก 0.44 มิลลิกรัม สังกะสี 0.26 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 4.50 ไมโครกรัม วิตามินบี 2 0.03 ไมโครกรัม และวิตามินอี 0.38 มิลลิกรัม นอกจากนั้นยังพบว่า ผลเม่ามีสารประกอบของสารกลุ่มฟีนอลิกสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ โดยสารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการต้าน

[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

อนุมูลอิสระ ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ และป้องกันโรคมะเร็ง (Jorjong และคณะ, 2015) ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเม่านั้นจะทำให้มีของเหลือจากการแปรรูป หรือกากเม่าจำนวนมาก โดย Puangpronpitag และคณะ (2008) พบว่า สารสกัดจากกากเม่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้เทียบเท่ากับสารสกัดจากเมล็ดองุ่น ดังนั้นจึงมีความเป็นได้ว่าจะสามารถนำกากเม่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยใช้ในการผสมอาหารชนิดอื่น ๆ เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ในด้านสุขภาพแก่ผลิตภัณฑ์

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างมาก โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสูตรของไอศกรีมออกมาหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไอศกรีมเพื่อสุขภาพ ซึ่งผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้จะมีการเสริมสารอาหาร สารสกัดจากพืช หรือเซลล์ของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์กับร่างกายลงไป (พิทยา, 2559) สำหรับการศึกษานี้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะผลิตไอศกรีมนมที่มีการเสริมแอนโทไซยานินสกัดจากกากเม่า และโพรไบโอติก โดยเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าโพรไบโอติกเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ในรูปที่มีชีวิตซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยคุณสมบัติของโพรไบโอติกที่สำคัญ คือ มีความสามารถในการปกป้องร่างกายไม่ให้ได้รับอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และสามารถผลิตเอนไซม์มาย่อยสารอาหารบางประเภทที่ระบบการย่อยในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ให้เป็นสารที่มีประโยชน์ และร่างกายดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ (Chaikham, 2015)

ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาการรอดชีวิตของ *Lactobacillus acidophilus* LA5 และ *Bifidobacterium lactis* Bb-12 ในไอศกรีมนมเสริมผงแอนโทไซยานินที่สกัดจากกากเม่า ในระหว่างการผลิต และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน นอกจากนั้นยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานิน และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) รวมทั้งศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดแอนโทไซยานินทำได้โดยนำกากเม่ามาอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เป็นผงโดยใช้เครื่องปั่น นำกากเม่าผงที่ได้ผสมกับเอทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 20 โดยน้ำหนัก สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman® No. 4 และทำการระเหยตัวทำลายด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Buchi, Labortechnik AG, Switzerland) จนกระทั่งวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 5 องศาบริกซ์ (ดัดแปลงจากวิธีของ Laokuldilok และ Kanha, 2015) นำสารสกัดที่ได้ผสมกับนมสดพาสเจอไรซ์ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 9 โดยปริมาตร จากนั้นทำให้เป็นผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (JCM Engineering Concept, Bangkok, Thailand) โดยใช้สภาวะในการทำแห้งเช่นเดียวกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Chaikham และคณะ (2017) นำแอนโทไซยานินผงที่เตรียมได้ไปใช้ในการผลิตไอศกรีมต่อไป

ส่วนผสมในการผลิตไอศกรีม (โดยน้ำหนัก) ประกอบด้วย นมสดพาสเจอไรซ์ 72 เปอร์เซ็นต์ แอนโทไซยานินผง หรือนมผง 10 เปอร์เซ็นต์ เนยสด 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลซูโครส 12 เปอร์เซ็นต์ เจลาติน 0.6 เปอร์เซ็นต์ และแป้งข้าวโพด 0.4 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการเตรียมส่วนผสม และผลิตไอศกรีมตามวิธีของ Phianmongkhol และคณะ (2012) ซึ่งใช้เวลาในการผลิต 1 ชั่วโมง ในระหว่างที่ทำการผลิตไอศกรีมจะมีการเติมเซลล์ของ *L. acidophilus* LA5 และ *B. lactis* Bb-12 ลงไปที่ปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก การเตรียม และแยกเซลล์ของโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ ทำตามวิธีของ Chaikham (2015)

วิเคราะห์หาจำนวนเหลือรอดของโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ในระหว่างการผลิต และเก็บรักษาไอศกรีมที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยใช้วิธี Pour plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ตามวิธีของ Chaikham (2015) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานิน และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) โดยใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Lambda Bio-20, Perkin Elmer, USA) ตามวิธีที่อ้างอิงในงานวิจัยของ Chaikham และคณะ (2016) การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน ตามวิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผล**

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการรอดชีวิตของ *L. acidophilus* LA5 และ *B. lactis* Bb-12 ในไอศกรีมนมที่มีการเสริมแอนโทไซยานินสกัดจากกากเม่าในระหว่างการผลิต และการเก็บรักษา (Tables 1 และ 2) จากผลการทดลองพบว่า ในขั้นตอนการผลิตไอศกรีมจำนวนโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์มีจำนวนที่ลดลงเล็กน้อย โดยมีอัตราการรอดชีวิตอยู่ในช่วง 99.64-99.83 เปอร์เซ็นต์ ใน

ไอศกรีมนมที่มีการเสริมแอนโทไซยานินสกัดจากกากเม่าพบเซลล์ของโพรไบโอติกที่รอดชีวิตสูงกว่าไอศกรีมที่ไม่การเสริมแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส โดยเก็บตัวอย่างทุก ๆ 1 เดือน พบว่า จำนวนของโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีจำนวนลดลงในช่วงของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเก็บตัวอย่างครบ 2 เดือน พบว่า จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตของโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ในไอศกรีมนมที่มีการเสริมแอนโทไซ-ยานินสกัดจากกากเม่ามีค่าสูงกว่าไอศกรีมที่ไม่การเสริมแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งอัตราการรอดชีวิตของ *B. Lactis* Bb-12 จะมีค่าสูงกว่า *L. acidophilus* LA5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นสรุปได้ว่า การเสริมแอนโท-ไซยานินสกัดจากกากเม่าลงในไอศกรีมสามารถช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติกได้ โดยในงานวิจัยนี้ยังพบว่า เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตของโพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ ยังคงมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารโพรไบโอติก โดยกำหนดไว้ว่าอาหารโพรไบโอติกจะต้องมีจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตมากกว่า 6 CFU/g หรือ CFU/ml ก่อนนำมาบริโภค จึงจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Tripathi และ Giri, 2014)

Table 3 แสดงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมในไอศกรีมนมที่มีการเสริมแอนโทไซยานินสกัดจากกากเม่า และโพรไบโอติก จากผลการทดลองพบว่า ไอศกรีมทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยที่สายพันธุ์ของโพรไบโอติกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่มีผลต่ออัตราการลดลงดังกล่าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมทั่วไป 50 คน พบว่า คะแนนความชอบของไอศกรีมนมที่มีการเสริมแอนโทไซยานินสกัดจากกากเม่า และโพรไบโอติกอยู่ในระดับมาก (~ 7 คะแนน) โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา และสายพันธุ์ของโพรไบโอติกไม่มีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุป

จากผลการทดลองพบว่า *L. acidophilus* LA5 และ *B. lactis* Bb-12 มีอัตราการรอดชีวิตในไอศกรีมที่ผสมแอนโทไซ-ยานินสกัดจากกากเม่าสูงกว่าในไอศกรีมที่ไม่มีการผสมแอนโทไซยานิน (ชุดควบคุม) ทั้งในระหว่างการผลิต และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดย *B. lactis* Bb-12 มีอัตราการรอดชีวิตที่สูงกว่า *L. acidophilus* LA5 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) ก็มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงของการเก็บรักษา โดยที่สายพันธุ์ของโพรไบโอติกไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว นอกจากนั้นยังพบว่า การเสริมโพรไบโอติกไม่มีผลกระทบต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมของไอศกรีมที่ผสมแอนโทไซยานินสกัดจากกากเม่า และเมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคยังให้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.27-7.28 คะแนน หลังจากเก็บรักษาครบ 2 เดือน

เอกสารอ้างอิง

กานดา ล้อแก้วมณี และสุดาทิพย์ แสนสุภา, 2558, คุณค่าทางโภชนาการของกากเม่า, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3)(พิเศษ): 569-572.

พิทยา ใจคำ, 2559, การรอดชีวิตของโพรไบโอติกในไอศกรีมไขมันต่ำที่ใช้กัมจากเครือหมาน้อยเป็นสารเพิ่มความคงตัว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47(2)(พิเศษ): 33-36.

อร่าม คุ้มกลาง และวินัย แสงแก้ว, 2543, งานประดิษฐ์คิดค้นผลิตภัณฑ์จากพืชตระกูลเม่า, โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

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., Kemsawasd, V. And Seesuriyachan, P., 2017, Spray Drying Probiotics Along with Maoluang Juice plus *Tiliacora triandra* Gum for Exposure to the *In Vitro* Gastrointestinal Environments, LWT-Food Science and Technology, 78: 31-40.

Chaikham, P., Prangthip, P. and Seesuriyachan, P., 2016, Ultra-Sonication Effects on Quality Attributes of Maoberry (*Antidesma bunius* L.) Juice, Food Science and Technology Research, 22(5): 647-654.

Jorjong, S., Butkhup, L. and Samappito, S., 2015, Phytochemicals and Antioxidant Capacities of Mao-Luang (*Antidesma bunius* L.) Cultivars from Northeastern Thailand, Food Chemistry, 181: 248-255.

Laokuldilok, T. and Kanha, N., 2015, Effects of Processing Conditions on Powder Properties of Black Glutinous Rice (*Oryza sativa* L.) Bran Anthocyanins Produced by Spray Drying and Freeze Drying, LWT-Food Science and Technology, 64: 405-411.

Puangpronpitag, D., Areejitranusorn, P., Boonsiri, P., Suttajit, M. and Yongvanit, P., 2008, Antioxidant Activities of Polyphenolic Compounds Isolated from *Antidesma thwaitesianum* Mull. Arg. Seeds and Marces, Journal of Food Science, 73: 648-653.

Tripathi, M.K. and Giri, S.K., 2014, Probiotic Functional Foods: Survival of Probiotics during Processing and Storage, Journal of Functional Foods, 9: 225–241.

Table 1 Cell numbers of probiotic before and after ice cream production.

Probiotics	Samples	Cell numbers (CFU/g)		Survival rate (%)
		Before (N_0)	After (N_1)	($\log N_1/\log N_0$) × 100
L. acidophilus LA5 (L)	IC-WL	$6.64 \pm 0.65 \times 10^{10}$	$6.07 \pm 0.49 \times 10^{10}$	99.64[c]
	IC-ML	$6.70 \pm 0.53 \times 10^{10}$	$6.32 \pm 0.61 \times 10^{10}$	99.77[ab]
B. lactis Bb-12 (B)	IC-WB	$6.68 \pm 0.71 \times 10^{10}$	$6.20 \pm 0.57 \times 10^{10}$	99.70[bc]
	IC-MB	$6.72 \pm 0.86 \times 10^{10}$	$6.44 \pm 0.56 \times 10^{10}$	99.83[a]

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different ($p>0.05$). Means were the determination of triplication (n = 3). IC-W is pure ice cream and IC-M is ice cream mixed with Mao's anthocyanin powder.

Table 2 Survivability of probiotics in ice creams during storage at -20°C for 60 days.

Probiotics	Samples	Survival cells of probiotics during storage (CFU/g)			Cell reduction
		Initial stage	Month 1	Month 2	(log CFUs)
L. acidophilus LA5 (L)	IC-WL	$6.21 \pm 0.57 \times 10^{10}$	$4.72 \pm 1.17 \times 10^{9}$	$1.72 \pm 0.40 \times 10^{9}$	1.56[a]
	IC-ML	$6.28 \pm 0.49 \times 10^{10}$	$8.62 \pm 0.74 \times 10^{9}$	$4.66 \pm 0.54 \times 10^{9}$	1.13[b]
B. lactis Bb-12 (B)	IC-WB	$6.21 \pm 0.71 \times 10^{10}$	$8.68 \pm 0.71 \times 10^{9}$	$5.10 \pm 0.98 \times 10^{9}$	1.09[b]
	IC-MB	$6.40 \pm 0.54 \times 10^{10}$	$1.02 \pm 0.35 \times 10^{10}$	$7.63 \pm 1.02 \times 10^{9}$	0.92[c]

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different ($p>0.05$). Means were the determination of triplication (n = 3). IC-W is pure ice cream and IC-M is ice cream mixed with Mao's anthocyanin powder.

Table 3 Changes of total anthocyanins, DPPH inhibition and overall acceptability of probiotic-ice creams supplemented with Mao's anthocyanin powder.

Storage times	Total anthocyanins* (mg CE/100 g)		DPPH inhibition* (%)		Overall acceptability**	
	IC-ML	IC-MB	IC-ML	IC-MB	IC-ML	IC-MB
Initial stage	69.45 ± 2.70[Aa]	70.19 ± 1.98[Aa]	26.80 ± 2.11[Aa]	25.82 ± 2.03[Aa]	7.39 ± 0.67[Aa]	7.42 ± 0.72[Aa]
Month 1	60.14 ± 1.84[Ba]	61.29 ± 0.85[Ba]	19.13 ± 1.42[Ba]	20.51 ± 2.01[Ba]	7.21 ± 0.45[Aa]	7.35 ± 0.60[Aa]
Month 2	53.07 ± 1.01[Ca]	51.99 ± 2.41[Ca]	18.67 ± 1.75[Ca]	17.25 ± 1.54[Ca]	7.27 ± 0.50[Aa]	7.28 ± 0.61[Aa]

Means in the same column or row followed by the same capital or lowercase letters respectively are not significantly different ($p>0.05$). *Means were the determination of triplications (n = 3). **Means were the determination of fifty replications (50 panelists). IC-ML is ice cream mixed with Mao's anthocyanin powder and *L. acidophilus* LA5 and IC-MB is ice cream mixed with Mao's anthocyanin powder and *B. lactis* Bb-12.

ผลของกัมจากใบย่านางต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ที่อาศัยในลำไส้ใหญ่ภายใต้สภาวะจำลอง
Effect of Yanang Gum on Modulating of Colon Microbiome Under Simulated Condition

พิทยา ใจคำ[1] จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และพวงชมพู หงษ์ชัย[1]
Chaikham, P.[1], Malipand, C. [1] and Hongchai, P.[1]

Abstract

This study purposed to investigate the effect of Yanang (*Tiliacora triandra*) gum (1%, 3% and 5%, w/v) on the population and metabolic activities of colon microflora under *in vitro* colon model. The results showed that Yanang gum noticeably enhanced the increase of short-chain fatty acids (acetate, propionate, butyrate and total short-chain fatty acids) and health beneficial bacteria (lactobacilli and bifidobacteria), in particular 5% Yanang gum addition. In contrast, ammonia contents and harmful bacteria counts (clostridia and fecal coliforms) were decreased. In this case, we can conclude that Yanang gum showed the prebiotic impacts on the human colon microbiome.

Keywords: Yanang gum, prebiotic, colon model, colon microbiome

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลของกัมจากใบย่านาง (*Tiliacora triandra*) (1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ต่อประชากรและกิจกรรมเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ภายใต้สภาวะจำลอง จากผลการทดลองพบว่ากัมจากใบย่านางกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้น (อะซิเตท โพรพิโอเนท บิวทิเรท และกรดไขมันสายโซ่สั้นทั้งหมด) และจำนวนจุลินทรีย์ที่ดีต่อสุขภาพ (แลคโตบาซิลไล และไบฟิโดแบคทีเรีย) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเติมกัมจากใบย่านางปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ในทางตรงกันข้ามพบว่า ปริมาณแอมโมเนีย และจำนวนแบคทีเรียกลุ่มที่มีอันตรายต่อสุขภาพ (คลอสทริเดียและฟีคอลคอลิฟอร์ม) มีค่าลดลง จากการศึกษานี้เราสามารถสรุปได้ว่ากัมจากใบย่านางแสดงผลของสารพรีไบโอติกต่อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์

คำสำคัญ: กัมจากใบย่านาง พรีไบโอติก ลำไส้ใหญ่จำลอง จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่

บทนำ

ใบย่านาง (*Tiliacora triandra* (Colebr.) Diels) เป็นพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปกติแล้วใบย่านางจะใช้ในการประกอบอาหารพื้นบ้านของไทยหลายตำรับ ในใบย่านางมีวิตามินเอ และวิตามินซีค่อนข้างสูง นอกจากนั้นยังประกอบด้วยสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ใยอาหาร แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ไทอะมีน ไรโบฟลาวิน ไนอะซีน เบต้าแคโรทีน ฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอล โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่กล่าวมาข้างต้นจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด และโรคมะเร็งได้ (Singthong และคณะ, 2009) สรรพคุณของใบย่านางสามารถใช้รักษาอาการไข้ ไข้มาลาเรีย และลดอาการตัวร้อนจากไข้ได้ (Wiriyachitra และ Phuriyakorn, 1981) ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Singthong และคณะ (2009) พบว่า ใบย่านางสามารถนำมาสกัดเป็นพอลิแซคคาไรด์กัม (polysaccharide gums) ได้ ซึ่งเมื่อนำมาละลายน้ำจะได้สารละลายที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์หรือเจล และพบว่ากัมจากใบย่านางที่สกัดที่ได้มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับไซแลน (xylan) โดยมีองค์ประกอบหลักที่เป็นมอนอแซคคาไรด์ (monosaccharides) ของไซโลส (xylose) กับแรมโนส (rhomnose) อะราบิโนส (arabinose) และกาแลคโตส (galactose) นอกจากนั้นในงานวิจัยของ Chaikham และคณะ (2017) พบว่า การใช้กัมจากใบย่านางผสมกับมอลโตเดกซ์ตรินร่วมกับน้ำเม่าในการเคลือบเซลล์โพรไบโอติกผง สามารถเพิ่มอัตราการอยู่รอดของโพรไบโอติกในทางเดินอาหารจำลอง และช่วยส่งเสริมให้เกิดการสร้างกรดไขมันสายโซ่สั้น (short-chain fatty acids) และการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรียชนิดดีมากขึ้นภายใต้สภาพแวดล้อมของลำไส้ใหญ่จำลอง ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับสารอินนูลิน (inulin) ซึ่งเป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสันนิษฐานว่ากัมจากใบย่านางอาจมีคุณสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก โดย Morisse และคณะ (1993) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของพรีไบโอติกว่าเป็น

[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

สารที่ช่วยกระตุ้นส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติก เมื่อจุลินทรีย์โพรไบโอติกย่อยพรีไบโอติกแล้วจะได้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ซึ่งร่างกายนำกลับไปใช้ได้หลายชนิด เช่น กรดไขมันสายโซ่สั้น และยังทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในลำไส้ใหญ่ลดลงส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติพรีไบโอติกของกัมจากใบย่านาง โดยทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมของลำไส้ใหญ่จำลอง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้นและแอมโมเนีย รวมทั้งจำนวนจุลินทรีย์ที่ดีต่อสุขภาพ ได้แก่ แลคโตบาซิลไล (lactobacilli) และไบฟิโดแบคทีเรีย (bifidobacteria) และจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ได้แก่ คลอสทริเดีย (clostridia) และฟีคอลคอลิฟอร์ม (fecal coliforms)

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดกัมจากใบย่านางทำได้โดยการนำใบย่านางสดมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เป็นผงด้วยเครื่องปั่น นำใบย่านางผงที่ผลิตได้ผสมกับน้ำกลั่นอัตราส่วน 1 ต่อ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสกัดที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman® No. 1 นำของเหลวที่กรองได้มาทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยด้วยระบบสุญญากาศจนปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาตรเริ่มต้น จากนั้นนำสารสกัดเข้มข้นที่ได้มาผสมกับเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 3 ทิ้งไว้ค้างคืน จะเกิดการตกตะกอนของพอลิแซคคาไรด์กัมขึ้น กรองเอาตะกอนที่ได้ไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศจนกระทั่งตะกอนที่ได้แห้ง (ดัดแปลงจากวิธีของ Singthong และคณะ, 2009) จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ทำการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะ และตัวอย่างอุจจาระจากคนที่มีสุขภาพดี และไม่มีประวัติรับยาปฏิชีวนะภายในระยะเวลา 6 เดือน เพื่อใช้ในแบบจำลองของลำไส้ใหญ่ ตามวิธีที่อ้างอิงในงานวิจัยของ Chaikham และคณะ (2017) จากนั้นเติมกัมจากใบย่านางที่เตรียมไว้ลงไปในระบบที่ระดับ 0, 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของของเหลวในระบบ ทำการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์หากรดไขมันสายโซ่สั้น (อะซีเตท โพรพิโอเนท และบิวทิเรท) โดยใช้เครื่อง GC (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division, Kyoto, Japan) วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย โดยใช้เครื่อง Kjeldahl Apparatus Vapodest 30 S (Gerhardt, Königswinter, Germany) และวิเคราะห์หาจำนวนแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ แลคโตบาซิลไล และไบฟิโดแบคทีเรีย และแบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ คลอสทริเดีย และฟีคอลคอลิฟอร์ม ด้วยวิธี spread plate technique โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะ การวิเคราะห์ทั้งหมดทำตามวิธีที่อ้างอิงในงานวิจัยของ Chaikham และ Rattanena (2017) การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผล

เมื่อทำการหมักกัมจากใบย่านางที่ระดับต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมของลำไส้ใหญ่จำลอง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Table 1) พบว่า ปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้น ได้แก่ อะซีเตท โพรพิโอเนท บิวทิเรท และกรดไขมันสายโซ่สั้นทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าเมื่อปริมาณกัมจากใบย่านางในระบบเพิ่มขึ้นปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้นทุกชนิดจะมีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหมักด้วยกัมจากใบย่านางที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่มีปริมาณอะซีเตท โพรพิโอเนท บิวทิเรท และกรดไขมันสายโซ่สั้นเพิ่มขึ้นในระบบถึง 4.39, 6.87, 3.18 และ 4.37 เท่า ตามลำดับ Hijova และ Chmelarova (2007) พบว่า กรดไขมันสายโซ่สั้นที่เกิดจากการหมักองค์ประกอบของอาหารที่รับประทานเข้าไปในร่างกายโดยจุลินทรีย์ชนิดดีในลำไส้ใหญ่ เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยปกติแล้วจะพบอะซีเตทมากที่สุด และพบโพรพิโอเนท และบิวทิเรทในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอัตราส่วนทีพบปริมาณอะซีเตทโพรพิโอเนท และบิวทิเรทในอุจจาระของคนที่มีสุขภาพดี คือ 60 ต่อ 20 ต่อ 20 กรดไขมันสายโซ่สั้นเหล่านี้สามารถช่วยลดสภาวะของการขับถ่ายไม่เป็นปกติ ป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด และลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ หรือโรคเกี่ยวกับระบบไหลเวียนโลหิตได้ (Van Immerseel และคณะ, 2010)

จาก Figure 1 พบว่า เมื่อทำการหมักกัมจากใบย่านางภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบจำลองของลำไส้ใหญ่ ปริมาณแอมโมเนียในระบบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก โดยพบปริมาณแอมโมเนียต่ำที่สุดในระบบที่หมักด้วยกัมจากใบย่านาง 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการหมักด้วยกัมจากใบย่านางที่ระดับต่ำกว่า ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่ากัมจากใบย่านางมีผลต่อการสร้างแอมโมเนียในระบบลำไส้ใหญ่จำลอง แอมโมเนียเป็นสารพิษที่สร้างโดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ ซึ่งเกิด

จากการย่อยสลายสารอาหารกลุ่มของโปรตีนโดยแบคทีเรียแกรมลบ (Solga, 2003) Smith และ Macfarlane (1997) รายงานว่าการพบแอมโมเนียในลำไส้ใหญ่ในปริมาณที่สูง มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ในมนุษย์ จากการศึกษานี้ยังพบว่า กัมจากใบย่านางส่งเสริมการเจริญเติบโตของของแลคโตบาซิลไล และไบฟิโดแบคทีเรีย ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ชนิดดีที่พบในลำไส้ใหญ่ ในทางตรงกันข้ามพบว่า แบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ คลอสทริเดีย และ ฟีคอลคอลิฟอร์ม มีจำนวนที่ลดลง (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Van de Wiele และคณะ (2004) และ Pankasemsuk และคณะ (2016) ซึ่งได้ทดสอบพอลิแซคคาไรด์ที่มีคุณสมบัติพรีไบโอติก ได้แก่ อินนูลินจากแก่นตะวัน และแป้งที่มีความทดทานต่อการย่อย (hi-maize starch) ภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบจำลองของลำไส้ใหญ่

สรุป

จากการหมักกัมจากใบย่านางภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบจำลองของลำไส้ใหญ่พบว่า กัมจากใบย่านางส่งเสริมให้เกิดการสร้างกรดไขมันสายโซ่สั้น และการเจริญเติบโตของแลคโตบาซิลไล และไบฟิโดแบคทีเรีย ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดดีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ ส่วนปริมาณแอมโมเนีย และจำนวนแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ได้แก่ คลอสทริเดีย และฟีคอลคอลิฟอร์มมีค่าที่ลดลง โดยกัมจากใบย่านางปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลที่เด่นชัดที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการหมักด้วยกัมจากใบย่านางที่ระดับต่ำกว่า ($p \leq 0.05$) ดังนั้นสรุปได้ว่า กัมจากใบย่านางแสดงคุณสมบัติของสารพรีไบโอติก และสามารถอาจนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

Chaikham, P. and Rattanasena, P., 2017, Combined Effects of Low-fat Ice Cream Supplemented with Probiotics on Colon Microfloral Communities and Their Metabolites During Fermentation in a Human Gut Reactor, Food Bioscience, 17: 35–41.

Chaikham, P., Kemsawasd, V. and Seesuriyachan, P., 2017, Spray Drying Probiotics Along with Maoluang Juice plus Tiliacora triandra Gum for Exposure to the *In Vitro* Gastrointestinal Environments, LWT-Food Science and Technology, 78: 31-40.

Hijova, E. and Chmelarova, A., 2007, Short Chain Fatty Acids and Colonic Health. Bratislavské lekárske listy–Bratislava Medical Journal, 108: 354–358.

Morisse, J.P., Maurice, R., Boilletot, E. and Cotte, J.P., 1993, Assessment of the Activity of a Fructo-Oligosaccharide on Different Caecal Parameters in Rabbits Experimentally Infected with *E. coli* O.103, Annals of Zootechnology, 42: 81-87.

Pankasemsuk, T., Apichartsrangkoon, A., Worametrachanon, S. and Techarang, J., 2016, Encapsulation of *Lactobacillus casei* 01 by Alginate Along with Hi-Maize Starch for Exposure to a Simulated Gut Model, Food Bioscience, 16: 32–36.

Singthong, J., Ningsanond, S. and Steve, W.C., 2009, Extraction and Physicochemical Characterization of Polysaccharide Gum from Yanang (*Tiliacora triandra*) Leaves. Food Chemistry, 114: 1301-1307.

Smith, E. and Macfarlane, G., 1997, Dissimilatory Amino Acid Metabolism in Human Colonic Bacteria. Anaerobe, 3: 327–337.

Solga, S.F., 2003, Probiotics Can Treat Hepatic Encephalopathy. Medical Hypotheses, 61: 307–313.

Van de Wiele, T., Boon, N., Possemiers, S., Jacobs, H. and Verstraete, W., 2004, Prebiotic Effects of Chicory Inulin in the Simulator of the Human Intestinal Microbial Ecosystem, FEMS Microbiology Ecology, 51: 143–153.

Van Immerseel, F., Ducatelle, R., De Vos, M., Boon, N., Van De Wiele, T., Verbeke, K. and Flint, H.J., 2010, Butyric Acid-Producing Anaerobic Bacteria as a Novel Probiotic Treatment Approach for Inflammatory Bowel Disease., Journal of Medical Microbiology, 59: 141–143.

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

Table 1 Formation of short-chain fatty acids (SCFA) in simulated colon environment after fermentation with different levels of Yanang gum at 37°C for 24 h.

Treatments	SCFA concentration (g/L) after fermentation at 37°C for 24 h							
	Acetate		Propionate		Butyrate		Total SCFA	
	Initial stage	24 h	Initial stage	24 h	Initial stage	24 h	Initial stage	24 h
YG 0%	2.18 ± 0.41^{Da}	3.20 ± 0.12^{Cd}	1.08 ± 0.21^{Fa}	2.18 ± 0.19^{Dd}	1.64 ± 0.13^{Ea}	2.50 ± 0.23^{Dd}	5.64 ± 0.48^{Ba}	8.81 ± 0.42^{Ad}
YG 1%	2.24 ± 0.25^{Ea}	4.72 ± 0.17^{Cc}	1.04 ± 0.14^{Ga}	3.35 ± 0.20^{Dc}	1.73 ± 0.20^{Fa}	3.61 ± 0.11^{Dc}	5.73 ± 0.59^{Ba}	12.70 ± 0.60^{Ac}
YG 3%	2.21 ± 0.31^{Ea}	6.61 ± 0.22^{Bb}	1.12 ± 0.15^{Ga}	5.47 ± 0.12^{Cb}	1.67 ± 0.18^{Fa}	4.10 ± 0.14^{Db}	5.65 ± 0.50^{Ca}	17.24 ± 0.75^{Ab}
YG 5%	2.12 ± 0.23^{Ea}	9.30 ± 0.10^{Ba}	1.10 ± 0.09^{Fa}	7.56 ± 0.25^{Ca}	1.88 ± 0.19^{Ea}	5.98 ± 0.24^{Da}	5.66 ± 0.32^{Da}	24.76 ± 0.67^{Aa}

Means in the same column with the same small letter, whereas means in the same row with the same capital letter indicate no significant difference (p>0.05). Each data point is the average of triplication. YG is Yanang gum.

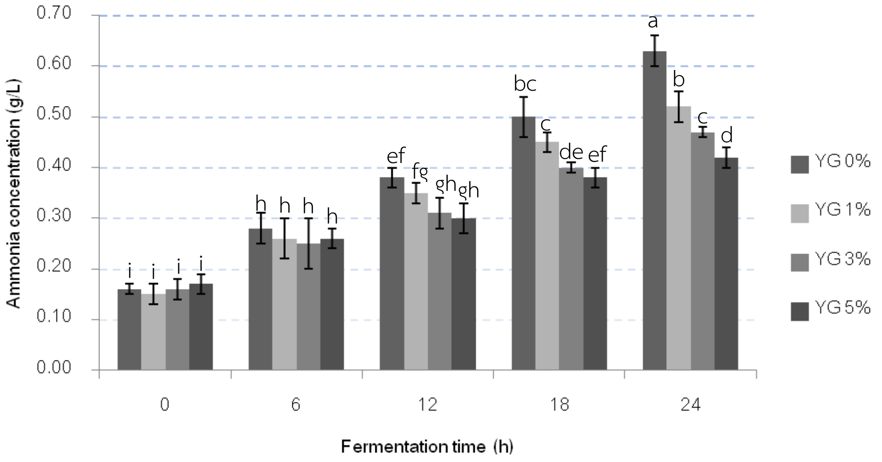


Figure 1 Ammonia concentration in simulated colon environment after fermentation with different levels of Yanang gum at 37°C for 24 h.

Table 2 Changes of colon microbiome in simulated colon environment after fermentation with different levels of Yanang gum at 37°C for 24 h.

Treatments	Microbial population (log CFU/ml) after fermentation at 37°C for 24 h							
	Lactobacilli		Bifidobacteria		Clostridia		Fecal coliforms	
	Initial stage	24 h	Initial stage	24 h	Initial stage	24 h	Initial stage	24 h
YG 0%	3.76 ± 0.27^{Da}	4.02 ± 0.23^{Dd}	5.29 ± 0.30^{Ba}	5.71 ± 0.23^{Ad}	4.97 ± 0.20^{Ca}	5.36 ± 0.23^{Ba}	5.05 ± 0.37^{BCa}	5.81 ± 0.25^{Aa}
YG 1%	3.70 ± 0.33^{Da}	6.11 ± 0.38^{Ac}	5.07 ± 0.25^{Ba}	6.47 ± 0.16^{Ac}	5.03 ± 0.47^{Ba}	4.48 ± 0.20^{Cb}	4.94 ± 0.24^{Ba}	4.91 ± 0.27^{Bb}
YG 3%	3.81 ± 0.34^{Da}	6.80 ± 0.20^{Ab}	5.13 ± 0.31^{Ba}	6.80 ± 0.24^{Ab}	4.85 ± 0.31^{Ba}	4.31 ± 0.16^{Cbc}	5.12 ± 0.29^{Ba}	4.73 ± 0.20^{Bb}
YG 5%	3.76 ± 0.29^{Da}	7.54 ± 0.16^{Aa}	5.24 ± 0.26^{Ba}	7.44 ± 0.10^{Aa}	4.88 ± 0.18^{Ba}	4.07 ± 0.21^{CDc}	5.00 ± 0.24^{Ba}	4.32 ± 0.14^{Cc}

Means in the same column with the same small letter, whereas means in the same row with the same capital letter indicate no significant difference (p>0.05). Each data point is the average of triplication. YG is Yanang gum.

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
Bioactive Compounds from Agricultural Waste

สุทธิดา วิทยาลัย[1] ไพรัตน์ เฟื่องทะนง[1] และ กีรติ ตันเรือน[2]
Wittanalai, S.[1], Fuengthanong P.[1] and Tanruean K.[2]

Abstract

This research was aimed to compare total phenolic contents, antioxidant activity and antimicrobial activity in agricultural waste (rice husk, rice straw, coir, corn cob and corn husk) with various solvents. Three solvents including methanol, ethanol and water, had been used to extract the bioactive compounds from dried samples to obtain the 4% (w/v) of extracts concentration. The results showed that the methanolic extract of coir exhibited the highest total phenolic content 0.37 ± 0.04 mg catechin/g dry weight. The antioxidant activity was determined by DPPH–radical scavenging assay, the ethanolic extract of coir showed the highest antioxidant activity (78.28% inhibition and IC_{50} = 0.0019 mg/ml). In addition, the antimicrobial activity was investigated by agar diffusion assay to against the growth of *Pseudomonas fluorescens* and *Staphylococcus aureus*. The methanolic extracts of coir showed the highest inhibitory growth in both strains which had shown the radius inhibition 11.0 ± 0.7 and 13.1 ± 0.5 mm., respectively.
Keywords: agricultural waste, phenolic compounds, antioxidant activity, antimicrobial activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์ในของเหลือทิ้งทางการเกษตร (ฟางข้าว แกลบ กาบมะพร้าว ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และน้ำ โดยเตรียมสารสกัดความเข้มข้นร้อยละ 4 (ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในตัวอย่างแห้ง พบว่า กาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเมทานอล มีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกสูงที่สุด คือ 0.37 ± 0.04 มก. คาเทชิน/ก. น้ำหนักแห้ง ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH–radical scavenging assay กาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเอทานอล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (ร้อยละการยับยั้ง 78.28) ซึ่งมีค่า IC_{50}=0.0019 มก./มล. นอกจากนี้การทดสอบฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์ โดยวิธี Agar diffusion assay โดยทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas fluorescens* และ *Staphylococcus aureus* พบว่ากาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเมทานอล มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญสูงที่สุดทั้ง 2 เชื้อ โดยมีรัศมีการยับยั้งเชื้อ *P. fluorescens* และ *S. aureus* เท่ากับ 11.0 ± 0.7 และ 13.1 ± 0.5 มล. ตามลำดับ
คำสำคัญ: วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร สารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์

คำนำ

ในแต่ละปีประเทศไทยมีผลิตผลด้านการเกษตรจากการเพาะปลูกพืชผลเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะมีเศษวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก เช่น ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง ซังข้าวโพด เปลือกผลไม้ เป็นต้น โดยเกษตรกรมักจะดำเนินการทำลาย เช่น การไถกลบเพื่อให้เป็นสารอาหารบำรุงดิน และการเผาทำลายซึ่งมลภาวะทางอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของประชาชนใกล้เคียง วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบลิกโนเซลลูโลสที่ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ปัจจุบันจึงมีผู้สนใจที่จะนำลิกโนเซลลูโลสมาใช้ประโยชน์มากขึ้นโดยทำการเปลี่ยนให้เป็นสารที่มีมูลค่าสูงขึ้นเช่นใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ และน้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์ (สุดาทิพย์ และคณะ. 2556) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีโนลิก (phenolic acid) ฟีนิลโปรพานอยด์ (phenyl propanoid) และฟลาโวนอยด์

[1]หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000
[1]Biology Program, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Mueang, Uttaradit Province, 53000
[2]หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
[2]Biology Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Mueang, Pitsanulok Province, 65000

(flavonoid) ไปจนถึงโครงสร้างโพลิเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน (lignin) เมลานิน (melanin) และแทนนิน (tannin) ซึ่งสารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ ต้านการแพ้ และมีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด รวมเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง และสามารถลดความดันโลหิตในการสลายลิ่มเลือด เป็นต้น (ปริยานุช. 2551)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์ในสารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ กาบมะพร้าว ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษารูปแบบการนำสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรไปใช้ประโยชน์ในขั้นต่อไป ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและเป็นทางเลือกหนึ่งในการการเพิ่มมูลค่าของวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แกลบ ฟางข้าว กาบมะพร้าว ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด (มีความชื้นร้อยละ 16.04, 12.25, 29.91, 10.73 และ 11.09 ตามลำดับ) จากตำบลงิ้วงาม อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ นำมาปั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ (เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น) เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วกรองสารสกัดที่ได้โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดร้อยละ 4 (ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) นำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดโดยใช้ Folin-Ciocalteau Reagent โดยวิธีวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีของ Thitilertdecha *et al*. (2008) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแสดงผลเป็นค่า มิลลิกรัมคาเทชินในตัวอย่างน้ำหนัก 1 กรัม (mg catechin/g dry weight)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด โดยวิเคราะห์ศักยภาพการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity assay) โดยดัดแปลงวิธีของ Gülçin *et al*. (2003) แสดงผลเป็นร้อยละการยับยั้ง และ IC_{50}

การทดสอบฤทธิ์ต้านการเจริญจุลินทรีย์โดยวิธี Agar diffusion assay ดัดแปลงมาจากวิธีของศรัญญา และคณะ. (2553) โดยใช้สารสกัดความเข้มข้นร้อยละ 4 (ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) ซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบได้แก่ *Pseudomonas fluorescens* และ *Staphylococcus aureus* แสดงผลเป็นค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง

การทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผล**

จากการสกัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ กาบมะพร้าว ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และน้ำ เมื่อนำสารสกัดของตัวทำละลายแต่ละชนิดมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Table 1) พบว่า กาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเมทานอล มีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกสูงที่สุด คือ 0.37 $\pm$ 0.04 มก.คาเทชิน/ก.น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือกาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณสารประกอบฟีโนลิก คือ 0.29 $\pm$ 0.07 มก.คาเทชิน/ก.น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้สารสกัดกาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเอทานอล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (ร้อยละการยับยั้ง 78.28) ซึ่งมีค่า IC_{50}=0.0019 มก./มล. รองลงมาคือสารสกัดซังข้าวโพดที่สกัดด้วยเอทานอล มีร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 72.28 ซึ่งมีค่า IC_{50}=0.0048 มก./มล. (Table 2) เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีขั้วจึงสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) เป็นวิธีที่มีประโยชน์มากสำหรับการแยกสารจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติและทำสารให้บริสุทธิ์ ซึ่งต้องพิจารณาทั้งสมบัติและปริมาณของสารที่ต้องการสกัด รวมทั้งชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ให้เหมาะสม เพื่อให้ได้สารที่ออกฤทธิ์ในปริมาณมากที่สุดโดยใช้ตัวทำละลายน้อยที่สุด โดยทั่วไปสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มที่สำคัญซึ่งมีสมบัติต้านออกซิเดชันในผัก ผลไม้ และสมุนไพร ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกมีหมู่ฟีนอลบนวงเบนซีน ทำให้สามารถให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ จึงช่วยยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Hu และ Kitts, 2000) จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ IC_{50}) พบว่าค่าที่ได้มีแนวโน้มเดียวกัน

การทดสอบฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์ โดยทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas fluorescens* และ *Staphylococcus aureus* พบว่ากาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเมทานอล มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญสูงที่สุดทั้ง 2 เชื้อ โดยมีรัศมีการยับยั้งเชื้อ *P. fluorescens* และ *S. aureus* เท่ากับ 11.0 $\pm$ 0.7 และ 13.1 $\pm$ 0.5 มม. ตามลำดับ (Table 3) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาร

สกัดกาบมะพร้าวด้วยเมทานอลปริมาณสารประกอบฟีโนลิกสูง ซึ่งในสารกลุ่มฟีโนลิกมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี (Cao และคณะ, 1996) นอกจากนี้จากการทดสอบพบว่าสารสกัดจากเปลือกผลไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก (*S. aureus*) ได้ดีกว่าแกรมลบ (*P. fluorescens*) ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสารสกัดจากเหลือทิ้งวัสดุทางการเกษตร เช่น ยา เครื่องสำอาง ต่อไปได้

สรุป

จากการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในงานวิจัยนี้ได้สารสกัดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 (ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) พบว่าสารสกัดจากกาบมะพร้าวมีฤทธิ์ทางชีวภาพดีที่สุด ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ เมทานอล ซึ่งกาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเมทานอลจะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด รองลงมาคือการสกัดด้วยเอทานอลและน้ำตามลำดับ ส่วนกาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเอทานอล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด สารสกัดที่มีสารประกอบฟีนอลิกมากก็จะมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้กาบมะพร้าวที่สกัดด้วยเมทานอล มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. fluorescens* และ *S. aureus* สูงที่สุดด้วย

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ สถานที่และอำนวยความสะดวกในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ปริยานุช อินทร์รอด, 2551, ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วนสกัดจากต้นเร่วหอมและว่านสาวหลง, ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุดาทิพย์ จันทร กุลวดี พิศลยบุตร สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ และรินรดา รัตนพรรณทอง, 2556, การผลิตโอลิโกแซคคาร์ไรด์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยสารละลายเอนไซม์สกัดหยาบจาก *Penicillium oxalicum* KUB-SN2-1, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 21(2), 105-112.

ศรัญญา พรศักดา มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย กิตติ ศรีสะอาด มัณฑนา นครเรียบ ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2553, ผลของสารสกัดจากมะเขือพวงในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella typhimurium*, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1) (พิเศษ), 573-576.

Cao, G., Sofic, E. and Prior R.L., 1996, Antioxidant capacity of tea and common vegetables, Journal of Agricultural Food Chemistry, 44, 3426-3431.

Gülçin, i., Oktay, M., Kireçci, E. and Küfreviolu, Ö., 2003, Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts, Food Chemistry, 83, 371-382.

Hu, C. and D. D. Kitts., 2000, Studies on the antioxidant activity of *Echinacea* root extract, Journal of Agricultural Food Chemistry, 48, 1466-1472.

Thitilertdecha, N., Teerawutgulrag, A. and Rakariyatham N., 2008, Antioxidant and antimicrobial activities of *Nephalium lappacium* L. extracts, LWT-Food Science and Technology, 41, 2029-2035.

Table 1 Total phenolics content of different solvent extracts from agricultural waste.

Agricultural waste	Total phenolic content (mgcatechin/ g dry weight)		
	methanol extract	ethanol extract	water extract
rice husk	0.03 ± 0.02[c]	0.04 ± 0.02[b]	0.03 ± 0.01[b]
rice straw	0.07 ± 0.03[c]	0.02 ± 0.01[b]	0.03 ± 0.01[b]
coir	0.37 ± 0.04[a]	0.29 ± 0.07[a]	0.06 ± 0.05[a]
corn cob	0.21 ± 0.05[b]	0.04 ± 0.01[b]	0.03 ± 0.02[b]
corn husk	0.18 ± 0.04[b]	0.03 ± 0.02[b]	0.09 ± 0.02[a]

Means within a same column with different super script letters are significantly different

Table 2 Antioxidant activities and IC_{50} value of different solvent extracts from agricultural waste.

Agricultural waste	Antioxidant activity (% inhibition)			IC_{50} value (mg/ml)		
	methanol extract	ethanol extract	water extract	methanol extract	ethanol extract	water extract
rice husk	31.90±1.02[c]	49.85±3.44[c]	45.06±2.77[d]	0.0269	0.0390	0.0038
rice straw	39.75±2.33[c]	20.82±2.57[b]	52.91±3.68[bc]	0.0268	0.0864	0.0044
coir	68.47±3.40[a]	78.28±3.55[a]	56.89±3.77[b]	0.0064	0.0019	0.0058
corn cob	61.75±3.02[b]	72.28±4.00[a]	50.22±2.98[c]	0.0072	0.0148	0.0108
corn husk	43.24±2.00[b]	70.56±5.06[a]	60.03±3.78[a]	0.0172	0.0137	0.0088

Means within a same column with different super script letters are significantly different

Table 3 Antimicrobial activities of different solvent extracts from agricultural waste to inhibit growth of *Pseudomonas fluorescens* and *Staphylococcus aureus.*

Agricultural waste	Radius inhibition zone (mm.)					
	P. fluorescens			*S. aureus*		
	methanol extract	ethanol extract	water extract	methanol extract	ethanol extract	water extract
rice husk	6.5 ± 0.2[b]	-	-	6.5 ± 0.1[b]	6.8 ± 0.3[b]	-
rice straw	-	-	-	-	-	-
coir	11.0 ± 0.2[a]	10.0 ± 0.3[a]	6.0 ± 0.1[a]	13.1 ± 0.5[a]	10.5 ± 0.2[a]	8.0 ± 0.4[a]
corn cob	7.8 ± 0.3[b]	5.8 ± 0.2[b]	5.8 ± 0.2[a]	9.8 ± 0.3[a]	7.0 ± 0.1[b]	7.3 ± 0.3[a]
corn husk	7.4 ± 0.4[b]	-	5.5 ± 0.3[a]	9.7 ± 0.3[a]	7.5 ± 0.2[b]	6.8 ± 0.2[a]

-: no antimicrobial activity

Means within a same column with different super script letters are significantly different

ผลของระยะเวลาในการย่อยต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากปลาดาบเงิน
Effect of Hydrolyzing Time on Physicochemical and Functional Properties of Protein Hydrolysate from Largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*)

จิรนาฏ บุญคง[1] และ การันต์ พุกชัยวาณิชย์[1]
Boonkong, J.[1], and Phuckchaiwanit, K.[1]

Abstract

This research was determined the effect of hydrolyzing time on physico-chemical and functional properties of fish protein hydrolysate solution from dried largehead hairtail. Hydrolyzing was produced by using 6 Molar hydrochloric acid at the ratio of fish to acid was 1:1 (w/v). Hydrolyzing time was varied to 2, 4 and 6 hours. The results found that, increasing of hydrolyzing time, degree of hydrolysate, amino-nitrogen content, moisture content and salt content were increased. The amino nitrogen content exhibited highest at 4 hours hydrolyzing time and the protein content was decreased. The physical properties revealed that, as the hydrolyzing time increased, viscosity and redness (a*) were increased, while the lightness (L*) and yellowness (b*) were decreased. The functional properties showed that increasing of hydrolyzing time, nitrogen solubility, radical scavenging activity, reducing power, foaming capacity were increased, especially at hydrolyzing time at 4 hours showed the highest foaming capacity. Emulsifying activity index and emulsion stability index decreased with increasing of hydrolyzed time.

Keyword: hydrolysated protein, *Largehead hairtail*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยโปรตีนต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของสารละลายโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเนื้อปลาดาบเงินอบแห้ง ทำการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตโดยการย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6 โมลาร์ โดยใช้อัตราส่วนเนื้อปลาอบแห้งต่อปริมาณกรดเท่ากับ 1:1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แปรผันระยะเวลาในการย่อยที่ 2 4 และ 6 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการย่อยมากขึ้น ระดับการย่อยสลาย และปริมาณอะมิโนไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นและเกลือเพิ่มขึ้น โดยปริมาณอะมิโนไนโตรเจนมีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 4 และปริมาณโปรตีนมีค่าลดลง ในด้านสมบัติทางกายภาพ เมื่อระยะเวลาการย่อยเพิ่มขึ้น พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้น ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง ในด้านสมบัติเชิงหน้าที่พบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการย่อย ปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้ ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระและกำลังการรีดิวซ์เพิ่มขึ้น และความสามารถในการเกิดโฟมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการเกิดโฟมมีค่าสูงที่สุดที่เวลาในการย่อย 4 ชั่วโมง และความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันลดลง เมื่อใช้เวลาในการย่อยมากขึ้น

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซต, ปลาดาบเงิน

คำนำ*

โปรตีนจากปลาทะเลประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายใช้ในการเจริญเติบโต ซ่อมแซมเนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อที่สึกหรอ โปรตีนปลาใกล้เคียงกับโปรตีนในเนื้อสัตว์ทั่วไป เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่ครบถ้วนสมบูรณ์ (Green และ Mattick, 1979) โปรตีนจากปลาเข้มข้นหรือโปรตีนไฮโดรไลเซต เตรียมได้จากปลาทะเลชนิดต่างๆ โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ (แยกส่วนก้าง หรือกระดูก ลำไส้) การสกัดไขมันออก และการใช้เอนไซม์กลุ่มที่ย่อยสลายโปรตีนหรือกรด ดังนั้นการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตให้มีคุณภาพดีนั้น นอกจากการเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพ มีปริมาณโปรตีนสูง ราคาถูกและหาได้ง่าย ยังมีผลจากกระบวนการผลิตอีกด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต ได้แก่ สัดส่วนของวัตถุดิบกับสารละลายที่ย่อยสลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาในการย่อยสลาย (Kristinsson และ Rasco, 2000a) โปรตีนปลาไฮโดรไลเซตที่มีคุณภาพดีจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ได้แก่ การเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับเลี้ยงจุลินทรีย์ ใช้เป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นสารเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สารเชิง

[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

หน้าที่ และสารให้กลิ่นรสในอาหารได้ (Raikate และคณะ, 2011) ซึ่งงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาผลของระยะเวลาในการย่อยต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากปลาดาบเงินที่ผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ **

1. การเตรียมเนื้อปลาอบแห้งและการสกัดไขมัน โดยแล่เนื้อปลา (แยกส่วนหัว ก้าง และไส้) ขูดเนื้อปลาออกจากหนังปลา สับเนื้อปลาให้ละเอียด แล้วนำไปวางบนตะแกรง จากนั้น นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนแห้งและนำมาบดเป็นผง สกัดแยกไขมันออกจากผงเนื้อปลา ด้วยสารละลายเอทานอลร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1:2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (Boonkong และ Sukchai 2007) กรองแยกผงเนื้อปลา และล้างด้วยเอทานอล 2 ครั้ง ระเหยเอทานอลออก อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ควบคุมความชื้นไม่เกินร้อยละ 12) จะได้ผงเนื้อปลาที่สกัดไขมันออกแล้วเพื่อใช้ทดลองต่อไป

2. การศึกษาผลของระยะเวลาในการย่อยต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซต โดยเตรียมผงเนื้อปลาต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6 โมล่าร์ ในสัดส่วน 1:1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (Boonkong และ Sukchai 2007) ย่อยภายในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยแปรผันระยะเวลาในการย่อย เท่ากับ 2, 4, 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับพีเอชเป็นกลาง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 50 กรองแยกกากออก และเก็บสารละลายที่ได้เพื่อไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ วิเคราะห์ระดับการย่อยสลาย (Qi และ คณะ, 1997) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (AOAC, 1995) ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นกรดอะมิโน (AOAC, 1995) ปริมาณโปรตีน ความชื้น และเกลือ (AOAC, 2000) วัดค่าความหนืด (Brookfield Viscometer) และวัดค่าสี ระบบ CIE (HunterLab รุ่น ColorFlex 4510 วิเคราะห์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ (Morr, 1985) ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน (Pearce และ Kinsella, 1978) ความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม (Kato, 1989) ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH และกำลังการรีดิวซ์ (Wu และคณะ, 2003)

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลของระยะเวลาในการย่อยต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของสารละลายโปรตีนปลาไฮโดรไลเซต

ระดับการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการย่อยเพิ่มมากขึ้น (Table 1) ซึ่งแสดงว่าโปรตีนถูกย่อยสลายจนได้เพปไทด์สายสั้น และกรดอะมิโนอิสระจำนวนมาก (สุปราณี, 2539) ในช่วงแรกของการย่อยสลายระดับการย่อยสลายมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายโดยกรดจะทำให้เกิดเพปไทด์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาการย่อยเพิ่มขึ้น พบว่าค่าระดับการย่อยสลายมีค่าสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการแข่งขันกันระหว่างโปรตีนที่เป็นสารตั้งต้น และเพปไทด์ที่เป็นสารผลิตภัณฑ์ในการทำปฏิกิริยากับกรด ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนที่มีต่อค่าระดับการย่อยสลายในการทดลองนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sathivel และคณะ, (2003) ที่มีค่าระดับการย่อยสลายสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะแรกของการย่อยสลาย และเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งค่าระดับการย่อยสลายจะเริ่มมีค่าคงที่ เช่นเดียวกับปริมาณอะมิโนไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการย่อย 2–4 ชั่วโมง และลดลงเล็กน้อยในชั่วโมงที่ 6 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชั่วโมงที่ 4 (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อโปรตีนถูกย่อยด้วยกรดเป็นเวลานาน จะทำให้สารประกอบไนโตรเจนถูกทำลายไปบางส่วน ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองของ สุกัญญา, (2533) ซึ่งกล่าวว่า ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของโปรตีนภายใต้อุณหภูมิและปริมาณกรดสูงจะทำให้กรดอะมิโนบางตัว เช่น ทริปโตเฟน และซีสเตอีน เกิดการสลายตัว เมื่อระยะเวลาการย่อยเพิ่มมากขึ้นปริมาณโปรตีนจะลดลง (Table 1) เนื่องจากโปรตีนจะถูกย่อยสลายด้วยกรดเป็นกรดอะมิโนและเพปไทด์สายสั้น โดยปริมาณโปรตีนจะแปรผกผันกับระดับการย่อยสลาย และพบว่าปริมาณความชื้น และปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น (Table 1) เนื่องจากผลของปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในขั้นตอนการปรับพีเอชให้เป็นกลางในขั้นตอนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต จึงเกิดปฏิกิริยาสะเทิน (neutralization reaction) ระหว่างกรดและด่างได้เป็นผลิตภัณฑ์คือ เกลือและน้ำ (Raymond, 1998) ความหนืดของโปรตีนไฮโดรไลเซตจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาย่อยเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนจะถูกย่อยสลายเป็นกรดอะมิโนและเพปไทด์ ทำให้มีความความเข้มข้นของอะมิโนไนโตรเจนมากขึ้น ส่งผลให้มีความหนืดมากขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อระยะเวลาย่อยดำเนินมาถึงชั่วโมงที่ 6 ความหนืดจะลดลง (Table 2) ซึ่งอาจจะเกิดจากการลดลงของกรดอะมิโนและเพปไทด์ เมื่อโปรตีนถูกย่อยด้วยกรดเป็นเวลานาน จะทำสารประกอบไนโตรเจนที่ได้ถูกทำลายไปบางส่วนเกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ ฮิวมิน หรือสารเมลานอยดิน (Manley และ Fagerson, 1970) ค่าสีของโปรตีนไฮโดรไลเซตเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาย่อยเพิ่มขึ้น โดยค่าสีแดง (a*) มีค่าเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 6 ส่วนค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าลดลงตามระยะเวลาในการย่อยที่มากขึ้น (Table 2) ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์

2. ผลของระยะเวลาในการย่อยต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของสารละลายโปรตีนปลาไฮโดรไลเซต

ความสามารถในการละลายวัดในรูปของดัชนีการละลายของไนโตรเจน (NSI) ซึ่งบ่งชี้ความสามารถในการละลายของโปรตีน และเป็นคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญมากที่สุดของโปรตีน เนื่องจากจะมีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่อื่นๆของโปรตีน เช่น ความสามารถในการเกิดอิมัลชันหรือความสามารถในการเกิดโฟม เป็นต้น ความสามารถในการละลายของโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการย่อย โดยจะเพิ่มขึ้นจนถึงชั่วโมงที่ 4 และจะลดลงเล็กน้อยเมื่อมีการย่อยต่อไป (Table 3) โดยความสามารถในการละลายของโปรตีนปลาไฮโดรไลเซต จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอะมิโนไนโตรเจนที่มีอยู่ในโปรตีนปลาไฮโดรไลเซต ซึ่งปริมาณอะมิโนไนโตรเจนมีปริมาณสูงสุด ณ ชั่วโมงที่ 4 และจะลดลงเมื่อมีการย่อยต่อไปเช่นเดียวกัน (Table 1) เมื่อโปรตีนเกิดการย่อยสลายภายใต้อุณหภูมิและปริมาณกรดสูงจะทำให้กรดอะมิโนบางชนิด ได้แก่ ทริปโตเฟน ไทโรซีน ซีสเตอีน อาร์จินีน และฮีสทิดีน เกิดการสลายตัวซึ่งจะตรวจพบในรูปของแก๊สแอมโมเนีย

ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระและกำลังการรีดิวซ์ของโปรตีนไฮโดรไลเซตเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการย่อย โดยมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก (Table 3) ทั้งนี้โปรตีนจะถูกย่อยสลายเป็นกรดอะมิโนและเพปไทด์มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดอะมิโนที่มีวงแหวนอะโรมาติก และกรดอะมิโนฮีสทีดีน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนและทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระเพื่อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เสถียร (Rajapakse และ คณะ, 2005) นอกจากนี้ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตยังขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนในสายเพปไทด์ และการเปลี่ยนของขนาด ระดับและองค์ประกอบของกรดอะมิโนอิสระ (Wu และคณะ, 2003) เมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการเกิดโฟมเพิ่มขึ้น และความสามารถในการเกิดโฟมสูงสุด ณ ชั่วโมงที่ 4 และลดลงเล็กน้อยในชั่วโมงที่ 6 (แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) (Table 3) เนื่องจากสารประกอบไนโตรเจนบางส่วนถูกทำลายจากการย่อยของกรด ความหนาแน่นของประจุบนโมเลกุลลดลง การขยายตัวของโฟมจึงลดลงด้วย

ความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตเกิดจากการที่โปรตีนถูกย่อยสลายเกิดเป็นเพปไทด์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสารช่วยเกาะติด ที่มีส่วนหนึ่งของโมเลกุลชอบน้ำ)มีประจุ (และอีกส่วนหนึ่งชอบน้ำมัน (ไม่มีประจุ) ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการย่อยมากขึ้น ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชันลดลง (Table 3) ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน มีความสัมพันธ์กับระดับการย่อยสลาย โดยจะแปรผกผันกับระดับการย่อยสลาย ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Kristinsson และ Rasco (2000a) ซึ่งได้รายงานว่าความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชันจะลดลงเมื่อระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้น

สรุป

ระยะเวลาในการย่อยโปรตีน มีผลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซต โดยพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการย่อยมากขึ้น ระดับการย่อยสลาย ปริมาณอะมิโนไนโตรเจน ปริมาณความชื้นและเกลือ ค่าความหนืด ค่าสีแดง (a*) ปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้ ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระและกำลังการรีดิวซ์ และความสามารถในการเกิดโฟมเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลง ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) และความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันลดลง เมื่อใช้เวลาในการย่อยมากขึ้น โดยระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากปลาดาบเงิน คือ ระยะเวลาย่อย 4 ชั่วโมง และโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้มีแนวโน้มที่จะประยุกต์ใช้เป็นสารเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สารเชิงหน้าที่ และสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สุกัญญา ฉัตรเดชา, 2533, การผลิตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันและของเหลือโรงงานวุ้นเส้น,วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุปราณี แย้มพราย, 2539, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากของเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AOAC, 1995, Official Method of Association of official chemist, 16th ed., Association official Analytical chemist. Arlington, Va., U.S.A

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

Boonkong, J. and Sukchai, S., 2007, The study on optimal condition of hydrolysated fish protein production from Largehead Hairtail *(Trichiurus lepturus Linnaeus)* 33th Congress on Science and Technology of Thailand, October, 18-20, 2007, Walailak University. Nakonsrithumarat.

Green, J.H. and Mattick, J.F., 1979, Fishery west management: In food processing waste management, Marcel Dekker, New York.

Kato, A., Ibrahim, H.R., Watanabe, H., Homma, K. and Kobayashi, K., 1989, New approach to improve the gelling and surface functional properties of dried egg white by heating in dry state, Journal Agriculture Food Chemistry, 37(2): 433-437.

Kristinsson, H.G., and Rasco, B.A., 2000, Fish protein hydrolysates: production, biochemical and functional properties, Crit, Rev, Food Science of Nutriotion, 40: 43 – 81.

Manley, C.H., and Fagerson, I.S., 1970, Major volatile neutral and acid compounds of hydrolyzed soy protein, Journal of Food Science, 35: 286-291.

Morr, C.V, 1985, Composition, physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrate, Journal of Food Science, 50: 1406-1411.

Pearce, K.N., and Kinsella, J.E., 1978, Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. Journal of Agriculture Food Chemistry, 26: 716-723.

Qi, M., Hettiarachchy, N.S. and Kalapathy, U., 1997, Solubility and emulsifying properties of soy protein isolates modified by pancreatin, Journal of Food Science, 62: 1110-1115.

Raikate, P., Orose R., Riantong, S., and Paweena N., 2011, Protein hydrolysate from fish waste: Conditions for red tilapia *(Oreochromis niloticus)* viscera hydrolysis with papain, Nutrition Science Journal, 8(1): 101-108

Rajapakse, N., Mendis, E., Jung, W.K., Je, J.K. and Kim, S.K, 2005, Purification of a radical scavenging peptide from fermented mussel sauce and its antioxidant properties, Food Research International Journal, 38(2): 175-182.

Raymond, C., 1998., General Chemistry.MaGraw – Hill Companies Incorporate. USA, pp. 131-132.

Sathivel, S., Bechtel, P.J. Babbitt, J., Smiley, S., Crapo, C. and Reppond, K.D., 2003. Biochemical and functional properties of herring (*Clupea harengus*) byproduct hydrolysates. Journal of Food Science, 68 (7): 2196–2200.

Wu, H.C., Chen, H.M., and Shiau, C.Y. 2003, Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysated of mackerel *(Scomber austriasicus).* Food Research International Journal, 36(9-10): 949-957.

Table 1 Effect of hydrolyzing time on physico-chemical properties of protein hydrolysate.

Hydrolysing time (hr.)	Degree of hydrolysis	Amino nitrogen (g/L)	Protein (%)	Moisture (%)	NaCl (%)
2	13.99 ± 0.05^{c}	20.54 ± 1.33^{b}	26.42 ± 1.63^{a}	46.80 ± 0.79^{c}	4.91 ± 0.12^{b}
4	14.92 ± 0.06^{b}	22.59 ± 0.47^{a}	26.33 ± 1.15^{a}	47.82 ± 0.81^{b}	4.97 ± 0.15^{b}
6	15.33 ± 0.02^{a}	21.01 ± 0.22^{ab}	22.50 ± 0.15^{b}	49.19 ± 1.14^{a}	5.99 ± 0.10^{a}

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Effect of hydrolyzing time on viscosity and colors of protein hydrolysate.

Hydrolysing time	Viscosity (cP)		Color	
(hr.)		*L**	*a**	*b**
2	3.67 ± 0.58^{c}	2.66 ± 0.05^{a}	0.10 ± 0.07^{b}	0.33 ± 0.10^{a}
4	8.67 ± 0.58^{a}	2.54 ± 0.07^{b}	0.13 ± 0.11^{b}	0.39 ± 0.10^{a}
6	5.67 ± 0.58^{b}	2.47 ± 0.03^{c}	0.23 ± 0.11^{a}	0.21 ± 0.16^{b}

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 3 Effect of hydrolyzing time on functional properties of protein hydrolysate.

Hydrolysing time (hr.)	NSI (%)	Antioxidant activity DPPH (%)	Reducing power	Foam capacity (%)	EAI (m^2/g)	ESI (min)
2	3.61 ± 0.74^{b}	23.34 ± 0.59^{b}	1.53 ± 0.06^{b}	160.00 ± 2.06^{b}	1.21 ± 0.03^{a}	26.69 ± 0.48^{a}
4	6.32 ± 0.83^{a}	37.21 ± 0.83^{a}	2.02 ± 0.04^{a}	186.67 ± 3.14^{a}	0.94 ± 0.07^{b}	25.73 ± 0.50^{a}
6	5.94 ± 0.35^{a}	39.14 ± 0.58^{a}	2.27 ± 0.24^{a}	178.33 ± 5.59^{a}	0.90 ± 0.01^{b}	18.61 ± 0.58^{b}

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสมุนไพรตรีผลานานาผล
Development Triphalananaphon Herbal Beverage Product

พจนินท์ รอดผัน[1] ศราวิน จินตยานนท์ [1] ปัทมาวรรณ อาภรณ์ผล[1] สุพัตรา พรมเกาะ[1] สุรัสวดี ประพันธ์[1] และ เอมอร ชัยประทีป[2*]
Rodphan, P.[1], Jintayanon, S.[1], Arpornphon, P. [1], Promkor, S. [1], Prapan S. [1], and Chaiprateep, E.[2*]

Abstract

Triphala have been used long history in Ayurvedic and Thai traditional medicines. Triphala compose of *Phyllanthys emblica* L., *Terminalia tomentalla* Kurz., and *Terminalia belerica* Roxb. Triphala herbal beverage is a popular and well known among the health care and the original taste of herbal juice is quite astringent so difficult to drink. The researcher develop “Triphalananaphon” mixed between herbal drink and fruit juice to make it easier to drink and suitable for consumers in all age groups. The result from antioxidant assay (DPPH) of 4 formula (T1-T4) found that T1 composed of triphala and fruit juice in 20:10 has the best antioxidant capacity which value is near to the Trolox standard. The result from sensory quality evaluation in 50 subjects (18-70 years) found that T1 is the most favorite significantly ($p<0.05$). This research can be guided to development of Thai herbal beverage to meet consumers demand in all age groups.

Keywords: Triphala, fruit, herbal beverage, antioxidant

บทคัดย่อ

ตรีผลาเป็นตำรับยาสมุนไพรที่ดีต่อสุขภาพและมีการใช้สืบเนื่องกันมาในการแพทย์อายุรเวทอินเดียและการแพทย์แผนไทย ตรีผลาประกอบด้วยสมอพิเภก สมอไทย และมะขามป้อม จึงเป็นที่นิยมและรู้จักกันดีในกลุ่มผู้ที่ดูแลสุขภาพ รสชาติดั้งเดิมของน้ำตรีผลาจะมีรสชาติค่อนข้างฝาด ยากต่อการบริโภค คณะผู้วิจัยจึงพัฒนา "ตรีผลานานาผล" เป็นน้ำตรีผลาผสมน้ำผลไม้เพื่อทำให้ได้เครื่องดื่มที่มีรสชาติดี ง่ายต่อการบริโภคและเหมาะกับผู้บริโภคทุกช่วงวัย จากการพัฒนาน้ำสมุนไพรตรีผลานานาผลทั้งหมด 4 สูตร (T1-T4) และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช พบว่าสูตร T1 ที่ประกอบด้วยน้ำตรีผลาผสมกับน้ำผลไม้ ในอัตราส่วน 2:1 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน (Trolox) และผลการทำแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 50 คน อายุ 18-70 ปี พบว่ามีความชอบสูตร T1 มากกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในหลายช่วงวัยได้

คำสำคัญ: ตรีผลา ผลไม้ น้ำสมุนไพร ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ**

ปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบสุขภาพ แนวโน้มโรคภัยทางสุขภาพก็มีความซับซ้อนมากขึ้น อัตราการเสียชีวิตของประชาชนในประเทศไทย 10 อันดับแรก ได้แก่ โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดในสมอง ปอดอักเสบ โรคหัวใจขาดเลือด การบาดเจ็บจากจราจรทางถนน โรคเบาหวาน โรคเกี่ยวกับตับ โรคทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง วัณโรค และเอดส์ ตามลำดับ (กฤษณา ฤทธิศร, 2558) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ข้อมูลในปี พ.ศ. 2551 รายงานว่าภายใต้หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า และสวัสดิการการรักษาพยาบาลข้าราชการและครอบครัว ประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลทั้งสิ้น 25,225 ล้านบาท และข้อมูลจากประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าค่าใช้จ่ายจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรังคิดเป็นร้อยละ 75 ของค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพทั้งหมด และคาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต (สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2559) สาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังคืออนุมูลอิสระ ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาจากกระบวนเมแทบอลิซึมของเซลล์ ทำให้เกิดกระบวนการออกซิเดชันในร่างกาย เช่น ควันบุหรี่ รังสียูวี มลพิษในอากาศ ฝุ่น และอาหาร เป็นต้น (ประสงค์ เทียนบุญ, 2553) มีหลายงานการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์กับอาหารได้ โดยมี

[1]นักศึกษาหลักสูตรสุขภาพความงามและสปา วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี Thai Traditional Medicine College, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, Thailand 12130
[2]*อาจารย์ประจำหลักสูตรสุขภาพความงามและสปา วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี Thai Traditional Medicine College, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, Thailand 12130 E-mail: emon_c@rmutt.ac.th

ส่วนช่วยในการชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในอาหาร ได้แก่ วิตามินอี วิตามินซี เบต้าเคโรทีน สังกะสี ซีลิเนียม แมงกานีส เหล็ก และโคเอนไซม์คิว-10 ซึ่งสามารถลดความเป็นพิษของสารพิษที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัว ชะลอความชรา ป้องกันการเปลี่ยนเซลล์ปกติไปเป็นเซลล์มะเร็ง โดยวิตามินอี ช่วยลดการก่อตัวของไขมันกับผนังชั้นในของหลอดเลือด วิตามินซีทำให้มีการเพิ่มของเอช ดี แอล คอเรสเตอรอล ส่วนเบต้าเคโรทีนช่วยลดอุบัติการณ์ของการเกิดโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายได้ (ประสงค์ เทียนบุญ, 2553)

ผลไม้ไทยหลายชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับคนรักสุขภาพ ตรีผลาเป็นตำรับยาแผนโบราณที่มีส่วนผสมจากผลไม้ 3 ชนิด คือ สมอพิเภก สมอไทย และมะขามป้อม มีสรรพคุณช่วยเสริมภูมิต้านทาน เหมาะสำหรับผู้ที่เป็นหวัดบ่อยๆ ชะลอความชราทั้งยังมีสรรพคุณยับยั้งและต้านเซลล์มะเร็ง รวมทั้งกรณีที่หากเกิดเซลล์มะเร็งขึ้นแล้ว ก็มีผลทำให้เซลล์มะเร็งเจริญช้า (วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2554) อัตราส่วนของผลไม้ที่ใช้ในการเตรียมตำรับตรีผลามีความแตกต่างกันซึ่งแบ่งตามฤดู คือ ฤดูร้อนใช้อัตราส่วน สมอพิเภก สมอไทย มะขามป้อม 3:2:1 ฤดูหนาวใช้อัตราส่วน 2:1:3 และฤดูฝนใช้อัตราส่วน 1:3:2 ตามลำดับ อัตราส่วนทั้ง 3 แบบนี้มีสรรพคุณทางยาแตกต่างกัน แต่เหมือนกันคือมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ในน้ำตรีผลายังมีสารสำคัญคือกรดแกลลิกที่อยู่ในกลุ่มของกรดฟีนอลิกซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชัน ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นกัน ในบัญชียาหลักแห่งชาติปี 2559 บัญชียาจากสมุนไพร ตำรับยาตรีผลาจัดอยู่ในกลุ่มยาบรรเทาอาการไอ ในสูตรตำรับผงยา 90 กรัม ชนิดแคปซูล ชนิดเม็ด และชนิดลูกกลอน ประกอบด้วยเนื้อลูกสมอไทย เนื้อลูกสมอพิเภก เนื้อลูกมะขามป้อม หนักสิ่งละ 30 กรัม แต่ควรระวังกรใช้ยาในผู้ที่ท้องเสียง่าย (บัญชียาหลักแห่งชาติ, 2559) มีการศึกษาพบว่าตรีผลาในอัตราส่วนของผลไม้ที่ไม่เท่ากันสามารถป้องกันและบรรเทาอาการที่ลำไส้เล็กของหนูที่ถูกทำลายด้วยยาเมทโธเทร็กเซทได้ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับตรีผลาในอัตราส่วนที่เท่ากัน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับยาเมทโธเทร็กเซทเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากมีการเพิ่มปริมาณของสมอพิเภกและมะขามป้อมซึ่งมีฤทธิ์ดีในการต้านอนุมูลอิสระสูง (พาณี ศิริสะอาด, 2555) และศึกษาในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้มีภาวะไขมันในเลือดสูงด้วยการป้อนอาหารไขมันสูงร่วมกับการได้รับสารสกัดตรีผลาซึ่งสกัดด้วยน้ำในขนาดวันละ 1,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) จะมีระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์และ แอล ดี แอล คอเลสเตอรอลในเลือดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและมีระดับ เอช ดี แอล คอเรสเตอรอลในเลือดเพิ่มขึ้น (ประสบอร รินทอง, 2557) คณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้สมอพิเภก 3 ส่วน สมอไทย 2 ส่วน และมะขามป้อม 1 ส่วน เพราะเหมาะกับอากาศที่ร้อนในประเทศไทย เพื่อพัฒนาน้ำตรีผลาผสมผลไม้ไทยซึ่งมีการนำผลไม้ไทยที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและวิตามินต่างๆ มาใช้เพื่อปรับแต่งรสชาติจากรสชาติเดิมของน้ำตรีผลาที่มีรสจืดและฝาด เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภค ช่วยให้บริโภคได้ง่ายขึ้นและที่สำคัญคือน้ำตรีผลาผสมน้ำผลไม้ไทยเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีจุดเด่นตรงรสชาติที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด

อุปกรณ์และวิธีการ**

วิธีเตรียมน้ำตรีผลาและน้ำผลไม้

สมุนไพรตรีผลาประกอบด้วยสมอพิเภก สมอไทย มะขามป้อม ในอัตราส่วน 3:2:1 ตามลำดับ โดยใช้ปริมาณ 120:80:40 กรัม ตามลำดับ ต้มกับน้ำสะอาดปริมาตร 2,500 มิลลิลิตร ด้วยหม้อต้มไฟฟ้า รอจนน้ำเดือดแล้วเบาไฟลงจากนั้นเติมน้ำสะอาดลงไปอีก 500 มิลลิลิตร ต้มต่อไปอีกประมาณ 1 ชั่วโมง กรองน้ำตรีผลาด้วยผ้าขาวบาง สำหรับน้ำผลไม้ ได้แก่ ส้ม เสาวรส และกีวี ไปปั่นแยกกากด้วยเครื่องปั่น แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง ใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิด หลังจากผสมน้ำตรีผลาและน้ำผลไม้ตามอัตราส่วนที่แสดงในตารางที่ 1 จากนั้นจึงทำการพาสเจอร์ไรส์ โดยนำขวดแก้วที่บรรจุน้ำตรีผลานานาผลไปต้มในหม้อต้มไฟฟ้าที่บรรจุน้ำอยู่ประมาณครึ่งหม้อ ให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส ให้คงที่เป็นเวลานาน 30 นาที (ชมภูนุช เผื่อนพิภพ, 2554)

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging) (รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์, 2554), (บังอร วงศ์รักษ์ และ ศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ์, 2549)

เตรียมสารละลาย DPPH 100 µM ใน absolute methanol และเตรียมน้ำตรีผลาและน้ำผลไม้ที่ต้องการทดสอบให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 6.25, 12.5, 25, 50 และ 100 µg/ml (serial dilution) ด้วย absolute ethanol ใส่ใน 96 well plate ผสมหลุมละ 100 µl แล้วจึงเติม DPPH ที่เตรียมไว้หลุมละ 100 µl โดยให้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 200 µl ทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบ คำนวณหาค่า %Inhibition จากสมการ

$$\%\text{Inhibition} = (\text{ODcontrol} - \text{ODsample}) / \text{ODcontrol} \times 100$$

นำค่าที่ได้ คำนวณหาค่า Inhibition concentration (IC_{50}) หรือค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับ %Inhibition

วิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส (ชมภูนุช เผื่อนพิภพ, 2554)

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบสอบถาม 9 point Hedonic scales จากตัวอย่างทั้งหมด 4 สูตร (T1-T4) ในอาสาสมัครจำนวน 50 คน อายุระหว่าง 18-70 ปี ประเมินคุณสมบัติทั้ง 5 ด้าน คือ 1) สี 2) ความขุ่นใส 3) กลิ่น 4) รส และ 5) ความชอบโดยรวม อาสาสมัครคือผู้สูงอายุในชุมชนผู้สูงอายุ บ้านฟ้าคลอง 4 และนักศึกษาวิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มทร. ธัญบุรี

ผลและวิจารณ์ผล**

จากผลการทำแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสในอาสาสมัครอายุ 18-70 ปี จำนวน 50 คน พบว่ามีความชอบสูตร T1 มากกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่ง T1 ประกอบด้วยน้ำตรีผลา น้ำส้ม น้ำเสาวรส และน้ำกีวีในอัตราส่วน 20:6:3:1 ตามลำดับ ลักษณะสีของน้ำตรีผลาผสมผลไม้มีสีน้ำตาลเข้ม ตรีผลานานผลมีความหวานจากน้ำส้มและน้ำผึ้ง และมีความเปรี้ยวจากมะขามป้อมและเสาวรสเล็กน้อยจึงได้รสชาติที่กลมกล่อม ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช พบว่าค่าความเข้มข้นสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC50) ของ T1-T4, น้ำส้ม, น้ำเสาวรส และน้ำกีวี คือ 0.049, 0.504, 0.506, 0.055, 2.24, 3.58, และ 25.96 mg/ml ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของณัฏฐนิช ลิ้มสุธรรมชน และคณะ (2558) ที่ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอชพบว่าในสารสกัดตรีผลาด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ น้ำ เอธานอล และโพรพิลีนไกลคอล โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานคือวิตามินซี พบว่าสารสกัดที่ออกฤทธิ์ได้ดีที่สุดคือ สกัดด้วยเอธานอลโดยค่า IC50 ของมะขามป้อม สมอไทย สมอพิเภกและวิตามินซีมีค่าเท่ากับ 16.78, 22.26, 8.81 และ 8.97 µg/ml ตามลำดับ รองลงมาคือสกัดด้วยน้ำ และโพรพิลีนไกลคอล นอกจากนี้การวิเคราะห์หาฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteau's พบว่าสารสกัดด้วยเอธานอล มีค่ามากที่สุด โดยมะขามป้อม สมอไทย และ สมอพิเภกมีปริมาณ เท่ากับ 40.19, 32.62 และ 88.68 mgGAE/100 mg ตามลำดับ รองลงมาคือสกัดด้วยน้ำ และโพรพิลีนไกลคอล จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพิกัดตรีผลาที่สกัดหยาบด้วยเอธานอล พบว่าค่า IC50 ในการทดสอบกับอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ คือ ดีพีพีเอช ไนตริกออกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซูปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน และเฟอริกไอออน 5.94, 32.59, 16.63, 42.95, 32.59 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระชนิดซูปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเฟอริกไอออน ของสารสกัดตรีผลาสูงกว่าวิตามินซี (Babu, et al, 2013) จากการศึกษาพบว่าการเตรียมน้ำตรีผลาตามสัดส่วนของมะขามป้อม: สมอพิเภก: สมอไทย 1:2:3 และสัดส่วน 1:1:1 มีค่า IC50 1.97 และ 2.02 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยที่สัดส่วน 1:2:3 และ 1:1:1 มีกรดแกลลิกร้อยละ 11.0 w/w และ 9.2 w/w ตามลำดับ (จิราภรณ์ ลับแล และมุกริน เสียงเพราะ, 2557) จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นนั้นผลของการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช อาจมีค่าต่างจากการศึกษาวิจัยตรีผลานานาผลในครั้งนี้ เนื่องจากวิธีการเตรียมน้ำตรีผลา และปริมาณสัดส่วนของผลไม้ที่ใช้ในการเตรียมน้ำตรีผลาไม่เท่ากัน แต่ไม่ว่าจะผสมกันในสัดส่วนใดตำรับตรีผลาก็มีสารฟีนอลิกและมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง ผลไม้ไทยสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในการป้องกันโรคที่เกิดจากความเสื่อมของเซลล์จากอนุมูลอิสระได้ ไม่ว่าจะเป็นโรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหัวใจและหลอดเลือด และชะลอความชรา

สรุป

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอชและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตร T1 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีและมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด จึงสามารถนำไปใช้พัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากผลไม้ไทยที่มีรสชาติเป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการและสามารถบริโภคได้หลายช่วงวัย

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการวิทยาลัยการแพทย์แผนไทย คณาจารย์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง**

กฤษณา ฤทธิศร, 2558, คู่มือบูรณาการเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพโดยชุมชน,โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ, 3 หน้า

จิราภรณ์ ลับแล และมุกริน เสียงเพราะ, 2557, ฤทธิ์ต้านจุลชีพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโลชันบำรุงผมตำรับตรีผลา, ปริญญานิพนธ์นักศึกษาปริญญาตรี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 1-2 หน้า

ชมภูนุช เผื่อนพิภพ, 2554, วิธีการพาสเจอร์ไรส์,รายงานการวิจัยเรื่องเครื่องดื่มน้ำมะนาวผสมใยอาหารแบบพาสเจอร์ไรส์,คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 15 หน้า

ณัฏฐนิช ลิ้มสุธรรมชน และ ณัฐรัตน์ แสงรุ่งเรืองศรี, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วย ตัวทำละลายต่างๆของตรีผลา http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/service-research-special-abstract. [02/August /07],

บังอร วงศ์รักษ์ และ ศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ์, 2549, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน, ปริญญานิพนธ์นักศึกษาปริญญาตรี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 16-19 หน้า

บัญชียาหลักแห่งชาติ, 2559, ประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ เรื่อง บัญชียาหลักแห่งชาติ พ.ศ. 2559. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา, (ลงวันที่ 10 พฤศจิกายน 2559)

ประสงค์ เทียนบุญ, 2553, บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ,วารวารคลินิกอาหารและโภชนาการ, 4: 69 – 76

ประสบอร รินทอง, 2557, ฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดของสารสกัดตรีผลาที่ทดสอบในหนูทีถูกเหนี่ยวนำให้มีระดับไขมันในเลือดสูง, การประชุมวิชาการมหกรรมสมุนไพรแห่งชาติครั้งที่ 10, ศุยน์ประชุมแห่งชาติอิมแพคเมืองทองธานี 6 หน้า

พาณี ศิริสะอาด, 2555, คอลัมน์ชีวิตคุณภาพ,สำนักพิมพ์มติชน,สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, กรุงเทพฯ, 10 หน้า

รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์, 2554, การวิเคราะห์ปริมาณอนุมูลอิสระด้วย DPPH , รายงานการวิจัยเรื่อง ฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดย่านาง เครือหมาน้อยและรางจืด, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 6-7 หน้า

วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2554, ตรีผลา สูตรสมุนไพรต้านชรายับยั้งมะเร็ง,สำนักพิมพ์คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดลและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่,กรุงเทพ, - หน้า

สำนักโลกไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค, 2559, สถานการณ์โรคไม่ติดต่อและบาดเจ็บ,รายงานประจำปี 2558, สำนักโรคไม่ติดต่อกรมควบคุมโรค การทรวงสาธารณสุข, 11-15 หน้า

Babu D., Gurumurthy P., Borra SK., and Cherian KM., 2013, Antioxidant and free radical scavenging activity of triphala determined by using different in vitro models, Journal of Medicinal Plant Research, 7(39): 112-116

Table 1 Composition of Triphalananaphon in every formula.**

Formula/composition(ml)	Triphala beverage	Orange juice	Passion fruit juice	Kiwi juice	Honey
T1	200	60	30	10	15
T2	200	100	-	-	15
T3	230	-	70	-	15
T4	200	70	30	-	15

*Total volume in each formula are 315 ml

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตมะเขือเปราะพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์
Comparison of Five Eggplant Local Varieties in Growth and Yield

กฤษณา บุญศิริ[1] พัชร ปิริยะวินิตร[2] และ กัญญาภรณ์ พิพิธแสงจันทร์[2]
Boonsiri, K.[1], Piriyavinit, P.[2] and Pipithsangchan, K.[2]

Abstract*

Comparisons of growth and yield of five local eggplants (line number: 2030, 2097, 2178, 2646 and 2068) collected by Genebank Research and Development Group were investigated. The RCBD was performed with four replicates. Results showed that the height of all lines was not different at 30 and 45 days after transplanting. Time to flowering of line 2097 was shortest with 82.50 days after sowing. Fruit characteristics of line 2030 and 2097 were small, round and purple while the 2178 had a large, white with light green. The fruit of line 2646 had a small, round and dark green with white and had a bitter taste but the 2068 had a small, dark purple and oval fruit. During the first month of harvesting, the yield of line 2178 was the highest (686.40 g/plant) whereas line 2068 showed the lowest in fruit weight (93.12 g/plant), number of fruit per plant (9.43 fruits) and number of seed per fruit (601 seeds/fruit).

Keywords: eggplant, local variety

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์ที่เก็บรวบรวมโดยกลุ่มวิจัยพัฒนาธนาคารเชื้อพันธุ์พืช ได้แก่ สายพันธุ์ 2030 2097 2178 2646 และ 2068 โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 บล็อค พบว่า มะเขือทุกสายพันธุ์มีความสูงของต้นไม่แตกต่างกันที่อายุ 30 และ 45 วันหลังย้ายปลูก สายพันธุ์ 2097 มีระยะเวลาตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงออกดอกสั้นที่สุด (82.50 วัน) ส่วนลักษณะของผลพบว่า สายพันธุ์ 2030 และ 2097 เป็นมะเขือผลเล็ก รูปร่างกลม ผลสีม่วง สายพันธุ์ 2178 เป็นมะเขือผลใหญ่ สีขาวปนเขียวอ่อนสายพันธุ์ 2646 เป็นมะเขือผลเล็ก กลม สีเขียวเข้มปนขาว เนื้อแข็ง รสชาติขื่น ส่วนสายพันธุ์ 2068 ผลรูปไข่ ขนาดเล็ก สีม่วง สำหรับปริมาณผลผลิตในระยะเวลาเก็บเกี่ยวหนึ่งเดือน พบว่า สายพันธุ์ 2178 ให้น้ำหนักผลผลิตมากที่สุด (686.40 กรัม/ต้น) และสายพันธุ์ 2068 ให้น้ำหนักผลผลิต (93.12 กรัม/ต้น) จำนวนผลต่อต้น (9.43 ผล) และจำนวนเมล็ดต่อผล (601 เมล็ดต่อผล) น้อยที่สุด

คำสำคัญ: มะเขือเปราะ พันธุ์พื้นเมือง

คำนำ*

มะเขือเปราะ (*Solanum melongena*) พบกระจายทั่วไปในประเทศไทย ลักษณะทั่วไปเป็นไม้ล้มลุก อายุยืน ต้นสูง 0.6 – 1.7 เมตร ลำต้นส่วนโคนแข็ง มีเนื้อไม้ แตกกิ่งก้านสาขามาก ส่วนใหญ่ไม่มีหนาม กลีบดอกมีสีขาวหรือม่วง ผลมีรูปร่างหลายแบบ อาจกลมหรือทรงรี หรือรูปทรงกระบอกค่อนข้างยาว มีหลายขนาด หลายสี ตั้งแต่ขาว เขียว เหลืองและม่วง ชื่อพื้นเมืองมีหลายชื่อ เช่น มะเขือยาว มะเขือจาน มะเขือเจ้าพระยา มะเขือไข่เต่า มะเขือตอแหล มะเขือขื่น และมะเขือม่วง (วินัยและคณะ, 2545; อริสรา, 2554) ชื่อของมะเขือมักจะตั้งตามลักษณะของพันธุ์หรือท้องถิ่นนั้น ๆ เช่น มะเขือเปราะเจ้าพระยา มะเขือยาวสาลีสีเขียว มะเขือเสวย มะเขือยาวงาช้าง เป็นต้น (จิรวัฒน์, 2551) มะเขือเปราะที่พบในประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรมมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ถึงแม้ว่ามะเขือจะเป็นพืชผสมตัวเอง แต่มีความสามารถในการผสมข้ามสูง โดยพบว่าสามารถผสมข้ามได้ร้อยละ 0.2-46.8 (บุญส่ง, 2558) จากความหลากหลายของพันธุ์มะเขือเปราะและขาดข้อมูลลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพันธุ์พื้นเมือง ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงเป็นการศึกษาลักษณะทางสรีระ และผลผลิตของมะเขือเปราะ โดยใช้เมล็ดพันธุ์มะเขือเปราะจากกลุ่มวิจัยพัฒนาธนาคารเชื้อพันธุ์พืช ที่เก็บรวบรวมสำหรับเป็นแหล่งเชื้อพันธุ์ในงานวิจัยในด้านต่างๆ และยังไม่ได้มีการศึกษารายละเอียด

[1]วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครสวรรค์ อ. เมือง จ. นครสวรรค์ 60000
[1]Nakhonsawan College of Agriculture and Technology Muang District Nakhonsawan 60000
[2]สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ถ.รังสิต-นครนายก ต. รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
[2]Biotechnology Research and Development Office, Rangsit- Nakornnayok Rd., Rangsit, Thanyaburi, Pathumthani Province, 12110

ลักษณะทางพันธุกรรม ข้อมูลที่ได้เป็นพื้นฐานในการจัดกลุ่มมะเขือให้เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกกับการนำมาใช้ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์พันธุ์ และการปรับปรุงพันธุ์พืชต่อไป

.

อุปกรณ์และวิธีการ*

การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมะเขือเปราะวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ โดยเพาะเมล็ดมะเขือเปราะ จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ 2030, 2097, 2178, 2646 และ 2068 เมื่อต้นกล้ามีอายุ 50 วันหลังจากเพาะเมล็ดย้ายกล้าปลูกในแปลงขนาด กว้าง 2.4 เมตร ยาว 6 เมตร ที่ผสมขี้วัวแปลงละ 1 กระสอบ ปลูก 3 แถวๆละ 8 ต้น ระยะปลูก 75 x 80 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยสูตร 16-16-16 ปริมาณ 1 ช้อนชาต่อหลุม ให้น้ำโดยสปริงเกอร์ ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 ทุก 21 วันหลังย้ายกล้า ป้องกันกำจัดแมลงโดยฉีดพ่นสารเมทาไรเซียม แอนิโซเพลีย ความเข้มข้น 1x 10^9 cfu/g ปริมาณ 200 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ดินที่ปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับสูง ปริมาณธาตุ P อยู่ระหว่าง 20.25- 48.25 มก./กก. ปริมาณธาตุ K อยู่ระหว่าง 454’5 -565’25 มก./กก. pH 6.8 -8.1 บันทึกการเจริญเติบโต การออกดอก และเก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะเวลา 1 เดือนหลังจากที่เริ่มให้ผลผลิต และสีดอกและผลโดยใช้แผ่นเทียบสี (RHS colour chart)

ผลการทดลอง*

ต้นกล้าของของต้นมะเขือสายพันธุ์ 2068 มีความกว้างของใบเลี้ยงน้อยที่สุด แต่มีความยาวของใบเลี้ยงมากที่สุด เมื่อย้ายกล้าลงแปลงปลูก พบว่าต้นกล้าของสายพันธุ์ 2646 มีความสูงน้อยที่สุด แต่ความสูงของทุกสายพันธุ์ไม่แตกต่างกันตั้งแต่อายุ 30-45 วันหลังย้ายกล้า ส่วนขนาดของใบ พบว่า สายพันธุ์ 2178 และ 2646 มีความกว้างมากที่สุด (Table 1) สายพันธุ์ 2078 ออกดอก 82.50 วันหลังจากเพาะเมล็ดซึ่งเร็วกว่าทุกสายพันธุ์ ส่วนสายพันธุ์อื่นๆ ออกดอกในระยะเวลาไม่แต่ต่างกัน (93.75 - 98.25 วันหลังจากเพาะเมล็ด) สายพันธุ์ส่วนใหญ่มีจำนวน 1.25-1.50 ดอกต่อช่อ ยกเว้นสายพันธุ์ 2646 ที่มีจำนวนดอก 3.5 ดอกต่อช่อ และมีจำนวนดอกที่สมบูรณ์เพศมากกว่า และทุกสายพันธุ์กลีบดอกสีม่วง โดยสายพันธุ์ 2030 และ 2097 ในระดับ V84 A ส่วนสายพันธุ์ 2178 2646 และ 2068 มีค่า V85 A (Table 2) ผลอ่อนในระยะรับประทานของสายพันธุ์ 2030 2097 และ 2068 มีสีม่วงในระดับ N 81A, V 83C และ V 85B ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 2178 ผลสีขาว แต้มสีเขียวในระดับ YG 144B และ สายพันธุ์ 2646 ผลสีขาวแต้มสีเขียวในระดับ YG 146B เมื่อผลแก่สายพันธุ์ 2030 2097 และ 2068 มีสีส้มอมน้ำตาล และ สายพันธุ์ 2178 และ 2646 ผลแก่สีเหลือง รสสัมผัสของผลมะเขือ พบว่า ทุกสายพันธุ์มีความแน่นเนื้อปานกลาง และรสชาติหวาน ยกเว้นสายพันธุ์ 2646 ที่ผลค่อนข้างแข็งและรสขื่น (Table 3 และ Figure 1) ส่วนผลผลิตของผลและเมล็ดพบว่าสายพันธุ์ 2178 ให้น้ำหนักผลต่อต้นสูงที่สุด สายพันธุ์ 2068 ให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้น จำนวนผลต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อผลน้อยที่สุด (Table 4) สายพันธุ์ 2068 ให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้น จำนวนผลต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อผลน้อยที่สุด (Table 4)

วิจารณ์ผล*

มะเขือพื้นเมืองทั้ง 5 สายพันธุ์มีลักษณะทางสรีระหลายลักษณะที่แตกต่างกัน แม้ว่าความสูงต้นจะไม่แตกต่างกัน แสดงว่าพันธุกรรมของมะเขือทั้ง 5 สายพันธุ์มีความแตกต่างกัน (Cakir et al., 2017) ทั้งนี้ ลักษณะความสูงต้นน่าจะไม่สามารถนำมาใช้จำแนกกลุ่มมะเขือทั้ง 5 สายพันธุ์นี้ได้ แต่พบว่า ระยะเวลาของการออกดอก จำนวนดอกต่อช่อ สีผลอ่อน รสชาติของผล ความแข็งของผล น้ำหนักผลต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อผล และน้ำหนักต่อ 100 เมล็ด น่าจะนำมาใช้จัดกลุ่มย่อยของมะเขือได้ อย่างไรก็ตาม ควรปลูกทดสอบมะเขือทั้ง 5 พันธุ์อีกครั้งเพื่อยืนยันว่าลักษณะดังกล่าวไม่ได้เกิดจากสิ่งแวดล้อม และการเพาะปลูก เมื่อใช้ลักษณะน้ำหนักผล สีผล และรสชาติ เป็นเกณฑ์เช่นเดียวกันกับ Naujeer (2009) สามารถแบ่งกลุ่ม มะเขือเปราะ 5 สายพันธุ์ ออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มมะเขือเปราะผลเล็กสีม่วง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ มะเขือสายพันธุ์ 2030 2097 และ 2068 กลุ่มมะเขือเปราะผลใหญ่ สีเขียว 1 สายพันธุ์ได้แก่ สายพันธุ์ 2178 กลุ่มมะเขือขื่น 1 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ 2646

สรุปผล

การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตมะเขือเปราะพันธุ์พื้นเมือง เพื่อนำมาใช้จำแนกกลุ่มพบว่า มะเขือเปราะทั้ง 5 สายพันธุ์มีการเจริญโตและมีลักษณะทางสรีระที่แตกต่างกัน 8 ลักษณะ แต่เมื่อใช้ลักษณะที่นิยมนำมาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งได้แก่ น้ำหนักผล สีผลและรสชาติ สามาถแบ่งกลุ่มย่อยของมะเขือเปราะได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มมะเขือเปราะผลเล็กสีม่วง (สายพันธุ์ 2030 2097 และ 2068) กลุ่มมะเขือเปราะผลใหญ่ สีเขียว (สายพันธุ์ 2178) กลุ่มมะเขือขื่น (สายพันธุ์ 2646)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณธนาคารเชื้อพันธุ์พืช ที่ให้ความอนุเคราะห์สายพันธุ์มะเขือในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จิรวัฒน์ ภู่เสริมภูมิ, 2551, ผักกินผล, สานักพิมพ์เกษตรสยามบุ๊ค จำกัด, กรุงเทพฯ.

บุญส่ง เอกพงษ์, 2558, เทคนิคการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักลูกผสม, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วินัย สมประสงค์, วัชรี ประชาศรัยสรเดช, ปราโมทย์ ไตรบุญและปริกาญจน์ สุรพันธ์พิชิต, 2545, รวบรวมและศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชสกุลมะเขือ (*Solanum* L.) ในภาคเหนือ, วาสารวิชาการเกษตร 20(3): 204-220

อริสรา จุลกิจวัฒน์, 2554, ศึกษาตำแหน่งทางอนุกรมวิธานของพืชสกุลมะเขือ (*Solanum* L.) ในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม

Cakir, Z., A. Balkaya, S. Saribas and D. Kandemir. 2017. The morphological diversity and fruit characterization of Turkish eggplant (*Solanum melongena* L.) populations , Ekin J. of Crop Breeding and Genetics, 3(2): 34-44

Naujeer, H. B. 2009. Morphological diversity in eggplant (*Solanum melongena* L.), their related species and wild types conserved at the national gene bank in Mauritius. Master thesis. International Master Programme at the Swedish Biodiversity Centre. Uppsala University

Table 1 Cotyledon size, leaf size and plant height of eggplant at 15 30 and 45 days after transplant

varieties	cotyledon (mm.)		leaf size (cm.)		plant height (cm.)		
	width	length	width	length	15 days	30 days	45 days
2030	5.83 ab	10.73 c	8.22 b	13.59	11.44 a	26.72	53.00
2097	6.16 a	12.73 b	7.30 b	11.72	13.05 a	23.79	46.19
2178	6.15 a	13.07 b	10.82 a	14.45	13.70 a	29.86	52.22
2646	6.12 a	11.52 c	11.54 a	14.19	8.60 b	22.73	57.84
2068	5.52 b	14.02 a	8.39 b	12.71	11.18 a	28.25	40.59
F test	*	*	*	ns	*	ns	ns
c.v. (%)	3.79	4.20	16.28	14.33	14.20	34.62	34.58

Mean with the same letter within a column are not significant different at P < 0.05 by least significant difference

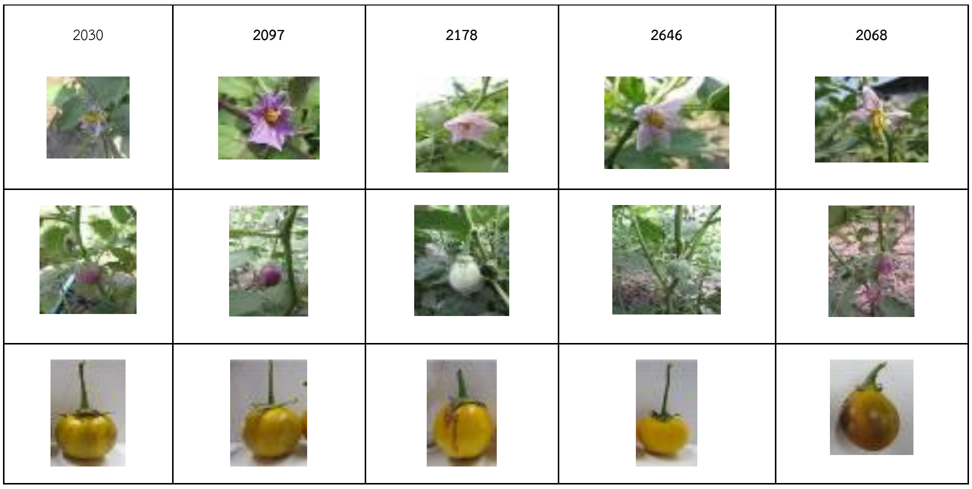


Figure 1 Characteristic of flower, immature and mature fruit of five eggplant varieties.

Table 2 Days to 50% flowering, number of flower/branch, number of hermaphroditics flower/cluster and petal color of five eggplant varieties

varieties	days to **50% flowering**	number of flower/cluster	number of hermaphroditics flower/cluster	petal color
2030	93.75 a	1.25 b	1	purple (V84 A)
2097	82.50 b	1.50 b	1	purple (V84 A)
2178	94.25 a	1.50 b	1	purple (V85 A)
2646	98.25 a	3.50 a	1.5	purple (V85 A)
2068	95.00 a	1.25 b	1	purple (V85 A)
F test	*	*		
c.v. (%)	6.79	19.64		

Mean with the same letter within a column are not significant different at P < 0.05 by least significant difference

Table 3 Color of fruit at immature and mature, taste of fruit and fruit firmness of five eggplant varieties

varieties	color immature fruit	color of mature fruit	taste of fruit	fruit firmness
2030	purple (N 81A)	grayed orange (GO 163B)	sweet	moderate
2097	purple (V 83C)	grayed orange (GO 163A)	sweet	moderate
2178	yellow green (YG 144B)	yellow (Y 13A)	sweet	moderate
2646	yellow green (YG 146B)	yellow (Y 13B)	bitter	hard
2068	purple (V 85B)	grayed orange (GO 163B)	sweet	moderate

Table 4 Fruit weight (g/plant), yield (fruit/plant), fruit dry weight (%), number of seeds per fruit and weight of 100 seeds of five eggplant varieties

varieties	fruit weight (g/plant)	yield (fruit/plant)	fruit dry weight (%)	number of seeds per fruit	weight of 100 seeds (g.)
2030	537.65 ab	46.28 a	11.98 b	1146 ab	0.79 ab
2097	377.34 abc	29.06 b	11.21 b	968.5 bc	0.44 b
2178	686.40 a	17.12 bc	10.53 b	1444 a	0.99 a
2646	262.03 bc	28.75 b	19.28 a	714 cd	1.01 a
2068	93.12 c	9.43 c	12.27 b	601 d	1.04 a
F test	*	*	*	*	*
c.v. (%)	54.78	40.99	12.07	22.13	32.02

Mean with the same letter within a column are not significant different at P < 0.05 by least significant difference.

ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*
Efficiency of plant extracts against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*

พัชรินทร์ มีทรัพย์[1] และ สุวิชญา บัวชาติ[1]
Meesup, P.[1] and Buachard, S.[1]

Abstract

This research aimed to study antibacterial activities of 8 herbal ethanol extracts (*Musa sapientum* L., *Psidium guajava* Linn., *Punica granatum* Linn., *Garcinia mangostana* Linn., *Zingiber zerumbet* and *Citrullus lanatus*.) against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* by disk diffution method. According to the findings of the antibacterial assay, the 7 herbal extracts showed inhibitory activity against *S. aureus* and *E. coli*, whereas the *Musa sapientum* L. extract did not inhibit *S. aureus* and *E. coli*. It was found that extraction of *Punica granatum* Linn. (peel) showed highest antimicrobial activities against *S. aureus* and *E. coli*, which have the difference on statistical significance ($p \leq 0.05$). It's inhibition zone were 2.10 and 2.36 cm respectively. Minimal inhibitory concentration (MIC) and minimal bactericidal concentration (MBC) against *S. aureus* and *E.coli* by broth dilution method. The results showed that MIC and MBC of *Punica granatum* Linn. (peel) were 15.625, 31.25 and 31.25, 62.5 mg/ml respectively.

Keywords: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, plant extract

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดสมุนไพร 8 ชนิด โดยใช้ 95% เอทานอลเป็นตัวสกัด (กล้วยน้ำว้าดิบ เปลือกผลทับทิม ใบทับทิม ผลอ่อนฝรั่ง ใบฝรั่ง กระทือ เปลือกผลมังคุด และรากแก่ของแตงโม) ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* โดยวิธี disk diffution method ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียพบว่าสารสกัดสมุนไพรทั้ง 8 ชนิด สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้ ยกเว้นสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าที่ไม่สามารถยับยั้งทั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* พบว่าโดยสารสกัดจากเปลือกทับทิมมีฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากสมุนไพรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีบริเวณการยับยั้งเท่ากับ 2.10 และ 2.36 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญเติบโต (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าเชื้อได้ (MBC) ต่อเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* โดยวิธี broth dilution พบว่าค่า MIC และ MBC ของเปลือกทับทิม คือ 15.625, 31.25 และ 31.25, 62.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: *Staphylococcus aureus Escherichia coli* สารสกัดสมุนไพร

คำนำ**

ปัจจุบันคนไทยเสี่ยงต่อโรคการเกิดอาหารเป็นพิษ เพราะส่วนมากนิยมรับประทานอาหารที่ปรุงไม่สุข อาหารทะเล และอาหารค้างคืน ซึ่งอาหารจำพวกนี้อาจมีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียต่างๆ อยู่ เช่น *Salmonella* spp., *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* เป็นต้น รวมไปถึงประเทศไทยที่มีอากาศร้อนอันเป็นปัจจัยสำคัญในการเร่งให้เชื้อแบคทีเรียในอาหารจำพวกนี้เจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น โดยในปี 2558 เดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ พบผู้ป่วยสูงสุดในรอบปี จำนวน 19,612 ราย จากทุกจังหวัดทั่วประเทศ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษที่พบบ่อยได้แก่ *S. aureus* (สำนักระบาดวิทยา, 2558) เชื้อนี้จะปนเปื้อนในอาหารและแบ่งตัวอย่างรวดเร็วเมื่อทิ้งอาหารไว้ที่อุณหภูมิห้อง และสร้างสารพิษออกมาในอาหาร อาการจะเกิดภายหลังรับประทานอาหารที่มีสารพิษ 1-6 ชั่วโมง สารพิษจะออกฤทธิ์ต่อเยื่อบุลำไส้เล็ก ทำให้คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเดิน อาจพบอาการไข้ได้บ้าง ในรายที่รุนแรง อาจช็อคได้ แต่ส่วนใหญ่จะดีขึ้นภายใน 8-24 ชั่วโมง การต้มอาหารให้เดือดเป็นเวลานานถึงครึ่งชั่วโมงก็ไม่สามารถทำลายสารพิษได้ และเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ก็เป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษ มีระยะฝักตัวเพียง 7-12 ชั่วโมง ทำให้เกิดอาการท้องเสีย ปวดท้อง ปวดศีรษะ และอาเจียน อาการไข้มีเพียงเล็กน้อย อาการจะหายภายใน 24 ชั่วโมง

---

[1]โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร 62000
[1]Biology Program, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet 62000

(กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2537) การใช้ยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและการรักษาโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารถ้าใช้ในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดการตกค้างของสารพิษได้และยิ่งไปกว่านั้นคือถ้าหากใช้บ่อยๆเชื้อแบคทีเรียจะดื้อต่อยาปฏิชีวนะทำให้ประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียลดลง จึงมีการคิดค้นการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจากสารสกัดจากสมุนไพร (กีรติญา และยิ่งมณี, 2555) เพราะพืชสมุนไพรนั้นหาได้ง่าย มีราคาถูก มีกลิ่นที่นิยมและคุ้นเคย และที่สำคัญพืชสมุนไพรไม่มีสารพิษตกค้างเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ยาปฏิชีวนะ งานวิจัยนี้ทำการนำสมุนไพร ได้แก่ ผลกล้วยน้ำว้าดิบเปลือก ผลทับทิม ใบทับทิม ผลอ่อนฝรั่ง ใบฝรั่ง เหง้ากระทือ เปลือกผลมังคุด และรากแก่ของแตงโมมาสกัดด้วยเอทานอล ทำการทดสอบยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ศึกษาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดสมุนไพรที่มีผลต่อการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*และ *E. coli* ได้

อุปกรณ์และวิธีการ*

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ

Staphylococcus aureus TISTR 1466 จากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และ *Escherichia coli* D1 ที่คัดแยกเชื้อจากอุจจาระ และผ่านการยืนยันเชื้อโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

การเตรียมตัวอย่างพืชสมุนไพร

นำสมุนไพร 6 ชนิด ได้แก่ กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) ใช้ส่วนผลดิบ ทับทิม (*Punica granatum* Linn.) ใช้ส่วนเปลือกผล และใบ ฝรั่ง (*Psidium guajava* Linn.) ใช้ส่วนผลดิบ และใบ กระทือ (*Zingiber zerumbet*) ใช้ส่วนเหง้า มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) ใช้ส่วนเปลือกของผล แตงโม (*Citrullus lanatus*) ใช้ส่วนรากแก่ จากอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร นำมาล้างทำความสะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45±2 องศาเซลเซียส จากนั้นปั่นให้ละเอียด

การสกัดพืชสมุนไพร

นำตัวอย่างสมุนไพร 8 ตัวอย่างแช่ในเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1: 4 (สมุนไพร 125 กรัม: เอทานอล 500 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบางและกรองซ้ำด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้มาทำการระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 45 ±2 องศาเซลเซียส ความดัน 100 ปอนด์ จนสารสกัดไม่มีเอทานอลผสมอยู่ เก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคด้วยวิธี Disk Diffusion Method

ถ่ายเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* 1 ห่วง ลงในอาหาร Nutrient broth เขย่าด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (shaker) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 240 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นั้นนำเชื้อที่ได้ปรับความขุ่นให้มีปริมาตรเท่ากับ 10^8 CFU/ml. โดยเทียบกับ McFarland standerd No.0.5 นำเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มา spread plate บนอาหาร Muller Hinton agar นำสารสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดที่ผ่านการกรองด้วยแผ่นกรองปลอดเชื้อ 0.2 ไมโครเมตร หยดลงในแผ่น disc ปลอดเชื้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยใช้น้ำปลอดเชื้อเป็นตัวควบคุมเชิงลบ และใช้ยาปฏิชีวนะ Chloramphenicol 30 ไมโครกรัม และ Ampicillin 10 ไมโครกรัม เป็นตัวควบคุมเชิงบวกของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ตามลำดับ มาวางลงบนผิวหน้าอาหารที่เตรียมไว้แล้ว การทดสอบ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง สังเกตบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการ Duncan’s Multiple Range Test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ภาวนา และคณะ, 2554)

การทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimal inhibitory concentration, MIC) ด้วยวิธี Broth dilution technique และการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (Minimal bactericidal concentration, MBC) ด้วยวิธี Agar dilution technique

นำหลอดทดลองปลอดเชื้อจำนวน 10 หลอด ทำการดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ Muller Hinton broth (MHB) ใส่ลงในหลอดที่ 1-10 หลอดละ 1 มิลลิลิตร แล้วดูดสารสกัดใส่ลงในหลอดที่ 1 โดยให้สารสกัดมีค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ต่อจากนั้นดูดสารจากหลอดที่ 1 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดที่ 2 ทำซ้ำในทำนองเดียวกันนี้ไปจนถึงหลอดที่ 9 สำหรับหลอดที่ 9 เมื่อผสมสารสกัดและอาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากันได้ดีแล้วดูดสารละลายทิ้งไป 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ที่มีความขุ่นเท่ากับ 10^8 CFU/ml. ลงไปในหลอดที่ 1-10 หลอดละ 1 มิลลิลิตร โดยหลอดที่ 10 มีอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ไม่มีสารสกัด ใช้เป็น negative control บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง การหาค่า MIC ทำได้จากการสังเกตหลอดทดลองแรกที่ปรากฏความขุ่นของเชื้อจากนั้นดูดหลอดสุดท้ายที่อาหารมีความใสนำมา spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Muller Hinton

agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ถ้าไม่พบการเจริญของแบคทีเรียแสดงว่าความเข้มข้นดังกล่าว คือค่า MBC

ผลและวิจารณ์ผล**

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ด้วยสารสกัดสมุนไพรแต่ละชนิดด้วยวิธี Disc diffusion techniques แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าสารสกัดจากสมุนไพรทั้ง 8 ชนิดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้ ยกเว้นสารสกัดสมุนไพรจากผลดิบกล้วยน้ำว้าที่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทั้ง 2 ชนิดได้ และเมื่อเปรียบเทียบบริเวณการยับยั้งของสารสกัดสมุนไพรอีก 7 ชนิด ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ของสารสกัดจากเปลือกผลทับทิม ใบฝรั่ง เปลือกผลมังคุด ใบทับทิม เหง้ากระทือ รากแตงโม และผลดิบฝรั่ง มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้ง คือ 2.1, 1.56, 1.46, 1.3, 1.16, 1.13 และ 0.96 เซนติเมตร ตามลำดับจากมากไปหาน้อย สารสกัดจากเปลือกผลทับทิมให้ฤทธิ์การยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ดีกว่าสารสกัดอื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \le 0.05$) คือ รองลงมาเป็นสารสกัดจากใบฝรั่ง เปลือกมังคุดและใบทับทิม แตกต่างกับสมุนไพรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \le 0.05$) และผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* ของสารสกัดจากเปลือกผลทับทิม ใบทับทิม ใบฝรั่ง เปลือกผลมังคุด ผลดิบฝรั่ง รากแตงโม และเหง้ากระทือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้ง คือ 2.36, 2.26, 1.66, 1.56, 1.46, 1.46 และ 1.13 เซนติเมตร ตามลำดับจากมากไปหาน้อย สารสกัดจากเปลือกทับทิมและใบทับทิมให้ฤทธิ์การยับยั้ง *E. coli* ดีกว่าสารสกัดอื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \le 0.05$) ซึ่ง Jahir and Sonali (2011) รายงานสารสกัดเปลือกทับทิมด้วยเอทานอลให้บริเวณการยับยั้ง *S. aureus* และ *E. coli* เท่ากับ 25.5 และ 22.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ และ Santos และคณะ (2015) รายงานสารสกัดเปลือกทับทิมด้วยเอทานอลที่ 30 ไมโครลิตร ให้บริเวณการยับยั้ง *S. aureus* และ *E. coli* เท่ากับ 13.00 และ 5.66 มิลลิเมตรตามลำดับ และพบว่ามีองค์ประกอบของ Anthraquinone, Carbohydrates, Flavonoid, Glycosides และ Tannins โดยเฉพาะ Tannins ที่พบในปริมาณสูง

จากการทดสอบค่า MIC และ MBC ของสารสกัดสมุนไพรทั้ง 8 ชนิด พบว่าสารสกัดสมุนไพรจากเปลือกทับทิมและเปลือกมังคุดให้ผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด โดยค่า MIC และ MBC เท่ากับ 15.62 และ 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และพบว่าสารสกัดจากเปลือกทับทิมและใบทับทิมให้ผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุด โดยค่า MIC และ MBC เท่ากับ 31.25 และ 62.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังตารางที่ 2 สารสกัดจากเปลือกทับทิมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นสารสกัดจากเปลือกมังคุดและใบทับทิม Tianchai และคณะ (2012) สารสกัดของทับทิมมีสารออกฤทธิ์ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ ฟีนอลและแทนนินที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ อุดมลักษณ์ และคณะ (2552) สารสกัดจากมังคุด มีสารออกฤทธิ์แซนโทน แมงโกสติน แทนนิน สารแทนนินมีฤทธิ์สมานแผลช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น สารแมงโกสตินมีฤทธิ์ช่วยลดอาการอักเสบ และต้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนอง สารแซนโทนในเปลือก มังคุดยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังและกลากได้เป็นอย่างดีอีกด้วย นอกจากนั้นยังพบว่า สารแมงโกสตินมีคุณสมบัติเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ซึ่งก่อให้เกิดมีประโยชน์ในด้านสุขภาพเป็นอย่างสูงโดยช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกายและมีคุณสมบัติในการยับยั้งเซลมะเร็ง และมีฤทธิ์ในการยับยั้งHIVที่ก่อให้เกิดโรคAIDS ได้อีก

สรุป

ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้แก่ ผลกล้วยน้ำว้าดิบเปลือกผลทับทิม ใบทับทิม ผลอ่อนฝรั่ง ใบฝรั่ง กระทือ เปลือกผลมังคุด และรากแก่ของแตงโม พบว่าสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* สูงสุด โดยมีค่าบริเวณการยับยั้ง เท่ากับ 2.10 และ 2.36 เซนติเมตรตามลำดับ และให้ค่า MBC เท่ากับ 31.25 และ 62.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเปลือกผลทับทิมมีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในการรักษาโรคทางเดินอาหารๆได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2537, หนังสือความรู้สิ่งเป็นพิษ ตอนที่ 9, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

กีรติญา เอี่ยมถาวร และยิ่งมณี ตระกูลพัว, 2555, การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโพรพอลิส นมผึ้ง และฟ้าทะลายโจร, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาวนา พนมเขต สุรศักดิ์ แว่นรัมย์ และธันยาการย์ ศรีวรมาศ, 2554, ฤทธิ์ต้านจุลชีพของส่วนสกัดของพืชไทยต่อเชื้อ *Burkholderia pseudomallei*.

วรยุทธ ยอดบุญ ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์ และฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์, 2556, ผลของสารสกัดสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร. ในเรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 50: 228-237

สำนักระบาดวิทยา, 2558, อาหารเป็นพิษ: โรคสุดฮิตในช่วงฤดูร้อน, กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์ อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และประภัสสร รักถาวร, 2552, การสกัดและการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและผลิตภัณฑ์, กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

Éverton S.S., Jaqueline H. and Patricia T.G.M., 2015, Antibacterial activity of crude ethanolic and fractionated extracts of *Punica granatum* Linn, fruit peels, Rev Ciênc Farm Básica Aplied., 36(2):219-225.**

Jahir, A.K. and Sonali H., 2011, Antibacterial properties of punica granatum peels, International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 2:23-27

Tianchai, N., Petlada, D. and Sukon, T., 2012, Antibacterial activity of pomegranate fruit peels and arils, Science Asia, 38: 319–322.

Table 1 Zones of inhibition of Medicinal Plant Extracts against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli.*

Plant Extract	Part used	Zones of inhibition (cm)	
		Staphylococcus aureus	*Escherichia coli*
Musa sapientum L.	fruits	0.90 ± 0.00[e]	0.90 ± 0.00[d]
Punica granatum Linn.	leaves	1.30 ± 0.10[bcd]	2.26 ± 0.15[ab]
Punica granatum Linn.	peels	2.10 ± 0.10[a]	2.36 ± 0.75[a]
Psidium guajava Linn.	fruits	0.96 ± 0.11[de]	1.46 ± 0.40[cd]
Psidium guajava Linn.	leaves	1.56 ± 0.30[b]	1.66 ± 0.47[bc]
Zingiber zerumbet	rhizome	1.16 ± 0.15[cde]	1.13 ± 0.32[cd]
Garcinia mangostana Linn.	peels	1.46 ± 0.30[bc]	1.56 ± 0.05[cd]
Citrullus lanatus	roots	1.13 ± 0.15[cde]	1.46 ± 0.25[cd]
Chloramphenicol	-	1.56 ± 0.05[b]	-
Ampicillin	-	-	2.00± 0.00[abc]

Mean in the same row with letter (a, b, c ...) represent statistically significantly different (p ≤ 0.05)

Table 2 The MIC and MBC of 8 plant extracts against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli.*

Plant Extract	Part used	*Staphylococcus aureus*		*Escherichia coli*	
		MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
Musa sapientum L.	fruits	125	250	250	500
Punica granatum Linn.	leaves	62.50	125	31.25	62.50
Punica granatum Linn.	peels	15..62	31.25	31.25	62.50
Psidium guajava Linn.	fruits	62.50	125	125	250
Psidium guajava Linn.	leaves	125	250	250	500
Zingiber zerumbet	rhizome	62.50	125	125	250
Garcinia mangostana Linn.	peels	15.62	31.25	125	250
Citrullus lanatus	roots	62.50	125	125	250

ผลของสารสกัดหยาบจากมะรุมต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน
Effect of Crude Extract from *Moringa oleifera* on Antioxidant Properties

นวพร ลาภส่งผล[1] ณีรนุช ดวงวงษา[1] และ สุปรานี น้อยจินดา[1]
Lapsongphon, N.[1], Duangwongsa, N.[1] and Noijinda, S.[1]

Abstract

This research aimed to study the antioxidant properties of crude extract of *Moringa oleifera* (peel, pulp, and seed) using water, ethanol, and acetone extraction. Total phenolic content and antioxidant properties based on DPPH radical scavenging, ferric reducing antioxidant power, and metal chelating activity were investigated. Results showed that the highest total phenolic content was found in moringa seed extracted with water (11.70 mg gallic acid eq./g DW), whereas moringa peel extracted with water revealed the highest DPPH radical scavenging activity (1.27 mg Trolox eq./g DW). The highest ferric reducing antioxidant power and metal chelating activity were obtained in moringa seed extracted with acetone and water (10.10 mg ferrous eq./g DW and 0.46 mg EDTA eq./g DW, respectively)

Keywords: *Moringa oleifera*, solvent extraction, antioxidant

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากมะรุม 3 ส่วน คือ เปลือก เนื้อ และ เมล็ดมะรุม ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ เอทานอล และอะซีโตน วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH, การรีดิวซ์เหล็กเฟอริค และการแย่งจับกับโลหะ ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากเมล็ดมะรุมด้วยน้ำมีค่าฟีนอลิคทั้งหมดสูงที่สุดคิดเป็น 11.70 mg gallic acid eq./g DW ในขณะที่สารสกัดจากเปลือกมะรุมด้วยน้ำแสดงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด คิดเป็น 1.27 mg Trolox eq./g DW ส่วนความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอริคและการแย่งจับกับเหล็กสูงที่สุดพบในเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยอะซิโตน และน้ำกลั่น คิดเป็น 10.10 mg ferrous eq./g DW และ 0.46 mg EDTA eq./g DW ตามลำดับ

คำสำคัญ: มะรุม การสกัดด้วยตัวทำละลาย การต้านออกซิเดชัน

คำนำ*

มะรุม (*Moringa oleifera* Lam: MOL) เป็นพืชในวงศ์ Moringaceae พบได้ทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยมีต้นกำเนิดในแถบทวีปเอเชีย อย่างประเทศอินเดียและศรีลังกา นิยมนำส่วนต่างๆของมะรุมมาประกอบเป็นอาหารหรือสมุนไพร (Farooq และคณะ, 2012) จากการศึกษางานวิจัยพบว่าส่วนต่างๆของมะรุมเช่น ฝัก ใบ ราก ดอก เมล็ด มีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย โดยในใบมะรุมพบว่ามีองค์ประกอบที่พบมากที่สุด คือ โปรตีน คิดเป็น 19.15-28.80% (Jongrungruangchok, และคณะ, 2010) และมีสารสำคัญอื่นเช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินซี ธาตุเหล็ก แคลเซียม และโพแทสเซียมในปริมาณที่สูง (Sreelatha และ Padma, 2009) ส่วนในเมล็ดมะรุมพบเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น catechin, epicatechin, และ quercetin (Govardhan และคณะ, 2013) ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ ลดระดับน้ำตาล ลดคอเลสเตอรอล ต้านเชื้อแบคทีเรียและรา ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ ความดัน มะเร็ง และเบาหวาน เป็นต้น (Farooq และคณะ, 2012) อย่างไรก็ตามงานวิจัยหลายแห่งได้ศึกษาเกี่ยวความสามารถในการต้านออกซิเดชันของใบมะรุม (Sreelatha และ Padma, 2009; Muhammad และคณะ, 2015) สำหรับการศึกษาในฝักมะรุม โดยแยกเป็นส่วนของเปลือก เนื้อและเมล็ด ยังมีการศึกษาค่อนข้างจำกัด ดังนั้นการศึกษาสารสกัดจากเปลือก เนื้อและเมล็ดมะรุมมาใช้ประโยชน์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ จากเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะรุม และศึกษากลไกการต้านออกซิเดชันของสารสกัดด้วยอนุมูลอิสระ

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประชาธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี 12130
[1]Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathaipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอริค และการแย่งจับกับโลหะ เพื่อเป็นแนวทางในพัฒนาหรือประยุกต์ใช้สารสกัดดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ*

การเตรียมตัวอย่าง

นำฝักมะรุม ที่ซื้อได้จากร้านค้าแห่งหนึ่งในตลาด จังหวัดปทุมธานี ล้างทำความสะอาด จากนั้นแยกมะรุมออกเป็น 3 ส่วน คือ เปลือก เนื้อ และ เมล็ดมะรุม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้ไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 18 เมช วิเคราะห์ค่าความชื้น (AOAC, 2000) เก็บตัวอย่างไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการสกัดและวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

การสกัดตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง (เปลือก เนื้อ และ เมล็ดมะรุม) 5 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ เอทานอล และอะซีโตน ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยอัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:20 (w/v) เขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยตัวทำละลายที่ใช้สกัด เก็บตัวอย่างไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดด้วยวิธี Folin ciocalteu ดัดแปลงตามวิธีการของ Kähkönen และคณะ (1999) ดังนี้ ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 500 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin’s reagent 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5% (w/v) ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในหน่วยเป็น mg gallic acid eq./g DW

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

-วิธีการยับยั้งอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH radical scavenging activity assay) ดัดแปลงตามวิธีการของ Burits และ Bucar (2000) ดังนี้ ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 1,000 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ในหน่วยเป็น mg Trolox eq./g DW

-วิธีการรีดิวซ์เหล็กเฟอริค (Ferric reducing antioxidant power assay; FRAP) โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Benzie และ Strain (1996) ดังนี้ ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 1,900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร คำนวณค่าความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอริค ในหน่วยเป็น mg ferrous eq./g DW

-วิธีการแย่งจับกับโลหะ (Metal chelating activity assay) โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Decker และ Welch (1990) ดังนี้ ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย เติมน้ำกลั่น 1,400 ไมโครลิตร ตามด้วยสารละลาย $FeCl_2.4H_2O$ 2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Ferrozine 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร คำนวณค่าความสามารถการแย่งจับกับโลหะ ในหน่วยเป็น mg EDTA eq./g DW

ผลและวิจารณ์ผล**

ผลการวิเคราะห์ความชื้นของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะรุม ที่ผ่านอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ามีค่าร้อยละ 5.90, 8.10, และ 8.69 ตามลำดับ จากนั้นนำมาสกัดด้วย น้ำ เอทานอล และอะซีโตน พบว่าสารสกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกันจากส่วนต่างๆของมะรุมมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดและกลไกการต้านออกซิเดชันที่แตกต่างกัน โดยสารสกัดจากเมล็ดมะรุมด้วยน้ำมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงที่สุด (11.70 mg gallic acid eq./g DW) รองลงมาคือ สารสกัดจากเปลือกด้วยน้ำ (5.86 mg gallic acid eq./g DW) สารสกัดจากเนื้อมะรุมด้วยน้ำ (2.79 mg gallic acid eq./g DW) ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าน้ำสามารถสกัดสารในกลุ่มฟีนอลิคทั้งหมดได้ดีที่สุด รองลงมาคือ เอทานอล และอะซีโตน ตามลำดับ

ผลการศึกษากลไกการต้านออกซิเดชันด้วยความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าสารสกัดจากเปลือกมะรุมด้วยน้ำแสดงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด (1.27 mg Trolox eq./g DW) รองลงมาคือ สารสกัดจากเมล็ดด้วยน้ำ (0.62 mg Trolox eq./g DW) และสารสกัดจากเนื้อด้วยเอทานอล (0.46 mg Trolox eq./g DW) ตามลำดับ (Table 2)

จากผลการทดลองแสดงว่า สารสกัดที่สกัดได้จากเปลือกมะรุมด้วยน้ำแสดงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ผ่านกระบวนการถ่ายโอนไฮโดรเจนอะตอม (HAT) ได้ดีที่สุด (Burits และ Bucar, 2000) จากการศึกษาของ Surendra และคณะ (2016) พบว่าในเปลือกมะรุมมีสารในกลุ่มฟีนอล อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ และ แทนนิน

ผลวิเคราะห์ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอริคเป็นการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการรีดิวซ์ Fe^{3+} ให้เปลี่ยนเป็น Fe^{2+} โดยพบว่าเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยอะซิโตนมีประสิทธิภาพที่ได้ดีที่สุด (10.10 mg ferrous eq./g DW) รองลงมาคือ เมล็ดและเปลือกมะรุมที่สกัดด้วยน้ำ (6.10 และ 4.80 mg ferrous eq./g DW) ตามลำดับ (Table 3) ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการแย่งจับกับเหล็กซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะไอออน Fe^{2+} พบว่าสารสกัดจากเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยน้ำ (0.46 mg EDTA eq./g DW) มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ เปลือกมะรุมที่สกัดด้วยเอทานอลและอะซีโตน (0.33 และ 0.30 mg EDTA eq./g DW) ตามลำดับ (Table 4) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า เมล็ดมะรุมมีบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธีรีดิวซ์เหล็กเฟอริคและการจับกับโลหะ จากการศึกษาพบว่า สารที่พบในเมล็ดมะรุมเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น catechin, epicatechin, และ quercetin เป็นต้น (Govardhan และคณะ, 2013)

สรุป

สารสกัดหยาบจากเปลือก เนื้อ และ เมล็ดมะรุม จากตัวทำละลายที่ต่างกันมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดและกลไกการต้านออกซิเดชันที่แตกต่างกัน โดยน้ำสามารถสกัดฟีนอลิคทั้งหมดได้ดีที่สุด รองลงมาคือ เอทานอลและอะซีโตน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าสารสกัดจากเมล็ดมะรุมด้วยน้ำมีค่าฟีนอลิคทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากเปลือกและเนื้อมะรุมด้วยน้ำ ตามลำดับ ส่วนกลไกการต้านออกซิเดชันพบว่า สารสกัดจากเปลือกมะรุมด้วยน้ำแสดงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากเมล็ดด้วยน้ำ และสารสกัดจากเนื้อด้วยเอทานอล ตามลำดับ สารสกัดจากเมล็ดมะรุมด้วยอะซีโตนและน้ำกลั่นมีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอริคและการแย่งจับกับเหล็กสูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณเงินรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปี 2560 คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนในการทำวิจัยและนำเสนอผลงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Method of Analysis. 16 th ed. Washington Dc, The Association of Official Analytical Chemists.

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.

Burits, M., and Bucar, F., 2000, Antioxidant activity of Nigella sativa essential oil, Phytotherapy Research, 14: 323-328.

Decker, E.A. and Welch, B., 1990, Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food, Journal of Agricultural Food Chemistry, 38: 674-677.

Farooq, F., Rai, M., Tiwari, A., Khan, A.A., and Farooq, S., 2012, Medicinal properties of *Moringa oleifera*: An overview of promising healer, Journal of Medicinal Plants Research, 6(27): 4368-4374.

Govardhan Singh, R.S., Negi, P.S., Radha, C., 2013, Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour, Journal of Functional Foods, 5: 1883-1891.

Jongrungruangchok, S., Bunrathep, S. and Songsak, T., 2010, Nutrients and minerals content of eleven different samples of *Moringa oleifera* cultivated in Thailand, Journal of Health Research, 24(3): 123-127.

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.

Muhammad, A.A., Arulselvan, P., Karthivashan, G. and Fakurazi, S., 2015, In vitro antioxidant properties of bioactive fraction of *Moringa oleifera*, Journal of Natural Products and Biomedical Research, 1(2): 51-56.

Sreelatha, S. and Padma, P.R., 2009, Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity, Plant Foods for Human Nutrition, 64: 303-311.

Surendra, T.V., Roopan, S.M., Arasu, M.V., Al-Dhabi, N.A., Sridharan, M., 2016, Phenolic compounds in drumstick peel for the evaluation of antibacterial, hemolytic and photocatalytic activities, Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology, 161: 463-471.

Table 1 Total phenolic content of *Moringa oleifera* peel, pulp, and seed extracts.

Crude extracts	Total phenolic content (mg gallic acid eq./g DW)		
	Water	Ethanol	Acetone
Peel	5.86^{b}±0.40	1.05^{def}±0.15	0.61^{ef}±0.12
Pulp	2.79^{c}±0.56	1.17^{def}±0.03	0.36^{f}±0.01
Seed	11.70^{a}±0.82	1.52^{d}±0.04	1.31^{de}±0.03

Means with different superscripts indicate significant difference (P<0.05). nd = not detected

Table 2 DPPH radical scavenging activity of *Moringa oleifera* peel, pulp, and seed extracts.

Crude extract	DPPH radical scavenging activity (mg Trolox eq./g DW)		
	Water	Ethanol	Acetone
Peel	1.27^{a}±0.12	0.26^{de}±0.02	0.06^{f}±0.01
Pulp	0.27^{d}±0.11	0.46^{c}±0.06	0.01^{f}±0.00
Seed	0.62^{b}±0.10	0.11^{ef}±0.01	0.05^{f}±0.01

Means with different superscripts indicate significant difference (P<0.05).

Table 3 Ferric reducing antioxidant power of *Moringa oleifera* peel, pulp, and seed extracts.

Crude extract	Ferric reducing antioxidant power (mg ferrous eq./g DW)		
	Water	Ethanol	Acetone
Peel	4.80^{bc}±0.50	0.60^{d}±0.11	0.66^{d}±0.11
Pulp	3.17^{c}±0.43	0.16^{d}±0.01	nd
Seed	6.10^{b}±2.02	3.29^{c}±0.42	10.10^{a}±0.20

Means with different superscripts indicate significant difference (P<0.05). nd = not detected

Table 4 Metal chelating activity of *Moringa oleifera* peel, pulp, and seed extracts.

Crude extract	Metal chelating activity (mg EDTA eq./g DW)		
	Water	Ethanol	Acetone
Peel	0.07^{bcd}±0.01	0.33^{ab}±0.03	0.30^{abc}±0.05
Pulp	nd	nd	0.03^{cd}±0.06
Seed	0.46^{a}±0.02	nd	0.23^{abcd}±0.09

Means with different superscripts indicate significant difference (P<0.05). nd = not detected

พิษเฉียบพลันของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาว

Acute Toxicity of Siamese Neem Extract on *Barbonymus gonionotus*

สมิง จำปาศริ[1] กิตติมา วานิชกูล[1] จิราพร กุลคำชวลิต เหนือสุขและ มณฑิรา มีศิลป์

Saming C.[1], Kittima, V.[1], Jiraporn, K.[1], Chavalit, N.[1] and Montira, M.[1]

Abstract

The aim of this study was to investigate acute toxicity of siamese neem extract on *Barbonymus gonionotus* with total length 3.41 ± 0.68 cm and average weight of 0.44 ± 0.031 grams. Acute lethality of siamese neem extract on fish were measured by using a static bioassay for estimated 96 – hr (LC_{50}). The amount of siamese neem extract were 0(control), 0.15, 0.17, 0.19, 0.21 and 0.23 mg/L. Probit analysis 96 - hr LC_{50} level of siamese neem extract on *Barbonymus gonionotus* was approximately 0.20920 mg/L at the 95% confidence interval on 0.20075-0.22315 mg/L. The safe concentration of siamese neem extract at 96 – hr on 0.2007 mg/L. During the exposure period (96 hours), water temperature between 26.12±0.12-27.16±0.11 degree celsius, DO between 3.83±0.15-5.48±0.05 mg/l, pH between 7.12±0.00-7.53±0.05, Nitrite between 0.000±0.000-0.189±0.32 mg/l and total ammonia between 0.17±0.31-0.42±0.29 mg/l water parameter were filed to the standard level of the quality used for aquaculture.

Keywords: Acute toxicity, Siamese Neem Extract, *Barbonymus gonionotus*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพิษเฉียบพลันของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) ความยาวเหยียดเฉลี่ย 3.41±0.68 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.44±0.031 กรัม โดยใช้วิธีชีววิเคราะห์น้ำนิ่ง (Static Bioassays) เพื่อหาค่าความเป็นพิษที่ทำให้ปลาตะเพียนขาวตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง ใช้สารสกัดสะเดาความเข้มข้น 0 (ควบคุม), 0.15, 0.17, 0.19, 0.21 และ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้ปลาตะเพียนขาวตายด้วยการวิเคราะห์โพรบิท (Probit analysis) พบว่า ค่า LC_{50} ที่เวลา 96 ชั่วโมง ของลูกปลาตะเพียนขาว มีค่าเท่ากับ 0.20920 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 0.20075-0.22315 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safe Concentration) ของสารสกัดสะเดามีค่าเท่ากับ 0.2007 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง มีอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 26.12±0.12-27.16±0.11 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 3.83±0.15-5.48±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่าง 7.12±0.00-7.53±0.05 ปริมาณไนไตรท์ 0.000±0.000-0.189±0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแอมโมเนียรวม 0.17±0.31-0.42±0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

คำสำคัญ: พิษเฉียบพลัน สารสกัดสะเดา ปลาตะเพียนขาว

คำนำ**

ประเทศไทยประสบปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่เป็นปัญหาเกิดขึ้นมานาน และมีผลความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิดที่ปราศจากการควบคุมอย่างถูกวิธี มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืชสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเมื่อถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ อาจส่งผลข้างเคียงต่อสัตว์น้ำทำให้เกิดความผิดปกติของอวัยวะ ระบบประสาท พฤติกรรมของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไป การเจริญเติบโตช้าหรืออาจตายได้ สารสกัดสะเดา (Siamese Neem Extract ; *Azadiractha siamensis*) เป็นสารสกัดจากธรรมชาติ ไม่มีพิษต่อคน และสัตว์น้ำ จัดเป็นสมุนไพรทางเลือกหนึ่งเพื่อใช้สำหรับเป็นสารกำจัดศัตรูพืช รวมถึงการเป็นสารไล่แมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด (ขวัญชัย, 2540) เนื่องจากเป็นสารสกัดไคติน และเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชค่อนข้างสูง และมีการสลายตัวได้เร็ว ซึ่งต่างจากสารกำจัดศัตรูพืชทั่วไปที่สลายตัวได้ช้า และสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารออกฤทธิ์ที่สกัดจากพืช

[1] สาขาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

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

ไม่คงทนและสลายตัวง่ายจึงทำให้ไม่มีปัญหาในเรื่อง การสะสมของสารพิษ และไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม (ศิริวรรณ และคณะ, 2552)

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการทดสอบพิษเฉียบพลันของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาว หรือ Common Silver Barb (*Barbonymus gonionotus*) เนื่องจากปลาตะเพียนขาวเป็นปลาน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำทั่ว ๆ ไป หาอาหารกินตามผิวน้ำ มีความรู้สึกไวต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ปลาตะเพียนขาวทดลองเป็นวิธีหนึ่งที่จะลดความเสี่ยงต่อการบริโภคสารพิษที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นที่เป็นพิษของสารสกัดสะเดาที่ทำให้ปลาตะเพียนขาวตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง และเพื่อประเมินค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safe concentration) ที่มีต่อสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ***

พิษเฉียบพลันของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาว วางแผนการทดลองสุ่มตลอดแบบ CRD* (Completely Randomized Design) โดยมีการชุดการทดลองทั้งหมด 6 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาโดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (static bioassay) นำผลจาก Preliminary test มาใช้พิจารณาระดับความเข้มข้นของสารสกัดสะเดา คือ 0 (ชุดควบคุม), 0.15, 0.17,0.19, 0.21 และ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้ลูกปลาตะเพียนขาวความยาวเฉลี่ย 3.41±0.68 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.44±0.031 กรัม ก่อนทำการทดลองปรับสภาพลูกปลาตะเพียนขาวให้อดอาหาร 24 ชั่วโมง ใช้ตู้กระจกขนาด 18x38x18 เซนติเมตร ใส่น้ำสะอาดปริมาตร 8 ลิตร ใส่ลูกปลาตู้ละ 10 ตัว พร้อมสังเกตและบันทึกอัตราการตายสะสมที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง วิเคราะห์หา LC_{50} ของสารสกัดสะเดาที่มีต่อปลาตะเพียน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบโพรบิท (Probit analysis) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มด้วย Duncan Multiple range test ตลอดจนทำการประเมินค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safe concentration) ตรวจคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง โดยมีการตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature) ปริมาณออกซิเจน (DO) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไนไตรท์ (NO_2) และแอมโมเนียรวม (NH_3)

ผลและวิจารณ์ผล**

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาวขนาดความยาว 3.41±0.68 เซนติเมตร น้ำหนัก 0.44±0.31 กรัม ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0 (ชุดควบคุม), 0.15, 0.17, 0.19, 0.21 และ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเข้มข้นที่ 0 และ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีการตายของลูกปลาตะเพียนขาว ระดับความเข้มข้นที่ 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาตะเพียนขาวเริ่มตายชั่วโมงที่ 72 และ 96 มีอัตราการตายสะสม 6.67 และ 13.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ปลาตะเพียนขาวที่ได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาเริ่มตายชั่วโมงที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง มีอัตราการตายสะสมคิดเป็น 3.33, 6.67, 13.33 และ 20.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

ในระดับความเข้มข้นที่ 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาตะเพียนขาวเริ่มตายชั่วโมงที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง มีอัตราการตายสะสมคิดเป็น 3.33, 23.33, 36.67 และ 50.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนระดับความเข้มข้นที่ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาตะเพียนขาวเริ่มตายชั่วโมงที่ 24, 48 และตายทั้งหมดในชั่วโมงที่ 72 มีอัตราการตายสะสมคิดเป็น 3.33, 86.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1, Figure 1) ซึ่งถือว่าความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาวเพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารสกัดสะเดาที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับ สุคนธ์ทิพย์ (2545) ที่ศึกษาพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของสารสกัดสะเดาต่อลูกปลานิล และลูกปลาสวายในช่วงเวลา 96 ชั่วโมง และต่อกุ้งฝอยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อสัตว์ทดลองทั้ง 3 ชนิดเพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารสกัดสะเดาที่สูงขึ้นซึ่งถือว่าความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาวเพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารสกัดสะเดาที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับ สุคนธ์ทิพย์ (2545) ที่ศึกษาพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของสารสกัดสะเดาต่อลูกปลานิล และลูกปลาสวายในช่วงเวลา 96 ชั่วโมง และต่อกุ้งฝอยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อสัตว์ทดลองทั้ง 3 ชนิดเพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารสกัดสะเดาที่สูงขึ้น

สารสกัดสะเดามีความเป็นพิษต่อลูกปลาตะเพียนขาว LC_{50} ที่ 0.20920 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ 0.20072-0.22315 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้จากการคำนวณตามโปรแกรม Probit Analysis ในการทดลองจะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดสะเดากับความเป็นพิษเฉียบพลันของปลาตะเพียนขาวในเวลา 96 ชั่วโมง ซึ่งสุเนตร (2549) ได้ทำการศึกษาการประเมินความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อปลาดุกอุย พบว่าสารสกัดสะเดาระดับความเข้มข้นที่ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีการตายของปลาดุกอุยตลอดการทดลอง เนื่องจากปลาดุกอุยเป็นปลาที่มีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจอยู่บริเวณช่องเหงือก และทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าปลาตะเพียนขาว จากการสังเกตพฤติกรรมที่ได้จากการทดลองครั้งนี้

พบว่าอาการของปลาตะเพียนขาวที่ได้รับสารสกัดสะเดา ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาตะเพียนขาวมีอาการตอบสนองได้ดี ที่ระดับ 0.17-0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ลูกปลาตะเพียนขาวส่วนใหญ่มีการตอบสนองได้ดี แต่บางตัวแสดงอาการได้รับสารสกัดสะเดา มีการว่ายน้ำช้าลง นอนนิ่งที่พื้นตู้ทดลอง และที่ระดับความเข้มข้น 0.21-0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาตะเพียนขาวแสดงอาการสั่นและกระตุกเสียการทรงตัวว่ายน้ำไม่มีทิศทาง นอนนิ่งสู่พื้นตู้ทดลองความถี่ในการหายใจลดลง และตายลงในที่สุด ซึ่งเมื่อปลาได้รับสารที่เป็นสิ่งแปลกปลอม (exotoxin) หรือทำให้เกิดภาวะช็อค แผ่นเหงือกของปลาจะมีอาการเปิดปิดเร็วขึ้น ควบคุมการทรงตัวไม่ได้ ขับถ่ายมากขึ้น และอาจทำให้ตายได้ (Huntman, 1995)

คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72, และ 96 มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.12±0.12-27.16±0.11 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 3.83±0.15-5.48±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.12±0.00-7.53±0.05 ไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.000±0.000-0.189±0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร และแอมโมเนียรวม 0.17±0.31-0.42±0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 2) ซึ่งค่าคุณภาพน้ำในการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเลี้ยงสัตว์น้ำ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา, 2553)

สรุป

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดสะเดาต่อปลาตะเพียนขาวขนาดความยาวเฉลี่ย 3.41±0.68 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.44±0.031 กรัม พบว่าลูกปลาตะเพียนขาวขึ้นมาหายใจที่ผิวน้ำบ่อยขึ้น ว่ายน้ำช้าลง และพยายามอยู่นิ่งที่ผิวพื้นตู้ทดลอง มีอาการสั่นและชักกระตุก สูญเสียการทรงตัวโดยว่ายน้ำไม่มีทิศทาง และหมุนควงสว่าน นอนนิ่งที่พื้นตู้ทดลอง และพยายามดีดตัวขึ้นสู่ผิวน้ำ นอนนิ่งไม่เคลื่อนไหว ความถี่ในการหายใจลดลงและตายในที่สุด ความเข้มข้นของสารสกัดสะเดาที่มีผลทำให้ปลาตะเพียนขาวตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) ในช่วงเวลา 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.20920 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.2007-0.22315 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้น ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อม (Safe Concentration) มีค่าไม่เกิน 0.2007 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารอ้างอิง

ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2540, สะเดา:มิติใหม่ของการกำจัดแมลง, ภาควิชากฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ศิริวรรณ บุรีคำ, มณฑา วงศ์มณีโรจน์, สุรัตน์วดี จิวจินดา และ รงรอง หอมหวน, 2552, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นหนอนตายหยาก และ การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์, แหล่งที่มา: http//www.clgc.rdi.ku.ac.th, 12 มิถุนายน 2560.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้าจืดพะเยา, 2553, การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ, แหล่งข้อมูล: http://www.fisheries.go.th/if-phayao/web2/index.php?option=com_Content&view=article&id=56&Itemid=90, 9 พฤษภาคม 2560.

สุเมตร กุกสันเทียะ, 2549, การประเมินความเป็นพิษต่อสารสกัดสะเดาต่อปลาดุกอุย, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Huntman, L.C., 1995, In VITRO studies of eosinophilic granule cell of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) small intestine, A thesis submitted to the Graduate Faculty in Partial Fulfillment of the requirement for Degree of Master of Science in the Department of Anatomy and Physiology, Faculty of Veterinary Medicine University of Prince Edward Island.

Table 1 Cumulative mortality (%)of *Barbonymus gonionotus* were obtained siamese neem extract during 96 hrs.

Siamese Neem Extract Concentrations (ppm)	Mean (SD)**			
	24 hrs	48hrs	72hrs	96hrs
0 (control)	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]
0.15	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]
0.17	0.00[a]	0.00[a]	6.67[b]	13.33[b]
0.19	3.33[a]	6.67[a]	13.33[b]	20.00[b]
0.21	3.33[a]	23.33[b]	36.67[c]	50.00[c]
0.23	3.33[a]	86.67[b]	100.00[c]	-

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

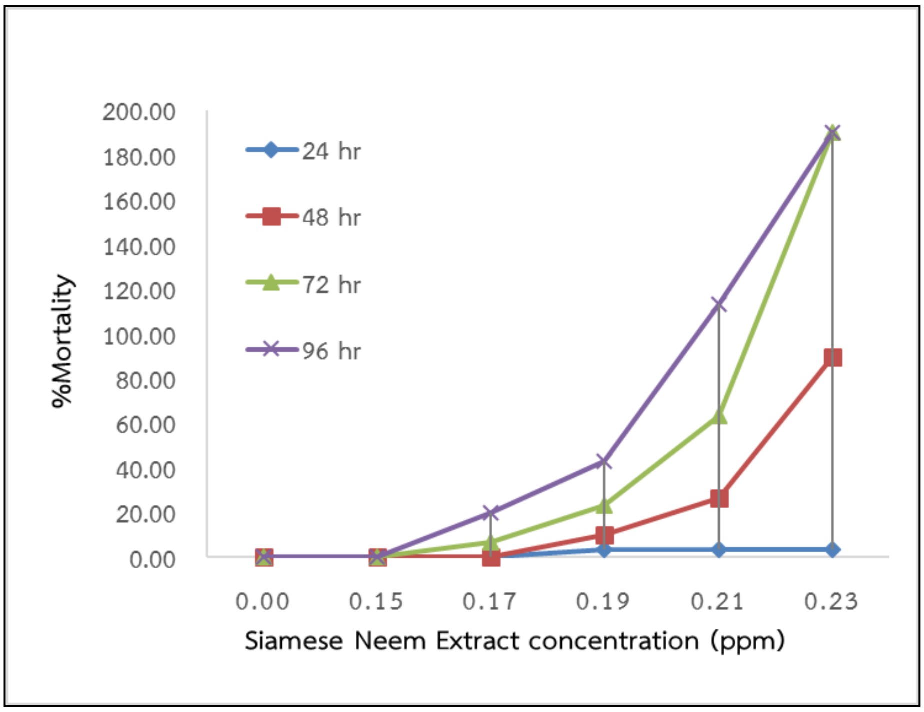


Figure 1 Percentage of mortality of *Barbonymus gonionotus* were obtained siamese neem extract during 96 hrs.

Table 2 Physical and chemical parameters of *Barbonymus gonionotus* were obtained siamese neem extract during 96 hrs.

Physical-chemical parameters	Mean** (SD)				
	0 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs	96 hrs
Temperature (°C)	26.12±0.12	26.65±0.10	26.88±0.15	27.16±0.11	27.09±0.10
DO (mg/l)	5.48±0.05	4.69±0.09	4.86±0.11	3.83±0.15	4.66±0.16
pH	7.12±0.00	7.46±0.22	7.53±0.05	7.52±0.13	7.44±0.11
NO_2 (mg/l)	0.000±0.000	0.187±0.46	0.166±0.38	0.178±0.51	0.189±0.32
NH_3 (mg/l)	0.17±0.31	0.36±0.48	0.39±0.39	0.41±0.63	0.42±0.29

การสกัดกรดกลูตามิกจากมะเขือเทศ
Extraction of Glutamic Acid from Tomato

อภิชญา แซ่เต๋ง[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Sae-teng, A.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The aims of the present work were to study quantities of glutamic acid from 4 tomato varieties (plum, cherry, queen and cupido) by extraction protein with alkaline treatment of sodium hydroxide 0.5 N at room temperature, for 1 hour. Then, extracted protein was precipitated with hydrochloric acid 0.5 N. The 4 varieties of tomato consisted of protein at 5.79, 2.27, 10.49 and 1.75%, fat content at 2.39, 1.59, 2.56 and 4.75%, crude fiber at 13.60, 11.58, 15.35, and ash at 13.35, 13.38, 5.18, 8.17 and 8.75%, respectively. Glutamic acid contents from 4 tomato varieties analyzed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) were of 26.54, 23.15, 23.19 and 32.86 g/100g of crude protein and lycopene contents were of 19.40±0.29, 14.79±0.45, 51.98±0.77 and 14.87±0.33 mg/100 g of tomato, respectively.
Keywords: tomato, glutamic acid, alkaline hydrolysis

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกรดกลูตามิกในมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ท้อ เชอรี่ ราชินี และ คิวปิโด นำมะขือเทศแต่ละพันธุ์มาสกัดโปรตีนด้วยวิธีแอลคาไลน์ทรีตเมนท์ ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 นอร์มัล ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.5 นอร์มัล พบว่ามะเขือเทศทั้งสี่สายพันธุ์มีปริมาณโปรตีน เท่ากับ ร้อยละ 5.79, 2.27, 10.49 และ 1.75 ไขมันร้อยละ 2.39, 1.59, 2.56 และ 4.75 กากใยหยาบร้อยละ 13.60, 11.58, 15.35 และ 13.35 เถ้าร้อยละ 13.38, 5.18, 8.17 และ 8.75 เมื่อวิเคราะห์กลูตามิกด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) มีปริมาณกรดกลูตามิกเท่ากับ 26.54, 23.15, 23.19 และ 32.86 กรัมต่อร้อยกรัมโปรตีนหยาบ (Crude protein) และพบปริมาณไลโคปีน เท่ากับ 19.40±0.29 14.79±0.45 51.98±0.77 และ 14.87±0.33 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมมะเขือเทศ ตามลำดับ
คำสำคัญ: มะเขือเทศ กรดกลูตามิก การไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง

คำนำ

ปัจจัยที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับอาหารของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น สี และรสชาติ เป็นต้น โดยที่รสชาติเป็นปัจจัยสำคัญมากในอาหาร โดยทั่วไปนั้นการปรับปรุงรสชาติของอาหารนั้นทำได้โดยการเติมสารเพิ่มรสชาติ (flavor enhancer) ลงในผลิตภัณฑ์อาหาร สารเพิ่มรสชาติ (flavor enhancer) ที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ โมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate) แต่การบริโภคโมโนโซเดียมกลูตาเมตนั้น อาจทำให้เกิดอาการข้างเคียงต่างๆได้ เช่น อาการ Chinese Restaurant Syndrome (CRS) (Kwok, 1968) ซึ่งมีอาการ "ชาที่ด้านหลังของลำคอค่อยๆแผ่กระจายไปทั้งแขนและด้านหลังจุดอ่อนทั่วไปและการใจสั่น" เป็นต้น ปัจจุบันผู้บริโภคใส่ใจอาหารสุขภาพ ดังนั้นจึงมีความพยายามที่แสวงหาสารเพิ่มรสชาติตัวอื่นๆจากธรรมชาติมาใช้ทดแทนสารตัวนี้ เช่น กรดกลูตามิค ซึ่งกรดกลูตามิคมีรายงานว่าเป็นกรดอะมิโนให้รสอูมามิ (umami taste) เหมือนกับสารโมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate-like) (Zhang และคณะ, 2013) และยังเป็นสารตั้งต้นที่ร่างกายนำไปผลิตเป็นสาร GABA (gamma-aminobutyric acid) ที่เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทชนิดยับยั้ง (inhibitory neurotransmitter) อีกด้วย

สารเพิ่มรสชาตินั้นสามารถพบได้ธรรมชาติ ได้แก่ เนื้อ เนื้อปลา และผักต่างๆ โดยผักนั้นก็เป็นแหล่งที่น่าสนใจที่มีกลูตามิคอยู่ เช่น กะหล่ำปลี ข้าวโพด ถั่วลันเตา มะเขือเทศ และหัวหอม เป็นต้น มีรายงานว่ามะเขือเทศนั้นมีปริมาณกลูตามิคสูงที่สุดใน

---

[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

จำพวกประเภทผัก พบปริมาณร้อยละ 246 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Ninomiya, 1998) เมื่อเทียบกับกะหล่ำปลี ข้าวโพด ถั่วลันเตา และหัวหอม ที่มีปริมาณกลูตามิค เท่ากับ 50, 106, 106 และ 51 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ มีรายงานการสกัดโปรตีนจากมะเขือเทศ เช่น การใช้สารละลายด่างในการสกัดโปรตีนจากกากมะเขือเทศ (George และคณะ, 1995; Dongyan และคณะ, 2014) George และคณะ, 1995 ได้รายงานว่าสภาวะที่ดีในการสกัดโปรตีน คือ สภาวะความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 11.5 โดยใช้โซเดียมไฮรอกไซด์ในการปรับความเป็นกรดด่าง ได้ปริมาณผลผลิตโปรตีนรวมร้อยละ 43.6 แต่การสกัดโปรตีนจากมะเขือเทศยังไม่มีการศึกษามากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการสกัดกรดกลูตามิกด้วยการไฮโดรไลส์ด้วยด่างจากมะเขือเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะเขือเทศสุกทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ท้อ เชอรี่ ราชีนี และ คิวปิโด มาทำแห้ง แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมะเขือเทศแห้ง ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

นำมะเขือเทศสุกทั้ง 4 สายพันธุ์ ที่อบแห้งแล้ว ปริมาณ 10 กรัม มาสกัดด้วยน้ำ DI (Deionized water) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 30:1) ปรับค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 11 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล (George และคณะ, 1995) ผสมกันเป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (วิธีการดัดแปลงจาก Dongyan และคณะ, 2014) นำไปแยกส่วนใสกับตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 6000xg เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บส่วนตะกอนไว้ และนำส่วนสารใสมาตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเล็กทริก เท่ากับ 3.9 ปรับด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล แยกโปรตีนที่ตกตะกอนแล้วด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 6000xg เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำโปรตีนที่ตกตะกอนได้ไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งเยือกแข็งแบบสูญญากาศ ชั่งน้ำหนักโปรตีนหลังการทำแห้ง และนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดแอลกลูตามิกโดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Agilent, USA) ชนิดคอลัมน์ RP-18 GP (250x4.6x5μm) ใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น 10 มิลลิโมลาร์ KH_2PO_4/H_3PO_4 (ค่าความเป็นกรดด่าง 2.55) และ อะซิโตรไนไตรล์ (acetronitrile) โดยใช้อัตราส่วน 95:5 (ปริมาตรต่อปริมาตร) อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความยาวคลื่น 205 นาโนเมตร (Zhu และคณะ 2015) โดยใช้สารแอลกลูตามิกเป็นสารมาตรฐานอ้างอิง

ขั้นต่อไป นำส่วนตะกอนที่เหลือจากการสกัดโปรตีนในชั้นต้นมาสกัดไลโคปีน ตามวิธีของ Devinder และคณะ, 2008 ; Alda และคณะ, 2009 นำตัวอย่างด้วยวิธีใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent extraction) โดยนำตัวอย่างปริมาณ 1 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย คือ เฮกเซน: อะซิโตน: แอลกอฮอล์ อัตราส่วน 2: 1: 1 (ที่ประกอบด้วย 0.05 % (w / v) butylated hydroxytoluene (BHT)) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำไปกวนเป็นเวลา 30 นาที เติมน้ำกลั่นเย็นปริมาตร 15 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนบนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร คำนวณปริมาณไลโคปีนเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์เอกซ์ทิงชันของโมเลกุลไลโคปีนในเฮกเซน (extinction coefficient; E 1%, 1 cm) เท่ากับ 17.2 x 104 mol cm-1 มวลโมเลกุล (536.9 กรัม) (Fish และคณะ, 2002) จากสูตร

$$\text{ปริมาณไลโคปีน (มิลลิกรัมต่อ ร้อยกรัม)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง} \times 31.2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

องค์ประกอบทางเคมีของมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ท้อ เชอรี่ ราชีนี และ คิวปิโด มีปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 10.00, 7.82, 11.82 และ 10.03 โปรตีน เท่ากับ ร้อยละ 5.79, 2.27, 10.49 และ 1.75 ไขมันร้อยละ 2.39, 1.59, 2.56 และ 4.75 กากใยหยาบร้อยละ 13.60, 11.58, 15.35 และ 13.35 เถ้าร้อยละ 13.38, 5.18, 8.17 และ 8.75 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 54.84, 71.56, 51.61 และ 61.37 ต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าในมะเขือเทศมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่พอสมควร ซึ่งสามารถนำมาสกัดโปรตีนได้ และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตปริมาณมาก ดังนั้นจึงใช้วิธีการสกัดโดยการไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สกัดโปรตีนออกจากตัวอย่างที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง (Blackburm, 1983) เมื่อนำมะเขือเทศทั้งสี่สายพันธุ์ไปสกัดโปรตีนด้วย และนำไปทำแห้งด้วยการทำแห้งเยือกแข็งแบบสูญญากาศได้ปริมาณร้อยละผลผลิต เท่ากับ 4.20 4.73 4.11 และ 5.18 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดกลูตามิกด้วยเครื่อง HPLC พบกรดกลูตามิก เท่ากับ 26.54, 23.15, 23.19 และ 32.86 กรัมต่อร้อยกรัมโปรตีนหยาบ (Crude protein) ตามลำดับ ซึ่งปริมาณองค์ประกอบที่แตกแต่งกันในแต่ละสายพันธุ์ที่กันนั้นขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์ ระยะการสุก สภาพดิน การให้ปุ๋ย (fertilization) การชลประทาน (irrigation) สภาพภูมิอากาศ และเงื่อนไขอื่น ๆ เช่น การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา (Costa และ Heuvelink, 2005) และเมื่อนำกากมะเขือเทศที่ได้จากการสกัด

โปรตีนไปสกัดไลโคปีน พบปริมาณไลโคปีน เท่ากับ 19.40±0.29 14.79±0.45 51.98±0.77 และ 14.87±0.33 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมมะเขือเทศ ซึ่งโดยทั่วไปในมะเขือเทศจะมีปริมาณไลโคปีน เท่ากับ 4–14.3 mg/100 g (Kaur และคณะ., 2006; Nguyen และ Schwartz, 1999) ซึ่งการที่ค่าความเป็นกรดด่างสูงนั้นทำให้สารจำพวกแคโรทีนอยด์มีความเสถียรเพิ่มขึ้นและลดการสียสภาพได้ (Rizk และคณะ, 2014)

สรุปผล

มะเขือเทศ ทั้งสี่สายพันธุ์ท้อ เชอรี่ ราชีนี และ คิวปิโด สกัดโปรตีนด้วยวิธีแอลคาไลน์ทรีตเมนท์ ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 นอร์มัล มีปริมาณกรดกลูตามิก เท่ากับ 26.54, 23.15, 23.19 และ 32.86 กรัมต่อร้อยกรัมโปรตีนหยาบ (Crude protein) ตามลำดับ และเมื่อนำกากมะเขือเทศที่ได้จากการสกัดโปรตีนไปสกัดไลโคปีนด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ พบปริมาณไลโคปีน เท่ากับ 19.40±0.29 14.79±0.45 51.98±0.77 และ 14.87±0.33 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมมะเขือเทศ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Alda, L. M., Gogoasa, I., Bordean, D. M., Gergen, I., Alda, S., Moldovan, C., and Nita, L., 2009, Lycopene content of tomatoes and tomato products, Journal of Agroalimentary Processes and technologies, 15(4): 540-542.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Virginia.

Blackburn, S., in: Blackburn, S. (Ed.), 1978, Amino Acid Determination, Marcel Dekker, New York, 2nd ed., p. 8.

Costa, J. M. and Heuvelink, E., 2005, The Tomato Crop and Industry, In Tomatoes, Heuvelink, E., (Ed.), CBA International, Wallingford, U.K., pp 1-19.

Devinder, K., Ali, A.W., Oberoi, D.P.S. and Sogi, D.S., 2008, Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology, Journal of Food Chemistry, 108: 711-718.

Dongyan, S., Griffiths, G., Zhongli, P., Tianli, Y., Ang Z. and Zhiliang, F., 2014, Characteristics of isolation and functionality of protein from tomato pomace produced with different industrial processing methods, Food Bioprocess Technology, 7: 532-541.

Fish, W.W., Perkins-Veazie, P. and Collins, J. K., 2002, A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents, Journal of food composition and analysis, 15(3): 309-317.

George, N.L., Constantina, T., Vassiliki, O., and Christos D.T., 1995, Protein isolation from tomato seed meal, extraction optimization, Journal of Food Science, 60(3): 477-482.

Kaur, D., Sharma, R., Wani, A.A., Gill, B.S., and Sogi, D.S., 2006, Physicochemical changes in seven tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) cultivars during ripening, International Journal of Food Properties, 9: 1–11.

Kwok, R.H.M., 1968, “Chinese-restaurant syndrome [Letter]”, The New England Journal of Medicine, pp. 278-796.

Manel, M., Faten, K., Moncef, C., Hamida, K., Khaoula, S. and Moktar, H., 2017, Optimization of extraction parameters of protein isolate from tomato seed using response surface methodology, Food Analytical Methods, 10: 809-819.

Nguyen, M. L., and Schwartz, S. J., 1999, Lycopene: Chemical and biological properties, Food Technology, 53: 38–45.

Ninomiya, K., 1998, Natural occurrence, Food Review International, 14: 177-212.

Rizk, E.M., El-Kady, A.T., and El-Bialy, A.R., 2014, Characterization of carotenoids (lyco-red) extracted from tomato peels and its uses as natural colorants and antioxidants of ice cream, Analysis of Agricultural Sciences, 59(1): 53-61.

Zhang, Y., Venkitasamy, C., Pan, Z. and Wang, W., 2013, Recent developments on umami ingredients of edible mushrooms-A review, Trends in Food Science & Technology, 33(2): 78-92.

Zhu, L., Xu, X., Wang, L., Dong, H. and Yu, B., 2015, The d-lactate dehydrogenase from *Sporolactobacillus inulinus* also possessing reversible deamination activity", PLOS ONE, 10(9): 1-8.

Table 1 The chemical compositions of tomatoes.

Variety	Chemical composition					
	Moisture content (%)	Protein (%)	Fat (%)	Crude Fiber (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)
plum	10.00	5.79	2.39	13.60	13.38	54.84
cherry	7.82	2.27	1.59	11.58	5.18	71.56
queen	11.82	10.49	2.56	15.35	8.17	51.61
cupido	10.03	1.75	4.75	13.35	8.75	61.37

Table 2 % Yield, glutamic acid content and lycopene content in 4 varieties of tomato.

Variety	Extracted yield (% of DW)	Glutamic content (g/100 of crude protein)	Lycopene (mg/100 g)
plum	4.20	26.54	19.40±0.29
cherry	4.73	23.15	14.79±0.45
queen	4.11	23.19	51.98±0.77
cupido	5.18	32.86	14.87±0.33

คุณสมบัติทางเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสของโพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ
Chemical Characterization and Sensory Properties of Probiotic "Khake Dam" Papaya Smoothies

พริมา พิริยางกูร[1] นันท์นภัส ขำโต[2] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]
Phiriyangkul, P.[1], Khamto, N.[2] and Poubol, J.[2]

Abstract

The objective of this research was to study on the chemical properties of probiotic "Khake Dam" papaya smoothies added with Lactic acid bacteria. Papaya smoothies were heated at 72°C for 15 seconds and cool down at room temperature then inoculated with *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) (1.5 x 10^8 CFU/mL), and kept at 4°C for 4 weeks. Result showed that at the last week of storage, the pH value of probiotic "Khake Dam" papaya smoothies was decrease from 5.54 to 3.47 and lactic acid content was increase from 0.21 to 0.76% ($p<0.05$), but pH and lactic acid content in control were not change during storage. The sensory evaluation revealed that the color was accepted in panelist, whereas, odor, flavor and overall acceptance which its scores were decreased after storage for 3-4 weeks.
Keywords: probiotic papaya smoothies, carotenoid, lycopene, sensory evaluation

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของโพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมแลคติกแบคทีเรีย โดยนำเนื้อมะละกอปั่นไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติม *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) (1.5 x 10^8 CFU/mL) ลงไปผสมให้เข้ากัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา โพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำมีค่า pH ลดลงจาก 5.54 เหลือ 3.47 และกรดแลคติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.21 เป็นร้อยละ 0.76 ($p<0.05$) ในขณะที่ค่า pH และปริมาณกรดแลกติกในชุดควบคุมมีค่าคงที่ตลอดการเก็บรักษา พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านสี ในขณะที่การยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมจะลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3-4 สัปดาห์
คำสำคัญ: โพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้ แคโรทีนอยด์ ไลโคปีน การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ อาหารโพรไบโอติกที่ผลิตจากผักผลไม้ (non-daily probiotic) กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากอาหารดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหาการแพ้นม (milk allergy) หรือผู้ที่แพ้น้ำตาลแลกโตสในน้ำนม (lactose intolerance) ได้ จุฑาทิพย์และคณะ (2558) พบว่าสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำที่ผสมเชื้อ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) สามารถคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้นาน 4 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกสูงกว่า 10^6 CFU/g พริมาและคณะ (2559) พบว่า ผู้บริโภคควรดื่มมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อประโยชน์สูงสุดต่อสุขภาพ เนื่องจากปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บรักษา โดยมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา และมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในมะละกอสมูทตี้ยังไม่ได้มีการศึกษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่า pH ย่อมมีผลต่อสารทีมีฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) โดยเฉพาะสารสี (pigment) เช่น แคโรทีนอยด์ ไลโคปีน ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ปริมาณกรดแลกติก ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณไลโคปีน และการยอมรับ

[1]สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1]Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140
[2]สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[2]Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

ทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อโพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตน้ำมะละกอสมูทตี้ผสมโพรไบโอติก (อัตราส่วนเนื้อมะละกอสุกผสมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 2:1 ปริมาตร/ปริมาตร) นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมเชื้อโพรไบโอติกในน้ำมะละกอสมูทตี้ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 1.5×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร แบ่งออกเป็น 3 ชุดทดลอง โดยชุดที่ 1 น้ำมะละกอสมูทตี้ที่ไม่เติมเชื้อโพรไบโอติก (ชุดควบคุม) ชุดที่ 2 เป็นน้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และชุดที่ 3 น้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์ ตรวจวัดค่า pH วิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติค (AOAC, 1990) เบต้า-แคโรทีนอยด์และไลโคปีน (George และคณะ, 2011) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสทุกสัปดาห์ โดยใช้อาสาสมัครจำนวน 10 คน ให้คะแนนความชอบ (Hedonic scaling test) แบบ 9 คะแนน (Nine–point hedonic scale) ซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 1-9 (ไม่ชอบมากที่สุดถึงชอบมากที่สุด) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรม R วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผล*

จากการวิเคราะห์ค่า pH (Figure 1A) และเปอร์เซ็นต์กรดแลกติค (Figure 1B) ทุกสัปดาห์ของน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ พบว่าค่า pH และเปอร์เซ็นต์กรดแลกติคในชุดควบคุมมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมะละกอสมูทตี้ผสมโพรไบโอติก โดยค่า pH ของน้ำมะละกอสมูทตี้ผสมโพรไบโอติก *Lactobacillus casei* และ *L. acidophilus* มีค่าลดลงจาก pH 5.54 ในสัปดาห์เริ่มต้นเป็น 3.47 ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ($p<0.05$) ซึ่งแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์กรดแลกติคที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) การเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ผลิตกรดแลกติคเพิ่มขึ้น แสดงว่าเชื้อทั้งสองสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ สอดคล้องกับผลการทดลองของจุฑาทิพย์และคณะ (2558) ที่รายงานว่า น้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำผสมโพรไบโอติกสามารถคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้นานถึง 4 สัปดาห์เนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกสูงมากกว่า 10^6 CFU/g

การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์และไลโคปีน (Table 1) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมะละกอสมูทตี้ผสมโพรไบโอติก *L. casei*, *L. acidophilus* และชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นทุกชุดทดลอง (4.40, 5.60 และ 5.47 เท่า ตามลำดับ) แคโรทีนอยด์เป็นสารสีแดงส้มเหลือง พบได้มากในผักและผลไม้ ถูกทำลายได้ง่ายโดยหลายปัจจัย เช่น สารเคมี อุณหภูมิ (Andres-Bello และคณะ, 2013) Qian และคณะ (2012) รายงานว่าที่ pH น้อยกว่า 3 จะส่งผลให้อัตราการโดนทำลายสีของแคโรทีนอยด์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว Mortensen และ Skibsted (2000) รายงานว่าแคโรทีนอยด์ไม่เสถียรในสภาวะที่เป็นกรดเนื่องจากโดนเติมโปรตอนที่หมู่คาร์บอนิลจาก trifluoroacetic acid แล้วส่งผลให้มีการเปลี่ยน cis-trans isomer และมีปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้น จากการทดลองปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมะละกอสมูทตี้ชุดควบคุมและชุดที่ผสมโพรไบโอติกมีปริมาณเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากแคโรทีนอยด์หลุดออกจากการเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีนหรือหลุดออกจากผนังเซลล์พืช ผลการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีน พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกชุดทดลอง (10, 6.55 และ 7.27 เท่า ตามลำดับ) โดยปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้นมากที่สุดในชุดควบคุม ปริมาณไลโคปีนที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เป็นผลมาจากการเติมเชื้อโพรไบโอติกทั้งสองสายพันธุ์ สองคล้องกับการทดลองของ Koh และคณะ (2010) ที่พบว่าปริมาณไลโคปีนในน้ำมะเขือเทศโพรไบโอติก (Bifidobacteria) และชุดควบคุมไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าเชื้อโพรไบโอติกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไลโคปีน

การวิเคราะห์การยอมรับของผู้บริโภคโดยวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส 4 ด้าน ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมของผู้บริโภค (Figure 2) โดยให้คะแนนความชอบแบบ 9 คะแนน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้านต่อน้ำมะละกอสมูทตี้ชุดควบคุมและชุดที่ผสมโพรไบโอติกไม่แตกต่างกันตลอด 4 สัปดาห์ของการเก็บรักษา โดยพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทุกด้านลดลง ($p<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลง pH น่าจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจาก pH ส่งผลต่อสี กลิ่นและเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นปัจจัยหลักต่อการให้คะแนนของผู้บริโภค (Andres-Bello และคณะ, 2013) จากผลการทดลอง pH มีค่าลดลงมากในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะละกอสมูทตี้ชุดควบคุมและชุดที่ผสมโพรไบโอติก โดยค่า a ซึ่งแสดงสีเขียว-แดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า b ซึ่งแสดงสีน้ำเงิน-เหลืองมีค่าลดลงจาก -0.66 เป็น -3.54 และ -3.91 ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ($p<0.05$) ดังนั้นผู้บริโภคควรบริโภคน้ำมะละกอสมูทตี้ชุดควบคุมและชุด

ที่ผสมโพรไบโอติกภายในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองก่อนหน้าของพริมาและคณะ (2559) ที่พบว่าผู้บริโภคควรบริโภคน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาจากปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิกรวม และวิตามินซี

สรุป*

ผู้บริโภคควรบริโภคน้ำมะละกอสมูทตี้และน้ำมะละกอสมูทตี้โพรไบโอติกภายในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากทุนสนับสนุนทุนวิจัย สาขาวิชาชีววิทยา สาขาวิชาพันธุศาสตร์ สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2559 ทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล นันท์นภัส ขาโต และพริมา พิริยางกูร, 2558, การมีชีวิตอยู่รอดของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46: 125-128.

พริมา พิริยางกูร นันท์นภัส ขำโตและจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2559, ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิกและวิตามินซีในโพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47: 425-428.

Andrea-Bellow, A., Barreto-Palacios, B., Garcia-Segovia, P., Mir-Bel, J. and Martinez-Monzo, J., 2013, Effect of pH on color and texture of food products, Food Engineering Reviews, 51: 158-170.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis, 15th ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

George, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Groupy, P. and Rock, E., 2011, Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes, Food Chemistry, 124: 1603–1611.

Koh, J.H., Kim, Y., and Oh, J.H., 2010, Chemical characterization of tomato juice fermented with Bifidobacteria, Journal of Food Science, 75(5): C428-C432.

Qian, C., Decker, E.A., Xiao, H., and McClements, D.J., 2012, Physical and chemical stability of b-carotene-enriched nanoemulsions: influence of pH, ionic strength, temperature, and emulsifier type, Food Chemistry, 132:1221–1229.

Mortensen, A. and Skibsted, L.H., 2000, Kinetics and mechanism of the primary steps of degradation of carotenoids by acid in homogeneous solution, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(2): 279–286.

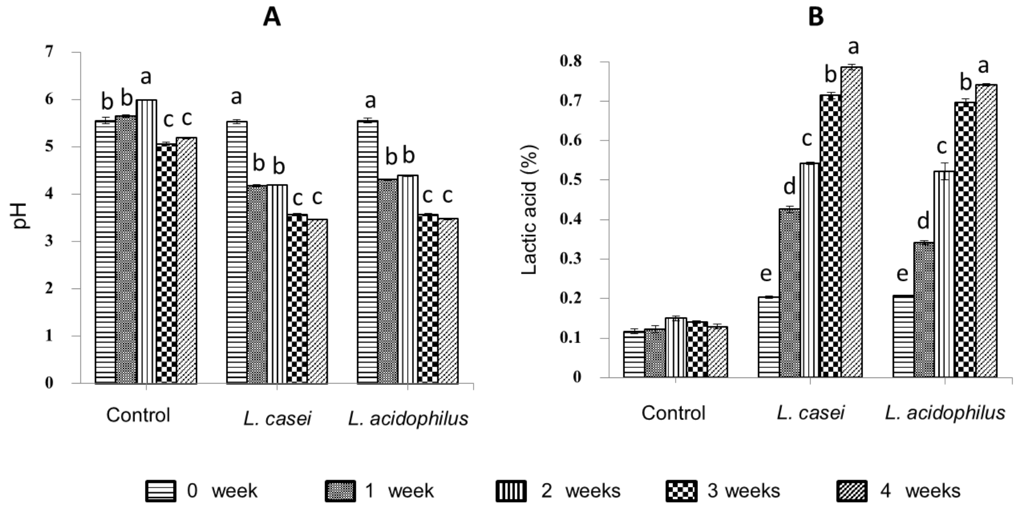


Figure 1 pH (A) and lactic acid (B) of "Khake Dam" papaya smoothie with probiotic *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *L. acidophilus* (TISTR 1336) and without probiotic (control) stored at 4°C for 4 weeks.

Table 1 Carotenoids and lycopene content of "Khake Dam" papaya smoothie with probiotic *Lactobacillus casei* (TISTR 1463), *L. acidophilus* (TISTR 1336) and without probiotic (control) and its changing after storage at 4°C. Values are express as mean±S.E.

Treatment	Storage time (Weeks)	Carotenoids (mg/g FW)	Increasing of carotenoid (Fold)	Lycopene (mg/g FW)	Increasing of lycopene (Fold)
Control	0	0.30±0.03 [b]	0 [b]	0.11±0.03 [b]	0 [b]
	4	1.64±0.03 [a]	5.47 [a]	1.10±0.05 [a]	10 [a]
L. casei (TISTR 1463)	0	0.30±0.03 [b]	0 [b]	0.11±0.03 [b]	0 [b]
	4	1.32±0.11 [a]	4.40 [a]	0.72±0.12 [a]	6.55 [a]
L. acidophilus (TISTR 1336)	0	0.30±0.03 [b]	0 [b]	0.11±0.03 [b]	0 [b]
	4	1.68±0.04 [a]	5.60 [a]	0.80±0.06 [a]	7.27 [a]

Values not sharing a common letter are significantly different at $P < 0.05$.

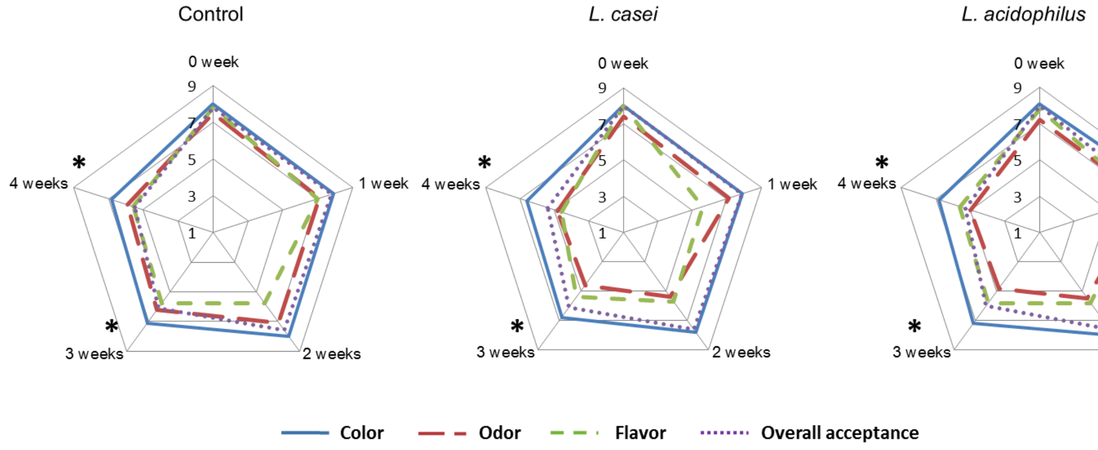


Figure 2 Sensory evaluation of "Khake Dam" papaya smoothie with probiotic *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *L. acidophilus* (TISTR 1336) and without probiotic (control) and its changing after storage at 4°C. Data are means difference factor, asterisk (*) refer to means statistically different ($p < 0.05$).

ผลของการเสริมกากแครอทต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก**
Effect of Carrot Pulp on the Quality of Butter Cake

ธัญญารัตน์ แซ่ภู่[1] วาสนา แสงประเสริฐ[1] และ ศรัญญา วอขวา[2]
Saephu, T.[1] and Sangpasert, W.[1] and Workhwa, S.[1]

Abstract*

Effects of carrot pulp on the quality of butter cake. The purpose of this study was to determine the optimum intake of carrot pulp at 5, 10, 15 and 20% by weight butter cake. Results showed that 5 percent were accepted and L * 35.48, a * 2.42 and b * 11.95, water activity 0.96, hardness 890.61 g and cohesiveness 0.41. The chemical contents of butter cake were 32.51% moisture, 1.79% ash, 12.87% fat, 19.37% fiber, 13.76% Protein and 22.68% carbohydrates. Butter cakes can be stored to 3 days at 4 °C.

Keywords: carrot pulp, butter cake

บทคัดย่อ

ผลของการเสริมกากแครอทต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก โดยศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการเติมกากใยแครอทร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักบัตเตอร์เค้ก พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือสูตรเสริมกากใยแครอทร้อยละ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L* 35.48, a* 2.42 และ b* 11.95 ค่า a_w (water Activity) 0.96 ค่าแข็ง 890.61 g และค่าความสามารถเกาะตัวกัน 0.41 และองค์ประกอบทางเคมีของบัตเตอร์เค้กเสริมกากแครอท 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น 32.51 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 1.79 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 12.87 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใย 19.37 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 13.76 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 22.68 เปอร์เซนต์

คำสำคัญ: กากแครอท บัตเตอร์เค้ก

คำนำ**

แครอท มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Daucus carota* L. อยู่ในวงศ์พาสเล่ย์ (Parsley) หรือ อัมเบลลิเฟอรี (Umbeliferae) จัดเป็นผักที่มีเบต้าแคโรทีน (ß-carotene) และอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์ เช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี วิตามินอี แคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก และยังมีสารสำคัญคือสาร “ฟอลคารินอล” (falcarinol) ซึ่งช่วยต่อต้านเซลล์มะเร็ง เป็นต้น โดยเบต้าแคโรทีนเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอในปริมาณสูงชนิดหนึ่ง จึงนิยมบริโภคในลักษณะอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ สารเบต้าแคโรทีนซึ่งนอกจากเปลี่ยนเป็นวิตามินเอแล้ว ยังมีประโยชน์ด้านอื่น เช่นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพกำลังเป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากคนไทยหันมาสนใจเรื่องสุขภาพมากขึ้น จึงมีการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากการสังเคราะห์เบต้าแคโรทีน เพื่อป้องการขาดวิตามินเอเพื่อต้านการเกิดอนุมูลอิสระ (ศิริวรรณ, 2552) ซึ่งการได้รับเบต้าแคโรทีนในรูปอาหารเสริมมากเกินไป อาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง นอกจากการสังเคราะห์ทางเคมียังมีการนำแครอทสดแปรรูปเป็นน้ำแครอทซึ่งเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค การบริโภคให้ปลอดภัยควรผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และยังช่วยให้การดูดซึมเบต้าแคโรทีนดีขึ้น

ผลิตภัณฑ์ขนมอบได้รับความนิยมแก่ผู้บริโภคโดยเฉพาะขนมอบประเภทเค้ก และเค้กจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่เป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคเป็นอาหารว่าง ทำมาจากแป้งสาลี น้ำตาล เกลือ ผงฟู ไขมัน นม ไข่ สารให้กลิ่นรส เป็นอาหารที่มีรสหวานและผ่านกระบวนการอบ ส่วนผสมเหล่านี้เมื่อรวมกันให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดและเบา ส่วนผสมที่ใช้ในการทาเค้กมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำให้เกิดโครงสร้างของเค้กและส่วนที่ทำให้เค้กมีความนุ่ม คุณภาพของเค้กขึ้นอยู่กับการใช้ส่วนผสมและวัตถุดิบที่มีคุณภาพ มีวิธีการผสมที่ถูกต้อง อุณหภูมิของการอบและระยะเวลาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2544)

การทำผลิตภัณฑ์เค้ก นอกจากยึดส่วนผสมดั้งเดิมแล้ว นำกากแครอทมาเสริมในส่วนผสม เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ๆและยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งทำให้เค้กมีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ช่วยป้องกันโรคต่างๆได้

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฎอุดรธานี 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
***

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีความสนใจนำกากแครอทมาใช้ประโยชน์ในการเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทเค้กเนยหรือบัตเตอร์เค้ก เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและช่วยเพิ่มมูลค่าของกากแครอทอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ**

1.การเตรียมกากแครอท

นำแครอทที่ซื้อจากห้างสรรพสินค้าแมคโคร ล้างทำความสะอาด หลังจากนั้นทำให้เปลือกแห้ งปลอกเปลือก หั่นแครอทเป็นชิ้นและนำเข้าเครื่องแยกกาก

2. การผลิตบัตเตอร์เค้กเสริมกากใยแครอท

เตรียมกากแครอทเพื่อเสริมในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0(ตัวอย่างควบคุม) 5, 10, 15 และ 20% (โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด) โดยสูตรของบัตเตอร์เค้กที่ศึกษาประกอบด้วยแป้ง ไอซ์ซิ่ง เนยเค็ม ไข่ไก่ นมสด โอวาเล็ต ผงฟูคิดเป็นร้อยละ 18, 14, 22, 25, 18, 1 และ 1 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด ตามลำดับ โดยร่อนแป้ง ไอซ์ซิ่ง ผงฟู เข้าด้วยกันด้วยแล้วพักไว้ นำไข่ไก่ นมสด โอวาเล็ต แป้งที่ร่อนแล้ว ตีเข้าด้วยกันที่ความเร็วสูงสุด 5 นาที และลดความเร็วลงต่ำสุดตีเนยด้วยความเร็วต่ำใส่เนยที่ละลายที่อุณหภูมิห้องและเติมกากใยแครอทที่ระดับ (0, 5, 10, 15 และ 20% โดยน้ำหนัก) แล้วตีส่วนผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 2 นาที ทาเนยขาวในพิมพ์กระดาษไขให้ทั่วพิมพ์เค้ก เทเค้กลงไปเกลี่ยหน้าให้เนียน เคาะเค้กเบาๆ 2-3 ครั้ง นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส อบไฟบนล่างเป็นเวลา 30 นาที เมื่อเค้กสุกดีแล้ว ดึงกระดาษไขออกคว่ำหน้าเค้กลงบนตะแกรงและพักไว้ให้เย็น

ศึกษาการเสริมกากแครอทในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) วิเคราะห์คุณภาพของบัตเตอร์เค้ก ได้แก่ วัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น CT3) โดยวัดค่าความแข็ง (hardness) และ ค่าความสามารถเกาะตัวกัน โดยใช้หัววัดชนิด Cylindrical probe ขนาด 25 มม.วัดค่าสี L*, a* และb* (Hunter lab รุ่น color flex cx 1463) วัดค่า water activity และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของ ด้วยวิธี 9-point hedonic Scales โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และนำสูตรที่เหมาะสมที่สุดมาวิเคราะห์ proximate analysis (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต) ตามวิธี AOAC, (2000) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

ผลและวิจารณ์ผล****

ผลการทดลองการเสริมกากแครอทในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กที่ระดับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 พบว่าเมื่อปริมาณการเสริมกากแครอทเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ($p \le 0.05$) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ($p \le 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กเสริมกากใยแครอทที่ระดับร้อยละ 5 มีค่าสี L* 35.48, a* 2.42 และ b* 11.95 ซึ่งแครอทมีสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ทำให้แครอทมีสีส้ม แคโรทีนอยด์เป็นสารรงควัตถุสีเหลืองส้ม สามารถละลายในไขมันได้ ประกอบไปด้วยคาร์บอน 40 อะตอม มีไอโซพรีน 8 หน่วยและพันธะคู่ของคาร์บอนซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดสี (ประภัสสร, 2554; Tran, 2007) แคโรทีนอยด์มีหลายร้อยชนิดที่สามารถตรวจพบในธรรมชาติ แต่มีเพียง 24 ชนิดที่พบได้อาหารเช่น เบต้าแคโรทีน เบต้าคริปโตแซนทีน ไลโคปีน ลูเตอีนและไวโอลาแซนทีน สีของผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กจึงมีสีที่แตกต่างกัน (สมเดือนและสุวิมล, 2538) ส่งผลให้ค่า b* เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) ค่า (water Activity) ค่าความชื้น ความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าความสามารถเกาะตัวกัน (cohesiveness) ของผลิตภัณฑ์บัตเตอร์ มีค่า 0.96, 33.41, 890.61 g และ0.41 ตามลำดับ การเสริมกากแครอททำให้ส่วนผสมบัตเตอร์เค้กมีลักษณะข้นหนืดน้อยลง และมีความคงตัวของอิมัลชันลดลง จึงทำให้เนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กไม่สม่ำเสมอ โดยเนื้อบัตเตอร์เค้กด้านบนสวนใหญ่มีลักษณะร่วนนุ่ม มีรูพรุนขนาดใหญ่ ส่วนด้านล่างเนื้อเค้กอัดตัวกันแน่น บัตเตอร์เค้กที่ได้จึงมีความหนาแน่นมากกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากมีปริมาตรลดลง และมีค่า firmness ต่ำกว่าสูตรควบคุม (Table 1)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสบัตเตอร์เค้กที่เสริมกากแครอทที่ระดับร้อยละ 5 มีคะแนนการยอมรับในทุกๆ ด้านสูงกว่า บัตเตอร์เค้กสูตรควบคุม ($p \le 0.05$) โดยคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้าน สีกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ ที่ 6.46, 6.20, 6.26, 6.70 และ 6.73 คะแนน ตามลำดับ (Table 2) จากการเพิ่มปริมาณของกากแครอทที่มากขึ้น ส่งผลทำให้เนื้อของบัตเตอร์เค้ก เกิดการร่วนซุยและมีกลิ่น และเมื่อนำบัตเตอร์เค้กสูตรดังกล่าวมาวิเคราะห์ proximate analysis พบว่า โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใยและเถ้า มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากตัวอย่างควบคุม (Table 3)

สรุป

บัตเตอร์เค้กเสริมกากใยแครอทร้อยละ 5 ให้ค่าสี L, a, b และค่า Moisture content ไม่มีความแตกต่างจากสูตรควบคุม และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับของบัตเตอร์เค้กเสริมกากใยแครอทร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต **และ**พบว่าคะแนนด้านต่างๆลดลงเมื่อเสริมกากแครอทในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และการใช้กากแครอทในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อโครงสร้างของบัตเตอร์เค้ก พบว่าการเกาะตัวและการเก็บอากาศของเนื้อบัตเตอร์เค้กลดลง ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้นและมีความแข็งของเนื้อบัตเตอร์เค้กลดลง เมื่อนำผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กที่เสริมกากแครอทร้อยละ 5 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางด้านเคมีพบว่ามีปริมาณโปรตีน เส้นใย ไขมัน เถ้าและค่าปริมาณความชื้นมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม 13.76, 19.37, 12.87 1.79 และ33.41% ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2544, เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประภัสสร สุขสุทธิ์, 2554, การแปรรูปฟักข้าว, เกษตรก้าวหน้า, 24(3): 43-53.

ศิริวรรณ สุทธจิตต์, 2552, คู่มือสุขภาพเกี่ยวกับวิตามิน, สำนักพิมพ์ The Knowledge Center, กรุงเทพมหานคร.

AOAC, 2000, Official Methods of the Analysis of AOAC International, 17th ed., Maryland, U.S.A.

Tran, T.H., 2007, Production of Carotenoid-rich Powder from Gac fruit, Master Dissertation, University of Western Sydney, Sydney, Australia: 85-91.

Table 1 Effect of amount of carrot pulp on physical analysis of butter cake.

Carrot pulp (%)	L*	a*	b*	Hardness (g)	Water activity
control	35.24±1.00^{a}	2.07±0.12^{c}	11.69±0.73^{b}	1169.33± 260.43^{a}	0.96±0.00236^{b}
5	35.48±0.84^{a}	2.42±0.33^{bc}	11.95±0.29^{b}	890.61±332.48^{ab}	0.96±0.00317^{a}
10	34.85±0.08^{a}	2.61±0.23^{ab}	13.03±0.15^{a}	812.61±248.06^{ab}	0.97±0.00145^{a}
15	33.61±0.32^{b}	2.76±0.04^{ab}	13.27±0.28^{a}	526.52±46.28^{bc}	0.96±0.00462^{ab}
20	32.12±0.44^{c}	3.00±0.27^{a}	13.59±0.15^{a}	366.33±29.14^{c}	0.97±0.00038^{a}

^{a,b,c}... within columns represent significant difference (p ≤0.05). ns means statically non significance.

Table 2 Effect of amount of carrot pulp on sensory evaluation of butter cake.

Carrot pulp (%)	Attributes				
	Color (ns)	Flavor (ns)	Taste (ns)	texture	Overall acceptance (ns)
0	5.60±1.81	5.70±1.68	5.93±1.72	5.50±1.93^{b}	6.00±1.66
5	6.46±1.47	6.20±1.34	6.26±1.46	6.70±1.57^{ab}	6.73±1.04
10	6.16±1.68	6.00±1.25	6.20±1.68	6.13±1.49^{ab}	6.40±1.13
15	6.23±1.50	5.80±1.66	6.00±1.68	6.06±1.85^{ab}	6.36±1.62
20	6.26±1.38	5.90±1.48	6.16±1.55	5.70±1.84^{ab}	6.36±1.49

^{a,b,c}... within columns represent significant difference (p ≤0.05). ns means statically non significance.

Table 3 chemical properties of of butter cake added carrot pulp.

chemical properties	Butter cake added carrot pulp (%)	
	0	**5**
Protein (%) ^{ns}		13.46±1.57
Fat (%) ^{ns}	13.04±1.25	22.68±3.78
Fiber (%) ^{ns}	27.45±1.11	18.36±0.75
Ash (%) ^{ns}	17.74±0.11	1.77±0.01
Carbohydrates (%) ^{ns}	1.62±0.04	22.68±3.78
Moisture content	27.45±1.11	33.41±2.21
	31.21±2.98	

ns mean in the same row is non-signification

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผสมน้ำแครอทเสริมแป้งข้าวโพด
Development to Egg Tofu with Carrot Juice Supplement Corn Flour

พรรณนภา ไชยเกล้า[1] และ ศรัญญา วอขวา[1]
Chaikhao, P.[1] and Workhwa, S.[1]

Abstract

The amount of corn flour affected the physical characteristics of the egg tofu was supplemented with 0, 0.5, 1, 1.5 and 2 g, respectively. It was found that the experiment at 0.5 g corn starch was L* 76.66, a* 4.49 and b* 28.72. The hardness, cohesiveness and springiness were 8.18g 0.39mm. and 2.39mm, respectively. Chemical analyses of product contained 12.86% protein, 0.51% fiber, 6.46% fat, 83.18% moisture, 2.67% ash and 3.74% carbohydrate. And found that egg tofu egg preserved for 3 days at 4 °C.

Keywords: egg tofu, corn flour

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณแป้งข้าวโพดที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งในปริมาณ 0, 0.5, 1, 1.5 และ2 กรัม โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ตามลำดับ พบว่าการทดลองที่เสริมแป้งข้าวโพดที่ 0.5 กรัม มีค่า L* 76.66 a* 4.49 และb* 28.72 มีค่าความแข็ง ค่าความสามารถเกาะตัวกัน และค่าการคืนตัว มีค่า 8.18g, 0.39mm. และ 2.39 mm. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีปริมาณโปรตีน 12.86 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 0.51 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 6.46 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 83.18 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 2.67 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 3.74 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เต้าหู้ไข่ แป้งข้าวโพด

คำนำ

เต้าหู้ (Toufu) กำเนิดมากว่า 2,000 ปีในจีนแผ่นดินใหญ่ คนจีนบางกลุ่มถือว่าเต้าหู้เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คนไทยเรียกเต้าหู้เพี้ยนมาจากภาษาจีนว่า โตวฟู คนฮกเกี้ยนเรียกว่า ต้าวหู้ คนญี่ปุ่นเรียกกันว่า โทฟุ (tofu) คนอังกฤษเรียก bean curd หรือบางครั้งก็เรียกทับศัพท์ว่า tofu เช่นกัน ส่วนชาวฝรั่งเศสเรียกว่า fromage de soja (ชีสถั่วเหลือง) เต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำมาจากถั่วเหลือง มีลักษณะเป็นก้อนแข็งหรืออ่อนนุ่ม มีสีเหลืองอ่อนหรือสีขาวนวลน้ำนม ซึ่งถั่วเหลือง (Soybean) ถือเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ นิยมนำมาบริโภคและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และมีสารอาหารสำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดไขมันจำเป็น วิตามินและแร่ธาตุ รวมทั้งสารพฤกษเคมีสำคัญที่มีคุณประโยชน์เสริมสุขภาพ ได้แก่ สารไอโซฟลาโวนที่ช่วย ป้องกันและรักษาโรคได้ จากหลายรายงานแนะนำให้รับประทานอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลือง ประมาณ 25 กรัมต่อวัน ลดอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง จะช่วยลดระดับกรดไขมันไม่ดี (LDL-cholesterol) ในร่างกาย ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ (ประเสริฐ, 2527)

แครอท (Carrot) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Daucus carotavar sativar* เป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารเบต้า-แคโรทีน ซึ่งสามารถเปลี่ยน เป็นวิตามินเอสูง นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี 1 บี 2 และวิตามินบี วิตามินเอ และมีหลายสีตั้งแต่สีส้ม สีแดง ไปจนสีเหลือง ช่วยทำให้ร่างกายมีภูมิต้านทานโรคหวัด ป้องกันมะเร็ง ป้องกันอาการผิดปกติในกระดูก โรคผิวหนังและรักษสสายตา แครอทมีสารเบต้า-แคโรทีน ที่ช่วยยับยั้งเซลล์ของมะเร็งและต่อต้านสารอนุมูลอิสระซึ่งเป็นต้นกำเนิดเซลล์มะเร็งได้เป็นอย่างดี มีส่วนช่วยให้ตับขับสารพิษออกจากร่างกายแคลเซียมเพคเตทในแครอท ช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอล (นพวรรณ และณัฏฐา, 2532)

แป้งข้าวโพดได้จากเอนโดสเปิร์มในเมล็ด แป้งที่ได้จากการโม่เมล็ดข้าวโพดแบบแห้ง เรียกว่า คอร์นมีล (cornmeal) เมื่อร่อนแยกขนาดและแยกเอ็มบริโอออก เรียกว่า คอร์นฟลาวร์ (corn flour) มีโปรตีน และแร่ธาตุสูง ดังนั้นงานวิจัยจึงมีแนวคิดเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวโพดในการทำผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่เสริมน้ำแครอทซึ่งนำแครอทเป็นแหล่งของวิตามินจากแหล่งธรรมชาติ โดยการนำน้ำนมถั่วเหลืองผสมกับน้ำแครอท ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีวิตามินเอในรูปเบต้าแคโรทีน

[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

1. การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองเต็มเมล็ดแช่น้ำเป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง นำมาล้างให้สะอาด ปั่นให้ละเอียด นาน 2 นาที กรองเอากากออกโดยกระชอน 1 รอบ นำน้ำถั่วเหลืองที่ได้ไปให้ความร้อน 80-90 องศาเซลเซียส/20-30 นาที กรองน้ำถั่วเหลืองด้วยกระชอนและผ้าขาวบางอีก 1 รอบ และนำไข่ไก่มาตีให้ละเอียด และกรองด้วยกระชอน

2. การเตรียมน้ำแครอท

นำแครอทที่ซื้อจากห้างสรรพสินค้าแมคโคร ล้าง ทำความสะอาด หลังจากนั้นทำให้เปลือกแห้งและปลอกเปลือกและหั่นแครอทเป็นชิ้นและนำเข้าเครื่องแยกกาก ได้น้ำแครอทที่ผ่านการแยกกาก

นำส่วนผสมไปชั่งตามสูตรการผลิตเต้าหู้ไข่แครอท (Table 1) นำส่วนผสมแต่ละสูตรเทรวมกัน (สูตรที่มีแป้ง ละลายแป้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 1 นาที) กรองส่วนผสมอีกครั้ง เทส่วนผสมที่ได้ใส่ในถุงกันร้อนรัดยางให้แน่น นำเต้าหู้ที่ได้ไปนึ่งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียสเวลา 45 นาทีได้ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งข้าวโพด

ศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวโพดต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผสมน้ำแครอทเสริมแป้งข้าวโพดระดับ (0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัมต่อน้ำเต้าหู้) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) วิเคราะห์คุณภาพกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี L*, a* และb* (Hunter lab รุ่น color flex cx 1463) วิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น CT3) โดยวัดค่าความแข็ง (hardness) และ ค่าความสามารถเกาะตัวกัน โดยใช้หัววัดชนิด Cylindrical probe ขนาด 25 มม. วัดค่า water activity และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของ ด้วยวิธี 9-point hedonic Scales (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยการวางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ RCBD (Randomized Completely Blok Design) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test และนำสูตรที่เหมาะสมที่สุดมาวิเคราะห์ proximate analysis (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต) ตามวิธี AOAC (2000) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

ผลและวิจารณ์ผล

การประเมินคุณภาพทางประสาทผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผสมน้ำแครอทเสริมแป้งข้าวโพด พบว่าความชอบทางด้านสีขึ้นอยู่กับปริมาณแป้งข้าวโพดที่เสริมลงไป แนวโน้มของคะแนนจะดีช่วงที่มีการเสริมแป้งข้าวโพดในปริมาณ 0.5 กรัม แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวโพดมากขึ้นคะแนนความชอบโดยรวมคะแนนลดลง (Table 2) เนื่องจากถ้าเติมแป้งข้าวโพดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สีของน้ำแครอทลดลงเพราะสีของแป้งข้าวโพดมีสีเหลืองนวลถ้านำมาผสมกับน้ำแครอทจะทำให้สีส้มที่เกิดจากสารแคโรทีนในน้ำแครอทลดลงทำให้ได้สีโทนสีเหลือง ซึ่งส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภคทำให้คะแนนการยอมรับมีแนวโน้มลดต่ำลง (นิธิยา, 2545)

ค่าการคืนตัวของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผสมน้ำแครอทเสริมแป้งข้าวโพดทั้ง 5 สูตรพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) Table 3 พบว่า ค่าการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ค่าเพิ่มขึ้นตามการเสริมแป้งข้าวโพด สูตรที่ไม่ได้เสริมแป้งข้าวโพดปริมาณ มีค่าการคืนตัวเท่ากับ 1.71 สูตรทีเสริมแป้งข้าวโพดปริมาณ 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัม ค่าการคืนตัวเท่ากับ 2.39, 2.73, 3.24 และ 3.39mm. เนื่องจากแป้งข้าวโพดเมื่อนำมาแปรรูปคุณสมบัติของแป้งข้าวโพด เหนียวข้น ความสามารถในการคืนตัวกลับของแป้งนั้นเกิดจากโมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่จับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้เกิดสภาพการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ ถ้าแป้งมีความเข้มข้นและปริมาณอะไมโลสสูงจำนวนโมเลกุลที่มาจัดเรียงตัวกันใหม่มีมากจะทำให้ความหนืดเพิ่มข้น และแป้งจากธัญพืชเมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวน้อยกว่า เม็ดแป้งแตกน้อย โมเลกุลที่คลายตัวยังอยู่ใกล้ชิดกันจึงเคลื่อนที่จับกันใหม่ได้ง่าย ซึ่งแป้งข้าวโพดเป็นแป้งอะไมโลสสูง และแป้งข้าวโพดมีความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนักจำนวนโมเลกุลที่มาจัดเรียงตัวกันใหม่มีมากและระหว่างเคลื่อนที่เข้ามาจับกันจะสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ทำให้ความหนืดเพิ่มข้นและเกิดลักษณะเจลที่อ่อนนุ่ม

ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผสมน้ำแครอทเสริมแป้งข้าวโพดทั้ง 5 สูตรพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็งของเต้าหู้อยู่ในช่วง 9.96-7.95 (Table 3) เนื่องจากแป้งข้าวโพดซึ่งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีโมเลกุลเรียงตัวเป็นสายยาว มีความยืดหยุ่น และคลึงตัวได้ดี เมื่อนำมารวมตัวกับน้ำได้ของผสมที่เรียกว่า suspension หรือที่เรียกว่าสารแขวนลอย โดยเป็นการกระจายตัวของแป้งในน้ำแป้งเกิดการแยกตัวออกจากน้ำ แต่มีคุณสมบัติการไหลแบบ non-newtonian fluid ซึ่งมีลักษณะแบบยิ่งมีความเร็วยิ่งมีความหนืดและมีลักษณะเป็นของแข็ง จึงส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่เสริมแป้งในปริมาณมากขึ้นจะมีค่าความแข็งสูงขึ้น และเมื่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผสมน้ำแครอทเสริมแป้งข้าวโพดที่ระดับ 0.5 มาวิเคราะห์ proximate analysis พบว่า โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใยและเถ้า มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากตัวอย่างควบคุม (Table 4)

สรุป**

ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งข้าวโพด 0.5 กรัม ได้รับการยอมรับด้านทางประสาทสัมผัส เมื่อเสริมแป้งข้าวโพดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความสามารถในการเกาะกัน ค่าการคืนตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น ค่าสีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งข้าวโพด ค่าความสว่าง L* มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแปรผันไปตามปริมาณแป้งข้าวโพดที่เติมลงไป ค่าความเป็นสีเขียวและสีแดง a* ในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งข้าวโพดมีค่า a* เป็นบวก มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ซึ่งค่า a* จะน้อยในสูตรที่ไม่ใส่แป้งข้าวโพด และจะเพิ่มขึ้นในสูตรที่เสริมน้ำแครอทแต่ค่า a* จะลดลงเมื่อมีการเติมแป้งข้าวโพดลงไป จะแปรผันตามปริมาณแป้งข้าวโพดที่เติมลงไป และค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน b* ในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งข้าวโพดมีค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะแปรผันตามปริมาณแป้งข้าวโพดที่เติมลงไป อัตราส่วนที่มีส่วนที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งข้าวโพด ที่เสริมแป้งข้าวโพด 0.5 กรัม โดยวัดค่า Hardness และ Springiness ค่าที่ได้ 8.18g, 2.39mm. ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งข้าวโพด 0.5 กรัม มีองค์ประกอบทางเคมีสูงกว่าสูตรควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 – 8 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 3 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง**

จริงแท้ ศิริพาณิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

นพวรรณ สมิทธินันท์ และนัฏฐา โคกเกษม, 2532, ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแครอท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์ โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพมหานคร.

ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2527, ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International v.1. 17thed. Horwitz, (Ed) AOAC INTERNATIONAL, U.S.A.

Table 1 The ingredient of egg tofu with carrot juice supplemented with corn flour.

Formula	Ingredient (g)			
	Egg white	Soybean milk	Carrot juice	Corn flour
1 (control)	140	90	-	-
2	140	90	15	0.5
3	140	90	15	1
4	140	90	15	1.5
5	140	90	15	2

Table 2 Amount of corn flour on sensory evaluation of egg tofu with carrot Juice.

Corn flour (g)	Attributes				
	Color	Flavor	Taste (ns)	texture	Overall acceptance
0	6.43 ± 1.19[a]	6.60 ±1.40	7.47 ±1.43[a]	7.90 ±0.99[a]	7.47±1.54[a]
0.5	6.57 ± 0.56[a]	6.73 ±0.78	7.43 ±1.40[a]	7.83±0.87[a]	7.63±0.92[a]
1	6.53 ± 0.62[a]	6.90 ±0.66	6.97±0 .80[b]	6.97±0.71[bc]	7.37±0.61[a]
1.5	6.43 ± 0.77[a]	6.93 ±0.94	6.70 ±0.70[bc]	6.60±1.16[c]	6.70±0.59[b]
2	5.10 ±1.29[b]	6.97 ±1.03	6.43 ±0.56[c]	7.07±0.86[b]	6.73±0.63[b-]

[a,b]... in the same columns represent significant difference (p ≤0.05).). ns means non-signification

Table 3 Physical analysis of egg tofu with carrot juice supplemented with corn flour.

Corn flour (g)	L*	a*	b*	Hardness (g)	Springiness (mm)
0	78.60±1.21[a]	1.01±1.42[b]	33.70±0.63[a]	7.95±0.58[b]	1.71±0.48[d]
0.5	76.66±0.40[b]	4.50±0.03[a]	28.72±0.63[c]	8.18±0.39[b]	2.39±0.08[c]
1	76.52±0.56[b]	4.12±0.93[a]	29.48±0.63[c]	8.95±0.09[ab]	2.73±0.39[bc]
1.5	76.36±0.44[b]	4.09±0.50[a]	30.12±0.63[bc]	9.03±0.07[ab]	3.24±0.23[ab]
2	76.14±0.26[b]	4.00±0.40[a]	31.70±0.63[b]	9.96±1.20[a]	3.39±0.11[a]

[a,b]... in the same columns represent significant difference (p ≤0.05).). ns means non-signification

Table 4 chemical properties of egg tofu with carrot juice supplemented with corn flour.

Corn flour (g)	Protein (%) (ns)	Fiber (%)	Fat (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%) (ns)
0	11.48±0.78	0.19±0.00[b]	5.22±0.28[b]	2.59±0.08	2.90±1.26
0.5	12.86±0.64	0.51±0.07[a]	6.46±0.07[a]	2.67±0.09	3.74±0.96

[a,b]... in the same columns represent significant difference (p ≤0.05).). ns means non-signification

คุณภาพบางประการของเนื้อลำไยสดที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่ง
Some Qualities of Fresh Longan Pulps after Pre-treatments using Ultra-High Pressure Technique

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

Abstract

Fresh longan pulps were pre-treated using ultra-high pressure (400 and 500 MPa/50°C/5 min) and chemical (0.5% citric acid solution/5 and 10 min) techniques. Total plate counts (TPC), yeasts & molds (YM), fecal coliforms (FC), browning index (BI), firmness, weight loss, polyphenol oxidase (PPO) activity and consumer acceptability of pre-treated longan pulps were investigated. Results showed that the number of indicator microbes including TPC, YM and FC were significantly reduced after pressurization at 400 and 500 MPa and dripping in acetic acid solution for 5 and 10 min, respectively. Both techniques increased the weight loss of the pulps as compared with the control sample (untreated fresh pulp), whereas BI, firmness, PPO activity were significantly decreased; in particular longan pressurized at 500 MPa. However, the sensorial results showed that all treatments had no effect on the liking scores of appearance, color, odor, texture, taste and overall acceptance.

Keywords: longan pulp, pressurization, browning, acceptance

บทคัดย่อ

เนื้อลำไยสดถูกแปรรูปเบื้องต้นด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่ง (400-500 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาคงความดัน 5 นาที) และการใช้สารเคมี (สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 แช่เป็นเวลา 5 และ 10 นาที) จากนั้นทำการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ยีสต์และรา (MY) ฟีคอลคอลิฟอร์ม (FC) ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI) ค่าความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก กิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการทดลอง พบว่า จุลินทรีย์ชี้วัด ได้แก่ TPC, MY และ FC มีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากผ่านความดันสูงที่ระดับ 400 และ 500 เมกกะปาสคาล และผ่านการจุ่มในสารกรดซิตริกเป็นเวลา 5 และ 10 นาที ตามลำดับ การแปรรูปเบื้องต้นทั้ง 2 เทคนิค เพิ่มค่าการสูญเสียน้ำหนักในเนื้อลำไยเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (เนื้อลำไยสดที่ไม่ผ่านการแปรรูป) ในขณะที่ค่า BI ค่าความแน่นเนื้อ และค่ากิจกรรมของ PPO มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อลำไยที่แปรรูปเบื้องต้นด้วยระดับความดัน 500 เมกกะปาสคาล อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าทุกหน่วยการทดลองไม่มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม

คำสำคัญ: เนื้อลำไย การแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง การเกิดสีน้ำตาล การยอมรับ

คำนำ*

อาหารแปรรูปต่ำ (minimally-processed foods) คือ อาหารที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น อาทิเช่น การล้าง การลดขนาด การหั่น การซอย การเอาไส้ออก หรือเอาเมล็ดออก เพื่อให้สะดวกในการนำมาบริโภค เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อน อาหารแปรรูปต่ำจะต้องบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มิดชิด และเพื่อความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค จะต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ อาจใช้เทคนิคการถนอมอาหารอย่างอื่นร่วมด้วย ได้แก่ การปรับสภาพอากาศในบรรจุภัณฑ์ (modified atmosphere packaging) และการใช้บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ (vacuum packaging) เป็นต้น การแปรรูปผลไม้สดเบื้องต้นมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ การล้างผักด้วยสารฆ่าเชื้อ (sanitizer) ซึ่งส่วนมากสารฆ่าเชื้อที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ สารละลายคลอรีน สารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ กรดเพอร์ออกซีแอซีติก สารโพแตสเซียสเมตาไบซัลเฟท จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งก่อนนำไปบรรจุหีบห่อ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นเพื่อรอการบริโภค หรือจำหน่ายต่อไป (มานพ และคณะ, 2547) แต่อย่างไรก็ตามสารเหล่านี้อาจจะตกค้างในเนื้อผลไม้ และมีผลต่อกลิ่นรสของ

---

[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

ผลไม้ รวมทั้งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค กระบวนการถนอมผลไม้ตกแต่ง (fresh cut) ทางเลือกจะต้องมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และสามารถถนอมโภชนสารต่าง ๆ ไว้ได้ เทคนิคที่มีศักยภาพสูงควรเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน เช่น การแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง เป็นต้น การแปรรูปอาหารด้วยเทคนิคนี้สามารถกำจัดจุลินทรีย์ชี้วัดต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถรักษาสี กลิ่น รสชาติของอาหาร รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่าง ๆ ได้ดี (Chaikham และ Apichartsrangkoon, 2012) ดังนั้น การแปรรูปอาหารด้วยวิธีที่ไม่ต้องใช้ความร้อน และปลอดภัยต่อผู้บริโภคนี้ จึงถือว่าเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผลไม้ตกแต่ง รวมทั้งเนื้อลำไยสด ซึ่งยังไม่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาคุณภาพของเนื้อลำไยสดที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น โดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.05 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที และผ่านการให้ความดันสูงยิ่งที่ระดับ 400 และ 500 เมกกะปาสคาล ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับเนื้อลำไยที่ไม่ผ่านการแปรรูป (ตัวอย่างชุดควบคุม)

อุปกรณ์และวิธีการ

นำลำไยสดพันธุ์อีดอมาทำการคว้านเมล็ด นำเนื้อลำไยล้างทำความสะอาด 1 ครั้ง ก่อนสะเด็ดน้ำ จากนั้นแบ่งเนื้อลำไยออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 นำเนื้อลำไย (100 กรัม) บรรจุแบบสุญญากาศลงในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (polyethylene) และนำไปแปรรูปด้วยเครื่อง Stansted “Food-Lab” model 900 high pressure rig (Stansted, UK) ที่ระดับความดัน 400 และ 500 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และชุดที่ 2 นำเนื้อลำไย แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 5 และ 10 นาที จากนั้นนำเนื้อลำไยที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นทุกชุดการทดลองไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ต่อไป

วิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ยีสต์ และรา (YM) รวมทั้งฟีคอลโคลิฟอร์ม (FC) ตามวิธี BAM method (U.S. Food and Drug Administration, 2001) วิเคราะห์ค่าสี L^*, a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus, USA) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index, BI) จากสูตร BI = (100(x - 0.31))/0.172 เมื่อ x = (a^* + 1.75L^*)/(5.645L^* + a^* - 3.012b^*) ตามวิธีของ Ferrari และคณะ (2010) วิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA General, Brookfield engineering Labs Inc., USA) วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ตามวิธีของ Chen และคณะ (2016) และวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Lambda Bio-20, Perkin Elmer, USA) ตามวิธีที่อ้างอิงของ Chaikham และ Apichartsrangkoon (2012) วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$*

ทำการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างทุกชุดการทดลองเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 30 คน ตามวิธี 9-point hedonic scale test วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$*

ผลและวิจารณ์ผล**

Table 1 แสดงผลของการแปรรูปเบื้องต้นต่อจำนวน TPC, YM และ FC ในเนื้อลำไยสด โดยพบว่า การแปรรูปเบื้องต้นทุกสภาวะมีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม ในเนื้อลำไยสดมีค่าลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นด้วยความดันสูงยิ่งที่ระดับ 500 เมกกะปาสคาล ซึ่งพบว่า TPC ลดลงถึง 4 log CFUs และตรวจพบจำนวน YM และ FC ต่ำกว่า 10 CFU/g เมื่อเปรียบตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นด้วยวิธีการต่าง ๆ พบว่า การแปรรูปเบื้องต้นด้วยความดันสูงยิ่ง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ชี้วัดได้ดีกว่าการจุ่มในสารละลายกรดซิตริก จากรายงานของ Chaikham และ Apichartsrangkoon (2012) และ Ferrari และคณะ (2010) พบว่า การแปรรูปน้ำลำไย และน้ำทับทิมด้วยความดันสูงยิ่ง สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการวิเคราะห์ค่า BI และค่าความแน่นเนื้อ พบว่า ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านการแปรรูปเบื้องต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลำไยชุดควบคุม ในขณะที่ค่าการสูญเสียน้ำหนักกลับมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และค่าความแน่นเนื้อที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าไม่

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื้อลำไยที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นด้วยความดันสูงยิ่งที่ระดับ 500 เมกกะปาสคาล มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุม (เนื้อลำไยที่ไม่ผ่านการแปรรูป) แสดงว่าระดับความดันมีผลต่อค่าดังกล่าว ในงานวิจัยนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการจุ่มเนื้อลำไยในสารละลายกรดซิตริกไม่มีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่าง (Table 2)

PPO เป็นเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผักและผลไม้สดตกแต่ง (fresh cut) เนื่องจากเกิดการทำลายเนื้อเยื่อของผักและผลไม้ ส่งผลให้ PPO เร่งให้เกิดสีน้ำตาลบนผิวของผักและผลไม้สดได้เร็วขึ้น ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Fujita และคณะ, 1995; Chaikham และ Apichartsrangkoon, 2012) จาก Table 2 พบว่าตัวอย่างเนื้อลำไยทุกชุดการทดลองมีค่ากิจกรรมของ PPO ลดลง โดยเนื้อลำไยที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นด้วยความดันสูงยิ่งที่ระดับ 500 เมกกะปาสคาล มีค่ากิจกรรมของ PPO ลดต่ำที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุม และตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นอื่น ๆ การลดลงของค่ากิจกรรมของ PPO โดยการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Chiakham และคณะ (2017) ในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อม

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบในทุก ๆ คุณลักษณะของเนื้อลำไยที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นทั้งหมด ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับเนื้อลำไยชุดควบคุม โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7-8 คะแนน ซึ่งถือว่าผู้บริโภคยังคงรู้สึกชอบถึงชอบมาก

สรุป*

จากผลการทดลองพบว่าจุลินทรีย์ชี้วัด ได้แก่ TPC, MY และ FC มีจำนวนลดลงหลังจากผ่านการแปรรูปเบื้องต้นด้วยความดันสูงยิ่ง และผ่านการจุ่มในสารละลายกรดซิตริก การแปรรูปเบื้องต้นทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักในเนื้อลำไยเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่า BI ค่าความแน่นเนื้อ และค่ากิจกรรมของ PPO มีค่าลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อลำไยที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นที่ระดับความดัน 500 เมกกะปาสคาล อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ของเนื้อลำไยที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นไม่มีความแตกต่างกับเนื้อลำไยชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

มานพ จั่นขุนทด เกียรติศักดิ์ นาบำรุง และณฐนนท์ ตราชู, 2547, อาหารแปรรูปต่ำ (Minimally Processed Food), วารสารจารพา, 11(76), 1.

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., Rattanasena, P., Phunchaisri, C. and Sudsanor, P., 2017, Quality changes of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) in syrup due to thermal and high pressure processes, LWT-Food Science and Technology, 75: 751-760.

Chen, C., Hu, W., He, Y., Jiang, A. and Zhang, R., 2016, Effect of citric acid combined with uv-c on the quality of fresh-cut apples, Postharvest Biology and Technology, 111: 126–131.

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.

Fujita, S., Saari, N., Maegawa, M., Tetsuka., T., Hayashi, N. and Tono, T., 1995, purification and properties of polyphenol oxidase from cabbage (*Brassica oleracea* L.), Journal of Agriculture and Food Chemistry, 43: 1138–1142.

U.S. Food and Drug Administration, 2001, Bacteriological Analytical Manual (BAM), Department of Health and Human Services, New Hampshire Avenue, Washington, DC.

Table 1 Microbial counts in fresh and pre-treated longan pulps.

Samples	Microbial counts (CFU/g)		
	Total plate counts (TPC)	Yeasts and molds (YM)	Fecal coliforms (FC)
Fresh longan	$4.13\pm0.96^{a}\times10^{6}$	$5.30\pm1.03^{a}\times10^{4}$	$1.17\pm0.36^{a}\times10^{2}$
Pressurized at 400 MPa	$5.92\pm1.05^{d}\times10^{4}$	$2.89\pm0.61^{c}\times10^{2}$	$< 10^{c}$
Pressurized at 500 MPa	$2.73\pm0.74^{e}\times10^{2}$	$< 10^{d}$	$< 10^{c}$
Citric acid 0.5%/5 min	$3.61\pm0.89^{b}\times10^{5}$	$8.74\pm1.25^{b}\times10^{2}$	$1.30\pm0.30^{b}\times10$
Citric acid 0.5%/10 min	$9.72\pm1.12^{c}\times10^{4}$	$2.14\pm0.43^{c}\times10^{2}$	$< 10^{c}$

Means in the same column followed by the same lowercase letters are insignificantly different ($p>0.05$). Means were the determination of triplications.

Table 2 Physicochemical properties of fresh and pre-treated longan pulps.

Samples	Physical qualities			PPO activity
	Browning index	Firmness (N)	Weight loss (%)	(U/m/ml)
Fresh longan	4.30 ± 0.08^{a}	1.46 ± 0.07^{a}	-	96.35 ± 3.40^{a}
Pressurized at 400 MPa	3.15 ± 0.07^{b}	1.04 ± 0.04^{b}	59.78 ± 1.76^{b}	64.60 ± 2.73^{c}
Pressurized at 500 MPa	3.24 ± 0.10^{b}	0.98 ± 0.06^{b}	66.13 ± 2.49^{a}	48.72 ± 1.67^{d}
Citric acid 0.5%/5 min	3.10 ± 0.05^{b}	1.00 ± 0.05^{b}	46.14 ± 2.07^{c}	70.64 ± 2.31^{b}
Citric acid 0.5%/10 min	3.08 ± 0.09^{b}	1.07 ± 0.06^{b}	42.75 ± 2.46^{c}	65.77 ± 3.04^{c}

Means in the same column followed by the same lowercase letters are insignificantly different ($p>0.05$). Means were the determination of triplications.

Table 3 Sensorial attributes' scores of fresh and pre-treated longan pulps.

Samples	Appearance^{ns}	Color^{ns}	Odor^{ns}	Texture^{ns}	Taste^{ns}	Overall acceptance^{ns}
Fresh longan	7.62±0.75	7.54±0.62	7.32±0.81	7.60±0.60	7.51±0.63	7.53±0.71
Pressurized at 400 MPa	7.53±0.52	7.60±0.45	7.14±0.72	7.51±0.68	7.63±0.55	7.47±0.61
Pressurized at 500 MPa	7.59±0.64	7.56±0.49	7.23±0.65	7.56±0.70	7.54±0.54	7.51±0.56
Citric acid 0.5%/5 min	7.48±0.62	7.61±0.50	7.40±0.75	7.62±0.83	7.54±0.52	7.45±0.57
Citric acid 0.5%/10 min	7.40±0.71	7.53±0.57	7.20±0.60	7.59±0.48	7.57±0.61	7.48±0.65

Means were the determination of thirty replications (30 panelists). ns is not significant difference.

การให้แคลเซียมทางใบเพื่อรักษาคุณภาพชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์หลังการเก็บเกี่ยว

Foliar Calcium Applications for Maintaining Fruit Quality of Java Apple cv. Thabthimchan after Harvest

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[1] ทิวาพร ผดุง[2] การิตา จงเจือกลาง[1] เจนจิรา เชาว์ไว[1] และ สุวรรณี ชะเอม[1]
Kotepong, P.[1], Phadung, T.[2], Chongchuaklang, K.[1], Chaowai, J.[1] and Cha-aem, S.[1]

Abstract*

In this study, preharvest foliar spray of different calcium source and concentration on fruit quality of Java Apple cv. Thabthimchan was investigated. The experiment comprised of 7 treatments as 1) untreated (control) 2) 0.25% $CaCl_2$ 3) 0.50% $CaCl_2$ 4) 0.25% $CaNO_3$ 5) 0.50% $CaNO_3$ 6) 0.25% CaB and 7) 0.50% CaB. The trees were sprayed 3 times at 45 days after the flower bloom (DAF) (fruit set), 60 DAF (bagging period), and 75 DAF (fruit coloring). The results revealed that foliar spray of 0.50% $CaNO_3$ gave the highest fruit weight at harvesting day and the lowest weight loss was recorded when Java Apple fruit were stored at 13 $^{\circ}$C for 14 days. Preharvest foliar calcium treatments had a positive effect on fruit firmness, especially the tree treated with 0.50% $CaNO_3$ showed the highest fruit firmness after stored at 13 $^{\circ}$C for 14 days. Nevertheless, all pre harvest Ca treatments did not affect total soluble solids and titratable acidity.
Keywords: Java Apple cv. Thabthimchan, calcium, foliar fertilization, fruit quality

บทคัดย่อ

ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมที่ให้ทางใบก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ จำนวน 7 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่พ่นแคลเซียมทางใบ (กรรมวิธีควบคุม) 2) $CaCl_2$ 0.25% 3) $CaCl_2$ 0.50% 4) $CaNO_3$ 0.25% 5) $CaNO_3$ 0.50% 6) CaB 0.25% และ 7) CaB 0.50% ทำการฉีดพ่น 3 ครั้ง ในระยะ 45 วันหลังดอกบาน (ระยะติดผล) ระยะ 60 วันหลังดอกบาน (ระยะห่อผล) และระยะ 75 วันหลังดอกบาน (ระยะผลเริ่มเข้าสี) จากการทดลอง พบว่า การให้ $CaNO_3$ 0.50% ให้น้ำหนักผลชมพู่ทับทิมจันท์สูงสุดในวันที่เก็บเกี่ยวและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน การให้ปุ๋ย Ca ทุกชนิดให้ความแน่นเนื้อของผลชมพู่ทับทิมจันท์สูงกว่าต้นที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย โดยเฉพาะชมพู่ทับทิมจันท์ที่ฉีดพ่นด้วย $CaNO_3$ 0.50% มีความแน่นเนื้อสูงที่สุดหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ย Ca ทางใบไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไตเตรดได้
คำสำคัญ: ชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ แคลเซียม การให้ปุ๋ยทางใบ คุณภาพผล

คำนำ***

ชมพู่ทับทิมจันทร์เป็นผลไม้ที่มีผิวเปลือกบาง มีความฉ่ำน้ำสูง เกิดการเน่าเสียได้ง่ายในระหว่างการเก็บรักษา แม้ว่าการเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยลดปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ ภายในผลและยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่ก็มีข้อจำกัดของอุณหภูมิที่ระดับหนึ่งเท่านั้น เพื่อให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวให้ได้นานขึ้น การปฏิบัติดูแลผลผลิตในแปลงก่อนการเก็บเกี่ยว จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่นำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิต การพ่นแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นอีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ โดยแคลเซียมจะแทรกซึมผ่านชั้นอิพิเดอร์มิส (epidermis) ของผิวผลไม้เข้าไปอยู่ในส่วนประกอบของผนังเซลล์ ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีความแข็งแรง (ยงยุทธ, 2543) จึงช่วยลดความผิดปกติทางสรีรวิทยาของไม้ผลได้หลายชนิด เช่น สตรอเบอรี่ พีช พลับ และแอปเปิ้ล (Dunn และ Able, 2006) ลดการเข้าทำลายของเชื้อรา ช่วยรักษาความแน่นเนื้อ ลดอัตราการหายใจ และชะลอการสุกแก่ของผลไม้ โดยลดกิจกรรมของเอนไซม์ lipoygenase ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) และการปลดปล่อยเอทิลีน (Raese และ Drake, 2006; Marcelle, 1991)

[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, Chatuchack, Bangkok, 10900

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมที่ให้ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลชมพู่ทับทิมจันท์หลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ*

คัดเลือกต้นชมพู่ที่มีการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ใกล้เคียงกันในแปลงปลูกของเกษตรกร ในพื้นที่อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม มีการดูแลต้นชมพู่ในระหว่างการทดลองปฏิบัติตามวิธีของเกษตรกร วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยมี 7 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ดังนี้ 1) control 2) $CaCl_2$ 0.25% 3) $CaCl_2$ 0.50% 4) $CaNO_3$ 0.25% 5) $CaNO_3$ 0.50% 6) CaB 0.25% และ 7) CaB 0.50% พ่นสารแคลเซียมจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ระยะ 45 วันหลังดอกบาน (ระยะติดผล) ครั้งที่ 2 ระยะ 60 วันหลังดอกบาน (ระยะห่อผล) และครั้งที่ 3 ระยะ 75 วันหลังดอกบาน (ระยะผลเริ่มเข้าสี) ทำการเก็บชมพู่เมื่ออายุ 85 วันหลังดอกบาน นำมาล้างให้สะอาด แล้วเก็บใส่กล่องบรรจุภัณฑ์ หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ทำการบันทึกคุณภาพของผลผลิตทุก 7 วัน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA)

ผลและวิจารณ์ผล**

ในระหว่างการเก็บรักษาผลไม้มักเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมี ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตจึงมีความพยายามในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตโดยชะลอการเสื่อมคุณภาพของผนังเซลล์ (Brummell และคณะ 2004) การให้ Ca ก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผลไม้ได้ เนื่องจาก Ca มีบทบาทสำคัญในโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) ทำหน้าที่เชื่อมกรดเพกตินภายในเซลล์ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง ความเข้มข้นของ Ca ในผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพผลไม้ที่มีความเข้มข้นของ Ca ต่ำมักมีเชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่ายและมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Fallahi และคณะ 1997) จากการทดลองให้ปุ๋ย Ca ทางใบก่อนการเก็บเก็บเกี่ยวชมพู่ทับทิมจันท์ พบว่า การให้ Ca มีผลต่อคุณภาพของผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล การสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อ โดยการฉีดพ่น $CaNO_3$ 0.50% ให้น้ำหนักผลชมพู่ทับทิมจันท์สูงสุด 140.4 กรัม/ ผล ในวันที่เก็บเกี่ยว และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 5.40% หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน (Table 1) สอดคล้องกับ Marschner (1995) ที่รายงานว่า Ca เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์จึงมีความสัมพันธ์กับขนาดผลที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับจำนวนเซลล์ภายในผล และมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต โดยผลที่มี Ca ต่ำจะมีน้ำหนักสดน้อยกว่าผลที่มี Ca มากกว่า (Marcelle, 1995) จากการทดลองของ Rabiei และคณะ (2011) พบว่า แอปเปิ้ลพันธุ์ Jonagold มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเมื่อให้ $CaNO_3$ 0.50% เนื่องจาก Ca ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานและรักษาความแข็งแรงของเซลล์ ถ้าพืชขาด Ca จะทำให้ผนังเซลล์อ่อนแอ สารละลายต่างๆ รั่วไหล ทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อบริเวณนั้นสูญเสียรูปทรง การที่พืชได้รับ Ca อย่างเพียงพอจึงทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง ทำให้ผลไม้เนื้อแน่นและคงทนต่อการเก็บรักษา นอกจากนี้ Ca ยังเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้ Ca มีความสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อของผล จากการทดลองชมพู่ทับทิมจันท์ที่ให้ปุ๋ย Ca ทางใบ มีความแน่นเนื้อสูงกว่าต้นที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย โดยเฉพาะชมพู่ทับทิมจันท์ที่ฉีดพ่นด้วย $CaNO_3$ 0.50% มีความแน่นเนื้อสูงที่สุดหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน (Table 2) เพราะ Ca มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการสลายตัวของ middle lamella ที่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) และ pectin methyl esterase (PME) ซึ่งปฏิกิริยาการสลายสารเพกเทตจะถูกยับยั้งเมื่อมีความเข้มข้นของ Ca ภายในเซลล์สูง ทำให้กระบวนการอ่อนนุ่มของผลเกิดช้าลง (Hadfield และ Bennett, 1998; Micheli, 2001) การฉีดพ่นปุ๋ย Ca ให้ปริมาณ TSS และ TA ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ ประทีป (2548) ที่รายงานว่า การให้ Ca ทางใบแก่ชมพู่ทับทิมจันท์ให้ปริมาณ TSS และ TA ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Manganaris และคณะ (2005) การพ่น $CaCl_2$ ก่อนการเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ TSS และ TA

สรุป

การให้ $CaNO_3$ 0.5% ทางใบก่อนการเก็บเกี่ยวให้น้ำหนักผลชมพู่ทับทิมจันท์ในวันที่เก็บเกี่ยวสูงสุดและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน การให้ปุ๋ย Ca ทุกชนิดทำให้ความแน่นเนื้อของผลชมพู่ทับทิมจันท์สูงกว่าต้นที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย โดยเฉพาะชมพู่ทับทิมจันท์ที่ฉีดพ่นด้วย $CaNO_3$ 0.5% มีความแน่นเนื้อสูงที่สุดหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ย Ca ทางใบไม่มีผลต่อปริมาณ TSS และ TA

เอกสารอ้างอิง

ประทีป อารยะกิตติพงศ์, 2548, การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์และผลของปุ๋ยแคลเซียมที่ให้ทางใบก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผล, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2543, ธาตุอาหารพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Brummell, D.A., Cin V.D., Crisosto, C.H. and Labavitch, J.M., 2004, Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit, Journal of Experimental Botany, 55:2029-2039.

Dunn, J.L. and Able, A.J., 2006, Pre-harvest calcium effects on sensory quality and calcium mobility in strawberry fruit. Acta Horticulturae, 708:307-312.

Fallahi, E., Conway, W.S., Hickey, K.D. and Sams, C.E., 1997, The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apple, HortScience, 32: 831-835.

Hadfield, K.A., Bennett, A.B., 1998, Polygalacturonases: many genes in search of a function, Plant Physiology, 117: 343–373.

Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Mignani, I., Diamantidis, G., and Tzavella-Klonari, K., 2005, The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross), Sciencetia Horticulturae, 107: 43-50.

Marcelle, R.D., 1991, Relationships between mineral content, lipoxygenase activity, levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and ethylene emission in apple fruit flesh disk (*Cv. Jonagold*) during storage, Postharvest Biology and Technology, 1: 101-109.

Marcelle, R.D, 1995, Mineral nutrition and fruit quality, Acta Horticulturae, 383: 219-226.

Marschner, H, 1995, Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd Ed., Academic Press, London.

Micheli, F., 2001, Pectin methylesterases: cell wall enzymes with important roles in plant physiology, Trends Plant Science. 6: 414–419.

Raese, J.T. and Drake, S.R., 2006, Calcium foliar sprays for control of alfalfa greening, cork spot, and hard end in 'Anjou' Pears, Journal of Plant Nutrition, 29(3): 543–552.

Rabiei, V., Shirzadeh, E., Sharafi, Y. and Mortazav, N., 2011, Effects of postharvest applications of calcium nitrate and acetate on quality and shelf-life improvement of “Jonagold” apple fruit, Journal of Medicinal Plants Research, 5(19): 4912-4917.

Table 1 Fruit weight and weight loss of Java Apple cv. Thabthimchan after foliar calcium applications.

Treatment	Fruit weight (g)	Weight loss (%)
control	128.1b	6.49a
0.25% $CaCl_2$	124.4b	8.17ab
0.50% $CaCl_2$	135.3b	10.68b
0.25% Ca NO_3	133.1b	7.40b
0.50% $CaNO_3$	140.4a	5.40a
0.25% CaB	134.6b	6.31a
0.50% CaB	131.6b	7.23a
F-Test	*	*
CV. (%)	17.56	45.04

Table 2 Fruit firmness, total soluble solids, and titratable acidity of Java Apple cv. Thabthimchan after foliar calcium applications.

Treatment	Fruit firmness (N)		Total soluble solids (°Brix)		Titratable acidity (%)	
	Harvest day	14 days	Harvest day	14 days	Harvest day	14 days
control	2.54	2.58b	10.10	10.43	0.15	0.12
0.25% $CaCl_2$	2.65	3.07a	10.43	10.97	0.12	0.12
0.50% $CaCl_2$	2.53	2.89ab	10.12	11.15	0.12	0.12
0.25% Ca NO_3	2.67	2.56b	11.07	11.05	0.14	0.13
0.50% $CaNO_3$	2.75	3.21a	10.63	11.15	0.13	0.12
0.25% CaB	2.83	2.96ab	10.52	10.55	0.13	0.15
0.50% CaB	2.68	3.02ab	9.77	10.75	0.13	0.11
F-Test	ns	*	ns	ns	ns	ns
CV. (%)	10.98	14.87	7.81	11.71	11.86	18.65

การประยุกต์ใช้เจลว่านหางจระเข้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะโรงเรียน
Application of Aloe vera Gel Coating for Shelf Life Extension of Rambutan Fruit (cv.Rongrien)

ประกายดาว ยิ่งสง่า[1] พงศ์พล เต็มศรี[1] พิชย์ชัย ทองนวรัตน์[1] สุทธินาถ สุขสวัสดิ์ชน[1] และ ทรงชล กระแสสินธุ์[1]
Yingsanga, P.[1], Temsri, P.[1], Thongnavarat, P.[1], Suksawaschon, S.[1] and Krasaesin, S[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of *Aloe vera* gel (AG) coating on quality changes of fresh rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) cv. Rongrien during storage at 25°C and 60-70% RH. Fresh rambutans were coated with 50% AG, 100% AG, dipped in distilled water, and not coated (control). The samples coated with 100% AG showed the most stable weight during storage, however, it was not significantly different as compared to the other treatments. It was found that color appearance (L *, a *, b * and hue value) and browning were not significantly different in each treatment while the total dissolved solids slightly decreased during storage. Therefore, the taste quality of rambutan was more stable than the appearance.
Keywords: rambutan, coating, aloe vera gel

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เจลว่านหางจระเข้เคลือบผลเงาะพันธุ์โรงเรียนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-70 ผลเงาะโรงเรียนสดนำมาเคลือบเจลว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 50, 100, จุ่มน้ำกลั่น และไม่เคลือบเจลว่านหางจระเข้ (ชุดควบคุม) พบว่าเงาะโรงเรียนที่เคลือบ เจลว่านหางจระเข้ร้อยละ 100 ช่วยรักษาน้ำหนักไว้ได้มากที่สุดแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองอื่น ๆ ส่วนลักษณะปรากฏได้แก่ สี (L*, a*, b* and hue value) ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดลดลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนคะแนนการเกิดสีน้ำตาลในผลเงาะที่เคลือบผิวมีแนวโน้มน้อยกว่าทั้งสองชุดการทดลอง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าคุณภาพด้านรสชาติของผลเงาะมีความคงทนมากกว่าลักษณะปรากฏ
คำสำคัญ: เงาะ การเคลือบผิว เจลว่านหางจระเข้

คำนำ***

เงาะ (ภาษาอังกฤษ: rambutan; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Nephelium lappaceum* L.) อยู่ในวงศ์ Sapindaceae (Wall, 2006) จัดเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีสีสันสวยงาม รสชาติหวานอร่อย และเป็นที่นิยมของผู้บริโภคอย่างมากชนิดหนึ่ง (Hernández และคณะ 2017; ประกายดาว และคณะ, 2554; Kondo และคณะ 2001) ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตเงาะรายใหญ่ที่สุดในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีผลิตผลเกินกว่าสามแสนตันในปี พ.ศ. 2555-2558 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) แม้ว่าประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตเงาะได้ปริมาณมากแต่มีการเสื่อมสภาพไปอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยวเพียง 3-4 วันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (Landrigan และคณะ 1994) ทำให้คุณภาพการขายลดลง (Yingsanga et al., 2012) และเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับการส่งออก (ดุษฎี และคณะ, 2554) Landrigan และคณะ (1996) รายงานว่าการเสื่อมสภาพของผลเงาะหรือการเกิดสีน้ำตาลมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการสูญเสียน้ำ และ Yingsanga และคณะ (2006) รายงานว่าการสูญเสียน้ำของผลเงาะมาจากปริมาณปากใบมากกว่าความยาวและปริมาณของขนเงาะ โดยแนวทางการลดการสูญเสียน้ำสามารถกระทำได้สองแนวทาง คือ บรรจุผลิตผลในบรรจุภัณฑ์หรือทำการเคลือบผิวผลิตผล (ประกายดาว และคณะ, 2554; Jiang และ Fu, 1999 และ Kader และคณะ 1989) ซึ่งวิธีการเคลือบผิวผลิตผลมีข้อดีคือไม่ก่อให้เกิดขยะและเป็นปัญหาในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิวผลิตผลสดประกอบด้วยการลดการสูญเสียน้ำ และช่วยส่งเสริมลักษณะปรากฎให้ดียิ่งขึ้น (Landrigan, 1996 และ Willsและคณะ, 1981) สารเคลือบผิวที่มีประสิทธิภาพมักมีส่วนผสมของสารเคมีบางอย่างเพิ่มเติม เช่น สารฆ่าเชื้อราจึงอาจส่งผลด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ดังนั้น Food and Drug Administration (FDA) จึงออกเป็นข้อบังคับว่า

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร บางเขน กรุงเทพฯ 10220
[1] Department of Agricultural Management Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkhen, Bangkok 10220

ผลิตผลใดที่มีการใช้สารเคลือบผิว ต้องมีการปิดฉลากแสดงให้ผู้บริโภคทราบว่าสารเคลือบผิวนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้างเพื่อให้ผู้บริโภคทราบและตัดสินใจเลือกซื้อเอง (โสรญา, 2557) ดังนั้น การเลือกใช้สารเคลือบผิวจากธรรมชาติและสามารถบริโภคได้จึงเป็นหนทางที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้อีกด้วย การใช้เจลว่านหางจระเข้เคลือบผลเชอรี่ พบว่าช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและการเกิดสีน้ำตาลได้ (Martinez-Romero และคณะ, 2006) และเจลว่านหางจระเข้ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและรักษาความแน่นเนื้อของชมพู่ทับทิมจันทร์ (จิตตา, 2551) จากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่เคยศึกษาการใช้เจลว่านหางจระเข้กับผลเงาะ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เจลว่านหางจระเข้เคลือบผิวผลเงาะพันธุ์โรงเรียนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ**

นำผลเงาะโรงเรียนที่ซื้อมาจากตลาดสี่มุมเมือง คัดเลือกลูกที่อยู่ในระยะสมบูรณ์ทางการค้า (ผลมีสีแดงปลายขนสีเขียว) ขนาด รูปร่าง สีที่ใกล้เคียงและสมบูรณ์ ลูกปราศจากตำหนิ ไม่มีบาดแผล หลังจากนั้นนำมาเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้สกัดตาม Vieira และคณะ (2016) ความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 100 และนำมาเคลือบผิวด้วยน้ำกลั่น และไม่ทำการเคลือบผิวใด ๆ สำหรับชุดควบคุม แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-70 ทำการสุ่มผลเงาะมาตรวจสอบผลการทดลองทุกวันจนหมดสภาพการเก็บรักษาโดยผลเงาะเหี่ยวและเกิดสีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 50 วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design** แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ลูก บันทึกผลการทดลองดังนี้ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids; TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity; TA) การเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะโดยการให้คะแนนตั้งแต่ 1-5 (1=ไม่เกิดสีน้ำตาล 5=เกิดสีน้ำตาลทั้งหมด) (Landrigan, 1996) และการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลเงาะ (L*, a*, b* and hue value) โดยใช้เครื่องวัดสี Konica Minolta (Chromameter CR-400)

ผลการทดลอง**

การสูญเสียน้ำหนักผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้มีแนวโน้มช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้เล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ผ่านการเคลือบด้วยน้ำกลั่นและไม่ผ่านการเคลือบน้ำ แต่ทว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$) (Figure 1) การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลเงาะ ค่า L* คือค่าที่แสดงถึงความสว่าง ค่า a* คือค่าที่แสดงถึงสีเขียวและสีแดง ค่า b* คือค่าที่แสดงถึงสีน้ำเงินและสีเหลือง และค่า hue angle คือค่าสีในโทนต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าค่า L* และค่า b* ทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนค่า a* และ hue angle มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (data not show) การประเมินการเกิดสีน้ำตาลโดยผู้บริโภค พบว่าผลเงาะที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ทั้งสองความเข้มข้นมีแนวโน้มคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผลเงาะชุดที่เคลือบด้วยน้ำกลั่นและชุดที่ไม่เคลือบด้วยน้ำกลั่น (Figure 2) ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (TSS) แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 3)

วิจารณ์ผล**

สิ่งแรกที่ผู้บริโภคมองเห็นและใช้ในการประเมินคุณภาพของผลิตผลสดคือสีของผลิตผล โดยเฉพาะเงาะสดที่มีสีสันผลสีแดงปลายขนสีเขียว จากผลการทดลองพบว่าผลเงาะมีการสูญเสียน้ำหนักไปอย่างรวดเร็วและมีการสูญเสียมากถึงร้อยละ 40 เนื่องจากผลเงาะมีลักษณะโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่าขนเงาะ (spinterns) ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการสูญเสียน้ำ รวมทั้งที่เปลือกและขนเงาะยังมีปากใบอยู่เป็นจำนวนมาก จึงส่งผลให้ผลเงาะมีการคายน้ำสูงหรือมีการสูญเสียน้ำมากอย่างรวดเร็ว (Yingsanga และคณะ, 2006; ประกายดาว, 2554) การสูญเสียน้ำหนักของผลเงาะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสีขน และการเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srilaong และคณะ, (2002) พบว่า การเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะโรงเรียนในระหว่างการเก็บรักษามีผลมาจากการสูญเสียน้ำ โดยพืชที่มีการสูญเสียน้ำในปริมาณมากจะมีผลต่อ intracellular compartmentation เกิดการเสียสภาพ จึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกและสารในกลุ่มแอนโทไซยานิน ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ทำให้เกิดสารประกอบ quinone ขึ้น ซึ่งสารประกอบนี้ให้สีน้ำตาลจึงส่งผลให้ผลิตผลเกิดสีน้ำตาล (Toivonen และ Brummell, 2008 และ Landrigan, 1996) ทั้งนี้การเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ไม่สามารถชะลอการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าชุดที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิวเนื่องจากผลเงาะมีสารเคลือบหรือ wax ตามธรรมชาติ (Yingsanga, 2006) ซึ่งการเคลือบผิวที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องล้าง wax ตามธรรมชาติก่อนแล้วจึงทำการเคลือบลงไปใหม่ (จริงแท้, 2538)

สรุปผล*

การเคลือบผิวมีแนวโน้มช่วยรักษาลักษณะปรากฏของผลิตผลสดได้ และอาจช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามการล้างสารเคลือบตามธรรมชาติที่ติดมากับผลิตผลอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบผิวผลิตผลสดได้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2538, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม, 396 หน้า.

ประกายดาว ยิ่งสง่า, วาริช ศรีละออง, ศิริชัย กัลยาณรัตน์, สมโภชน์ น้อยจินดา และ Barry McGlasson, 2554, ผลของสารเคลือบผิวคาร์นอบาต่อการเกิดสีน้ำตาลกับผลเงาะโรงเรียนหลังการเก็บเกี่ยว, ว. วิทย. กษ., ฉ. 42: 3 (พิเศษ): 279-282.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559, ศูนย์ข้อมูลผลไม้: เงาะ: เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิตต่อไร่ [สืบค้น], http://www.oae.go.th/fruits/index.php/rambutan-data [12 พฤศจิกายน 2559].

โสรญา รอดประเสริฐ, 2557, สารเคลือบผิวผลไม้มีประโยชน์อย่างไร, วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, ฉ. 196: 41-43.

Hernández, C. Ascacio-Valdés, J. Garza, H.D.L. Wong-Paz, J. Aguilar, C.N. Martínez-Ávila, G.C. Castro-López, C. and Aguilera-Carbó, A. 2017, Polyphenolic content, in vitro antioxidant activity and chemical composition of extract from *Nephelium lappaceum* L. (Mexican rambutan) husk, Asian Pacific Journal of Tropical Medicine., In press.

Jiang, Y. and Fu, J., 1999, Biochemical and physiological changes involved in browning of litchi fruit caused by water loss, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 74: 43-46.

Kader, A.A. Zagory, D. and Kerbel, E.L., 1989, Modified atmosphere packaging of fruit and vegetables, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28: 1-30.

Lanrigan, M. Postharvest Browning of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.), Ph.D. University of Western Sydney, NSW, Australia, 187 p.

Lanrigan, W., Sarafis, V., Morris, S.C. and McGlasson, W.B., 1994, Structureal aspects of rambutan (Nephelium lappaceum) fruits and their relation to postharvest browning, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 69(3): 571-579.

Srilaong, V. Kanlayanarat, K. and Tatsumi, 2002, Changes in commercial quality of ‘Rong-Rien’ rambutan in modified atmosphere packing. Journal of Food Science and Technology Research, 8: 337-341.

Toivonen, P.M.A. and Brummell, D.A., 2008, Review: Biochemical bases of appearance and texture changes in frsh-cut fruit and vegetable, Postharvest Biology and Technology, 48: 1-14.

Vieira, J.M. Flores-López, M.L. Rodríguez, D.J. Sousa, M.C. Vicente, A.A. and Martins, J.T, 2016, Effect of chitosan-*Aloe vera* coating on postharvest quality of blueberry (*Vacinium corymbosum*), Postharvest Biology and Technology, 116: 88-97.

Wall, M.M, 2006, Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii, Journal of Food Composition and Analysis, 19: 655-663.

Wills, R.B.H. Lee, T.H. Graham, D. McGlasson, W.B. and Hall, E.G., 1981, Postharvest: An Introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables, South China Printing Co., Hongkong, 52-59.

Yingsanga, P. Srilaong, V. McGlasson, W.B. Kabanoff, E. Kanlayanarat, S. and Noichinda, S., 2006, Morphological differences associated with water loss in rambutan fruit cv. Rongrien and See-chompoo, Acta Horticulturae. (ISHS) 712: 453-459.

Yingsanga, P. Srilaong, V. Kanlayanarat, S. McGlasson, W.B. and Noichinda, S., Efficacy of Polyethylene Wax, Sucrose Fatty Acid Ester and lime Dips in Delaying Postharvest Browning of Rambutan, Acta Horticulturae. (ISHS), 943: 173-180.

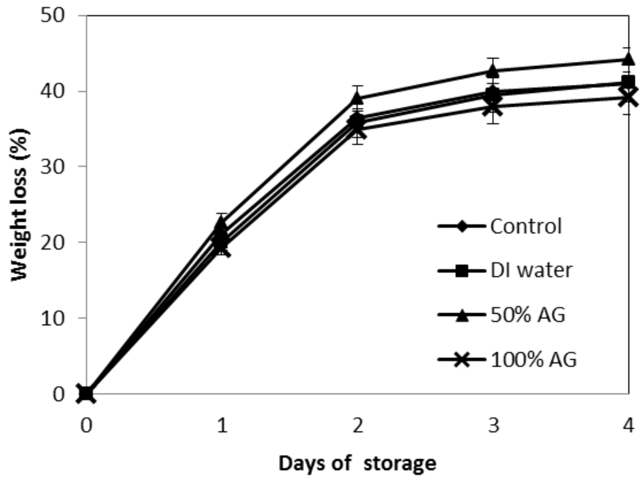


Figure 1 Changes of weight loss of 'Rongrien' rambutan fruit coated with 50%AG, 100%AG, dip in distilled water, and no coating (control) stored at 25°C, 60-70% RH.

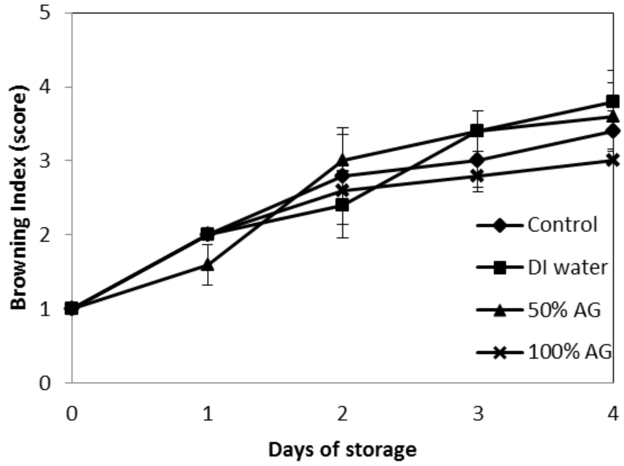


Figure 2 Browning Index score of 'Rongrien' rambutan fruit coated with 50%AG, 100%AG, dip in distilled water, and no coating (control) stored at 25°C, 60-70% RH.

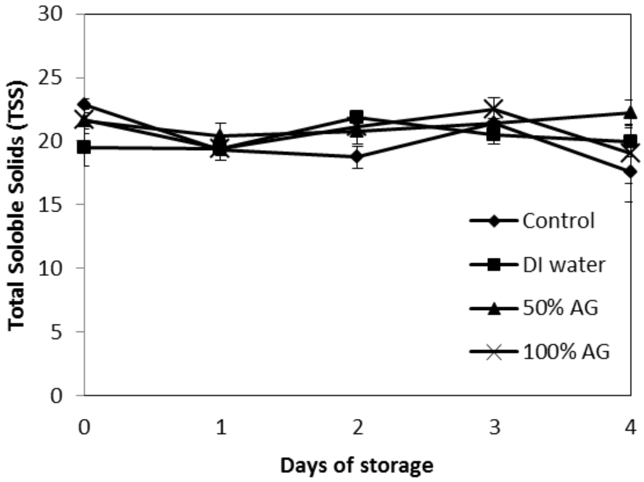


Figure 3 Changes of total soluble solids of 'Rongrien' rambutan fruit coated with 50%AG, 100%AG, dip in distilled water, and no coating (control) stored at 25°C, 60-70% RH.

ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเมมเบรนและการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลองกอง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Correlation between Membrane Damage and Pericarp Browning of Longkong Fruits During Storage at Ambient Temperature

วารุณี จอมกิติชัย[1] ชนิกาญจน์ จันทร์มาทอง[2] และ วันวิสาข์ พิระภาค[1]
Chomkitichai, W.[1], Junmatong, C.[2] and Pirapak, W.[1]

Abstract

Browning of some fruits is involved with membrane damage during storage. The objective of this research was to study the correlation between membrane damage and pericarp browning of longkong fruits during ambient condition storage. Longkong fruits were packed in basket and wrapped with PVC film, then stored at room temperature for 5 days. The fruits were randomly sampled every day to analyze membrane damage from malondialdehyde (MDA) content and electrolyte leakage (EL) rate and analyze pericarp browning from %browning, polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) activity and total phenolic content. Correlation analysis between membrane damage and pericarp browning was determined by using Pearson correlation coefficients. The results showed that MDA content and EL rate were positively correlated with %browning ($p<0.01$) but negatively correlated with total phenolic content ($p<0.01$) during the storage. However, there was no correlation with PPO and POD activity.

Keywords: Membrane Damage, Browning, Longkong

บทคัดย่อ

การเกิดสีน้ำตาลของผลไม้หลายชนิดเกี่ยวข้องกับความเสียหายของเมมเบรนในระหว่างการเก็บรักษา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเมมเบรนและการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลองกองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยนำผลลองกองบรรจุตะกร้า ปิดด้วยฟิล์มพีวีซี เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน สุ่มตัวอย่างผลลองกองมาวิเคราะห์ทุกวัน โดยวิเคราะห์ความเสียหายของของเมมเบรนจากปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) และอัตราการรั่วไหลของประจุ (EL) และวิเคราะห์การเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลจากเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาล กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเปอร์ออกซิเดส (POD) รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Pearson coefficient ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์และอัตราการรั่วไหลของประจุมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) กับเปอร์เซ็นต์การเกิดเปลือกสีน้ำตาล และมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) กับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD

คำสำคัญ: ความเสียหายของเมมเบรน การเกิดสีน้ำตาล ลองกอง

คำนำ**

การเกิดสีน้ำตาล (browning) ในระหว่างการเก็บรักษาผลไม้หลายชนิดเกี่ยวข้องกับความเสียหายของเมมเบรน ซึ่งมีสาเหตุสำคัญเกิดจากอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจน (oxygen species; ROS) เช่น อนุมูลอิสระซุปเปอร์ออกไซด์ (superoxide radical ; $O_2^{\bullet-}$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide; H_2O_2) และอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (hydroxyl radical ; $OH^{\bullet}$) เป็นต้น โดย ROS จะ

[1]หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
[1]Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Ratjabhat University, Uttaradit 53000
[2]สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000
[2]Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำลายเมมเบรน (membrane) ของเซลล์และออร์แกเนลล์ต่างๆ ซึ่งวัดได้จากปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) และอัตราการรั่วไหลของประจุ (EL) (Gill และ Tuteja, 2010) ส่งผลทำให้เกิดการรั่วไหลของสารภายในเซลล์ และมีผลเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ที่รั่วไหลจากแวคิวโอล (vacuole) และเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase, POD) ที่รั่วไหลจากไซโตซอล (cytosol) และพลาสติด (plastid) เกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาล ดังมีรายงานการศึกษาพบว่าความเสียหายของเมมเบรนมีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้บางชนิด เช่น ในผลลิ้นจี่ (Sun และคณะ, 2010, 2011) ลำไย (Chomkitichai และคณะ, 2014a) เงาะ (Shaoและคณะ, 2012) โลควอท (Abbasiและคณะ, 2013) และ เกาลัด (You และคณะ, 2012)

ลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) เป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่มักประสบปัญหาการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยจะเกิดเปลือกสีน้ำตาลขึ้นใน 2-3 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการวางจำหน่าย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเมมเบรนและการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลองกองในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งยังไม่มีรายงานการศึกษาในผลลองกองมาก่อน ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวคิดนำไปประยุกต์ใช้เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลของผลลองกองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

นำผลลองกองในระยะเก็บเกี่ยวจากสวนของเกษตรกรในอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ บรรจุในกล่องกระดาษแล้วขนส่งทางรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ภายในเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำผลมาตัดก้านผลให้เหลือประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วคัดเลือกผลที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่มีรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง

นำผลลองกองที่เตรียมไว้จำนวน 360 ผล แบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 120 ผล บรรจุผลแต่ละซ้ำลงในตะกร้าจำนวน 6 ใบๆ ละ 20 ผล ปิดตะกร้าด้วยฟิล์มพีวีซี และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างผลลองกองในแต่ละซ้ำมาวิเคราะห์ทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 5 ของการเก็บรักษา โดยวิเคราะห์ความเสียหายของเมมเบรนจากปริมาณ MDA (Hodges.และคณะ, 1999) และอัตราการรั่วไหลของประจุ (Chan และคณะ, 1985) และวิเคราะห์การเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลองกองจากเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผล กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD (Huang และคณะ, 1990) รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Singleton และ Rossi, 1965) ของเปลือกผล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจนและการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผล โดยใช้ Pearson coefficient

ผลการทดลอง*

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเมมเบรนและการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลองกองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่า ปริมาณ MDA และอัตราการรั่วไหลของประจุมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กับเปอร์เซ็นต์การเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลองกอง โดยมีค่าความสัมพันธ์ 0.9288 และ 0.8002 ตามลำดับ (Figure 1A และ 1B) และมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเปลือกผลกอง โดยมีค่าความสัมพันธ์ 0.8719 และ 0.7975 ตามลำดับ (Figure 1C และ 1D) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเมมเบรนกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD พบว่าปริมาณ MDA และอัตราการรั่วไหลของประจุไม่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง PPO และ POD โดยมีค่าความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก คือ 0.3176 0.1067 0.0827 และ 0.000 ตามลำดับ (Figure 1E - 1H)

วิจารณ์ผล**

ความเสียหายของเมมเบรนมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลองกอง (Figure 1A และ 1B) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเมมเบรนของเซลล์หรือออร์แกเนลล์มีความเสียหายมากขึ้น การเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลองกองจะเกิดเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Sun และคณะ (2010 และ 2011), Chomkitichai และคณะ (2014a), Shao และคณะ (2012), Abbasi และคณะ (2013) และ You และคณะ (2012) ซึ่งพบว่าการเกิดสีน้ำตาลเกี่ยวข้องกับความเสียหายของเมมเบรนซึ่งมีสาเหตุมาจากการสะสม ROS

ความเสียหายของเมมเบรนที่เกิดขึ้นอาจส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดจากแวคิวโอล และการรั่วไหลของเอนไซม์ PPO และ POD จากพลาสติด เกิดปฏิกิริยาสร้างสารประกอบสีน้ำตาลขึ้น ดังจะเห็นว่าสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลกับปริมาณ MDA และอัตราการรั่วไหลของประจุที่มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 1C และ 1D) แสดงว่าเมื่อเมมเบรนเสียหาย ปริมาณ MDA และอัตราการรั่วไหลของประจุเพิ่มมากขึ้น สารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่เป็นสารตั้งต้นของการเกิดสีน้ำตาลจะมีปริมาณลดลง ทั้งนี้เนื่องจากถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนั่นเอง ดังเช่นพบในระหว่างการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลำไยพันธุ์ดอที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Chomkitichai และคณะ, 2014a และ 2014b)

อย่างไรก็ตาม ความเสียหายของเมมเบรนไม่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD (Figure 1E – 1H) แสดงว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA และอัตราการรั่วไหลของประจุในระหว่างการเก็บรักษาผลลองกองไม่สอดคล้องกับการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ โดยผลการศึกษาพบว่าปริมาณ MDA และอัตราการรั่วไหลของประจุเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ในขณะที่เอนไซม์ PPO และ POD ซึ่งเร่งการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกมีกิจกรรมของเพิ่มสูงขึ้น และเพิ่มสูงสุดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจึงลดลง (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งความสัมพันธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาในผลลำไยพันธุ์ดอ (Chomkitichaiและคณะ, 2014b) แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาในผลลิ้นจี่พันธุ์ Feizixiao (Sun และคณะ, 2010, 2011) ที่พบว่าทั้งปริมาณ MDA กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

สรุป*

ความเสียหายของเมมเบรนซึ่งวัดจากปริมาณ MDA และอัตราการรั่วไหลของประจุ มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กับเปอร์เซ็นต์การเกิดเปลือกสีน้ำตาลของเปลือกผลลองกองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับงบประมาณสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Abbasi, N.A., Akhtar, A., Hussain, A. and Ali, I, 2013, Effect of anti-browning agents on quality changes of loquat [*Eriobotraya japonica* (Thunb.) Lindley] fruit after harvest, Pakistan Journal of Botany, 45: 1391-1396.

Chan, H.T., Sanxter, S. and Couey, H.M., 1985, Electrolyte leakage and ethylene production induced by chilling injury of papayas. HortScience, 20: 1070-1072.

Chomkitichai, W., Chumyam, A., Rachtanapun, P., Uthaibutra, J. and Saengnil, K., 2014, Reduction of reactive oxygen species production and membrane damage during storage of 'Daw' longan fruit by chlorine dioxide, Scientia Horticulturae, 170: 143-149.

Chomkitichai, W., Faiyue, B., Rachtanapun, P., Uthaibutra, J. and Saengnil, K., 2014, Enhancement of the antioxidant defense system of post-harvested 'Daw' longan fruit by chlorine dioxide fumigation, Scientia Horticulturae, 178: 138-144.

Gill, S.S. and Tuteja, N., 2010, Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, Plant Physiology and Biochemistry, 48: 909-930.

Hodges, D.M., DeLong, J.M., Forney, C.F. and Prange, R.K., 1999, Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds, Planta, 207: 604-611.

Huang, S., Hart, H., Lee, H. and Wicker, L., 1990, A research note: Enzymatic and color change during postharvest storage of lychee fruit, Journal of Food Science, 55: 1762-1763

Shao, Y., Xie, J., Chen, P. and Li, W., 2012, Changes in some chemical components and in the physiology of rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* L.) as affected by storage temperature and packing material, Fruits, 68: 15-24.

Singleton, V.L. and Rossi, J.R., 1965, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-157.

Sun, D., Liang, G., Xie, J., Lei, X. and Mo, Y., 2010, Improved preservation effects of lychee fruit by combining chitosan coating with ascorbic acid treatment during postharvest storage, African Journal of Biotechnology, 9: 3272-3279.

Sun, J., You, X., Li, L., Peng, H., Su, W., Li, C., He, Q. and Liao, F., 2011, Effects of a phospholipase D inhibitor on postharvest enzymatic browning and oxidative stress of litchi fruit, Postharvest Biology and Technology, 62: 288-294.

You, Y., Jiang, Y., Sun, J., Liu, H., Song, L. and Duan, X., 2012, Effects of short-term anoxia treatment on browning of fresh-cut Chinese water chestnut in relation to antioxidant activity, Food Chemistry, 118: 1191-1196.

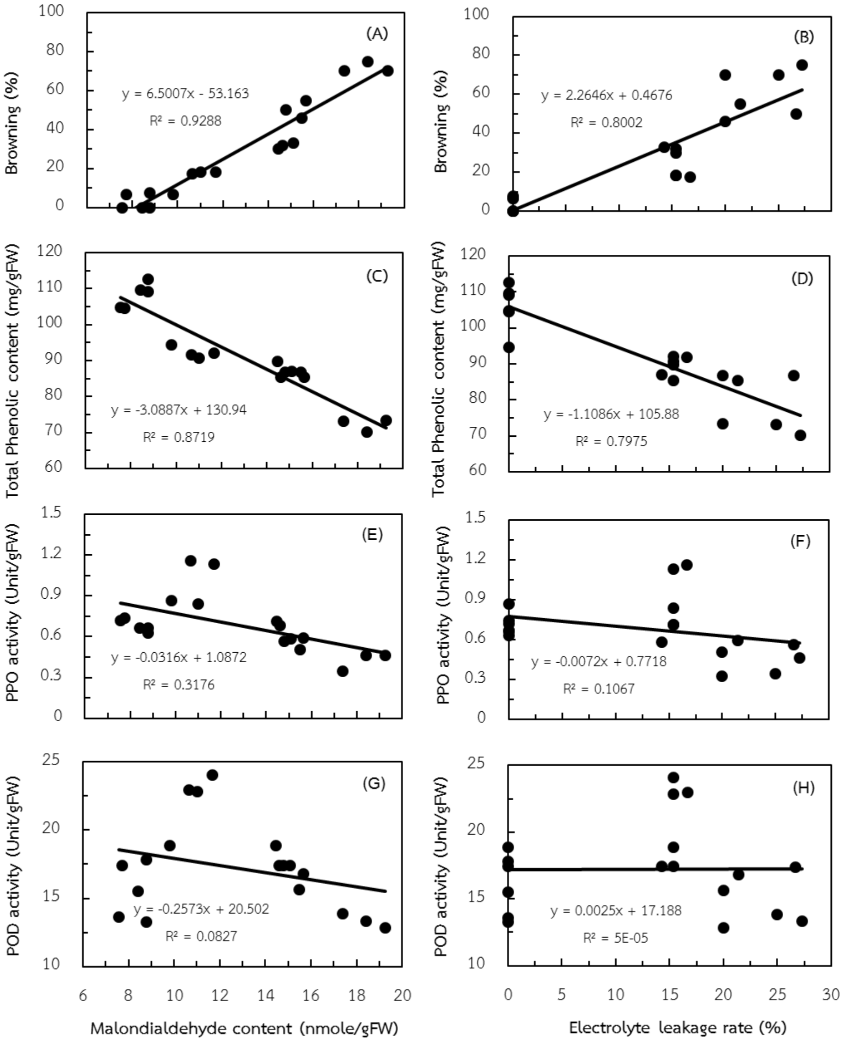


Figure 1 Correlation between membrane damage (MDA content and EL rate) and pericarp browning (% browning, total phenol content, PPO activity and POD activity) of longkong fruits during storage at ambient temperature. **

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 529-532 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 529-532 (2561)

ประสิทธิภาพของขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพในการชะลอการสุกและยืดอายุกล้วยหอมทอง
Effect of Improved Rice Husk Ash for Delay Ripen and Increase Shelf Life of Cavendish Banana

กิตติ เมืองตุ้ม[1]
Mueangtoom, K.[1]

Abstract

This research aimed to study the effect of improved rice husk ashes for delay ripening and prolong shelf life of Cavendish banana by adsorbing the ethylene production. For the characteristic of rice husk ashes, the pore size distribution was 8.47 nm which could bind glycerol and potassium per manganate ($KMnO_4$) for delay ripening of fruit. Anti-ripening period was determined by total soluble solid or sweetness testing of 50% ripe banana (12.75 ^{o}Brix) to 100 % ripe banana (25.50 ^{o}Brix). The result showed the 7.5% (w/w) of anti-ripening agent added rice husk ash could delay ripening of Cavendish banana stored at room temperature for 2 weeks with anti-ripening period of 60 % (15.45^{o}Brix) which was compared to control treatment that show 100 % ripe banana.

Keywords: rice ash, delay ripening, banana, anti-ripening agent

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพสำหรับชะลอการสุกและยืดอายุกล้วยหอมทอง โดยการใช้ขี้เถ้าแกลบร่วมกับสารดูดซับก๊าซเอทธิลีน จากการศึกษาพบว่า ลักษณะของขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพมีลักษณะเป็นรูพรุน มีขนาดของรูพรุน 8.47 นาโนเมตร โดยสามารถตรึงกับกลีเซอรอล และโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ภายในรูพรุนของขี้เถ้าแกลบ เพื่อชะลอการสุกของกล้วยหอมทอง และเมื่อทดสอบการยืดอายุการเก็บรักษาของกล้วยหอมทองจากเริ่มต้นที่กล้วยมีการสุกร้อยละ 50 (12.75 องศาบริกซ์) จากการคาดคะเนด้วยความหวาน โดยให้ความหวานของกล้วยสุกเป็นร้อยละ 100 (25.50 องศาบริกซ์) จากการวิจัย พบว่า การใช้ขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพร้อยละ 7.5 ต่อน้ำหนักกล้วย ใช้ระยะเวลาในการสุกจนถึงระดับความสุกที่ร้อยละ 60 (15.45 องศาบริกซ์) ในเวลา 14 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่ขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพมีระดับความสุกที่ร้อยละ 100 สรุปว่าขี้เถ้าเสริมฤทธิ์สามารถชะลอการสุกของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ได้นานถึง 2 สัปดาห์

คำสำคัญ: ขี้เถ้าแกลบ การชะลอการสุก กล้วยหอมทอง สารชะลอการสุก

คำนำ**

กล้วยหอมเป็นผลไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ที่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภูมิภาคและมีศักยภาพในการส่งออกไปขายยังต่างประเทศ โดยเฉพาะกล้วยหอมทอง ซึ่งเป็นที่ต้องการของประเทศญี่ปุ่นและจีน (เจนจิรา และคณะ, 2560) แต่อย่างไรก็ตามการส่งออกกล้วยหอมทอง มีข้อจำกัด คือ อายุการ เก็บรักษา เนื่องจากกล้วยจัดเป็นผลไม้ประเภท Climacteric fruit ซึ่ง มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพค่อนข้างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะ อย่างยิ่งการสุกที่นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากในช่วงระยะการสุกนี้ผลกล้วยจะมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทธิลีนเพิ่มอย่างรวดเร็ว ซึ่งทั้งอัตราการหายใจและการผลิต เอทธิลีนที่เพิ่มขึ้น นี้จะส่งผลทำให้เกิดการเร่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และสรีรวิทยาต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ รสชาติ ตลอดจนเนื้อสัมผัส ซึ่งจะนำไปสู่การเสื่อมสภาพและเกิดการสูญเสีย (พรชัย และคณะ, 2551) ดังนั้นการศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการชะลอการสุกของผลกล้วยหอมทองจึงนับว่ามีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเป็นอย่างยิ่ง วิธีการชะลอการสุกในผลไม้สามารถทำได้ หลายวิธี เช่น การใช้สารเคมี 1-เมทิล ไซโคลโพรพีน (ปวีณพล และวาสนา, 2558) การใช้อุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ และการใช้สารดูดซับเอทธิลีน ซึ่งสารดูดซับเอทธิลีนที่รู้จักกันดีคือด่างทับทิม (potassium permanganate : $KMnO_4$) ด่างทับทิมสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเอทธิลีนทำให้เกิดเป็นสารใหม่คือ

[1] หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
[1] Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Maung District, Uttaradit province. 53000

แมงกานีสไดออกไซด์ (manganese dioxide) และเอทธิลีนไกลคอล (ethylene glycol) ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นเอทธิลีนได้อีก แต่มีข้อสังเกตว่าการใช้วัสดุดูดซับด่างทับทิมนั้นควรเป็นวัสดุที่มีความโปร่งพรุนสูง และเป็นสารอนินทรีย์ เนื่องจากด่างทับทิมเป็นออกซิไดซิงเอเจนท์ (oxidizing agent) อย่างแรงซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารอินทรีย์ ดังนั้นจึงไม่อาจใช้ด่างทับทิมร่วมกับขี้เลื่อย ฟาง หรือกระดาษ ในขณะที่ขี้เถ้าแกลบ เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงสีข้าว ซึ่งมีคุณสมบัติของการมีรูพรุน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเสริมสารชะลอการสุกที่มีคุณสมบัติการดูดซับเอทธิลีน ในขี้เถ้าแกลบ เพื่อชะลอการสุกของกล้วยหอมทอง

อุปกรณ์และวิธีการ**

การเตรียมตัวอย่างขี้เถ้าแกลบ โดยขี้เถ้าแกลบในงานวิจัยนี้ได้มาจากกระบวนการผลิตข้าวนึ่งขัดเปลือก โรงสีข้าว ต. ประเสริฐ อุตรดิตถ์ จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งทำการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส โดยที่ขี้เถ้าแกลบมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.24 และวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานของขี้เถ้าแกลบโดยใช้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

การเตรียมกล้วยหอมทอง โดยทำการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทองจาก อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยเก็บเกี่ยวผลกล้วยที่สุกแก่ประมาณร้อยละ 50 (12.75 องศาบริกซ์) นำมาตัดแบ่งออกให้เป็นผล ทำการคัดขนาดกล้วยที่มีขนาดผลสม่ำเสมอกันและสีที่ใกล้เคียงกัน และผลที่ไม่มีตำหนิปราศจากโรคและแมลง ทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าและล้างฆ่าเชื้อสารละลายโซเดียมไฮโปรครอไรท์ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำกล้วยมาบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ทำการใส่สารดูดซับเอทธิลีนด้วยกรรมวิธีต่างๆ ตามแผนการทดลอง จากนั้นนำกล้วยมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 35±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65±2 เป็นเวลา 14 วัน

การวางแผนการทดลอง โดยทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design**: CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ผล ซึ่งมีกรรมวิธีทั้งหมดได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ใส่สารดูดซับเอทธิลีน) กรรมวิธีที่ 2 $KMnO_4$ กรรมวิธีที่ 3 ขี้เถ้าแกลบผสมสารเสริมฤทธิ์ดูดซับเอทิลีน คือ กลีเซอรอล ร้อยละ 0.1 $KMnO_4$ ร้อยละ 50 และ propylene glycol USP ร้อยละ 0.1 กรรมวิธีที่ 4 ขี้เถ้าแกลบไม่ผสมสารเสริมฤทธิ์ ทำการบรรจุกล้วยลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 24.4×40.4×17.7 เซนติเมตร จากนั้นวางสารดูดซับเอทธิลีนชนิดต่างๆ ในกล่องกระดาษลูกฟูก ในอัตราส่วน 7.5 กรัม ต่อน้ำหนักกล้วย 100 กรัม แล้วนำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง 35±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65±2 บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็น ระยะเวลา 7 วัน การบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิต โดยการสังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วย ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Hand refractometer Atago รุ่น PAL-1 และการเปลี่ยนแปลงสีผิวกล้วยโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Quest XE) แสดงผลเป็นค่า L*, a* และ b* นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผล***

เมื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของขี้เถ้าแกลบด้วย SEM พบว่าโครงสร้างจุลภาคของขี้เถ้าแกลบ มีขนาดรูพรุน 8.47 นาโนเมตร และเมื่อทำปฏิกิริยากับกรีเซอรอล ในรูพรุนมีการเปลี่ยนแปลง คือ ความพรุนตัวของขี้เถ้าแกลบมีน้อยลงโดยอนุภาคของซิลิกอนเกาะกลุ่มกันอย่างแน่นหนา ทำให้สามารถดักจับกับ KMnO4 และ propylene glycol USP ได้ดี โดยไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ของ KMnO4 (Figure 1)

เมื่อนำกล้วยหอมทองบรรจุในกล่องที่ใส่สารทดสอบชนิดต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่ากรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 3 และ กรรมวิธีที่ 4 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของกล้วยได้ดีกว่าชุดควบคุม (Figure 2) โดยกล้วยที่บรรจุในกล่องที่กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 3 ช่วยชะลอการสุกของกล้วยหอมทองได้ดีกว่าชุดควบคุมและกรรมวิธีที่ 4 โดยผลเริ่มสุกในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลกล้วยในชุดควบคุมผลกล้วยเริ่มสุกในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และผลกล้วยที่บรรจุในกล่องกรรมวิธีที่ 4 ผลกล้วยเริ่มสุกในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (Figure 2)

ในการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ หลังจากที่เก็บไว้เป็นเวลา 14 วัน พบว่ากล้วยในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่า 25.50 °Brix (คิดเป็นการสุกร้อยละ 100) ซึ่งมีค่ามากกว่ากล้วยหอมทองที่บรรจุในกล่องที่ใส่สารดูดซับ เอทธิลีนทุกชนิดมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ระหว่าง 15.45-20.35 °Brix (ร้อยละ60 -80) โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในทุกกรรมวิธีจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น แสดงให้เห็นว่ากล้วยหอมทองในทุกกรรมวิธีมีการสุกเพิ่มขึ้น เนื่องจากกล้วยเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และการใส่สารดูดซับเอทธิลีนในบรรจุภัณฑ์ สามารถช่วยชะลอการสุกของกล้วยได้ดีเนื่องจากมี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าชุด ควบคุม โดยกรรมวิธีที่ 3 ให้ผลที่ดีที่สุด (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษาของวุฒิรัตน์ และคณะ (2550)

การเปลี่ยนแปลงสีผิวด้านนอกของกล้วย ได้แก่ ค่า L* (ความสว่าง), a* (สีเขียว) และ b* (สีเหลือง) พบ ว่าในวันที่ 14 ของการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่ใส่สารดูดซับ เอทธิลีนทุกกรรมวิธีมีค่า L*, a* และ b* แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกล้วยหอมทองในชุดควบคุม โดยพบว่ากล้วยที่เก็บด้วยกรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 3 มีค่า L*,a*,b* น้อยที่สุด โดยมีค่า L* = 59.94, a* =-12.12 และ = b* =55.43 (กรรมวิธีที่ 2) และ L* = 55.63, a* =-21.35 และ b* =50.55 (กรรมวิธีที่ 3) ตามลำดับ จากผลของค่าสีเปลือกและร้อยละความสุก พบว่ากรรมวิธีที่ 3 เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุด ในขณะที่กล้วยหอมทองในชุด ควบคุมมีค่า L*,a*,b* เท่ากับ L* = 64.61, a* = 2.58 และ = b* =60.46 ดังแสดงใน Table 2 โดยที่หากค่า L*(ความสว่าง) มีค่าเข้าใกล้ 100 แสดง ว่าตัวอย่างมี สีสว่างมาก, ค่า a* ที่เป็นบวก แสดงว่า ตัวอย่างเป็นสีแดงหรือน้ำตาลคล้ำ ในขณะที่ค่าเป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างมีสีเขียว และค่า b* ที่เป็นบวกมากแสดง ว่าตัวอย่างเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการทดลอง พบว่ากล้วยหอมทองในชุดควบคุมมีสีสว่างมากและแนวโน้ม เข้าใกล้สีเหลือง แสดงให้เห็นว่าก๊าซเอทธิลีนที่ผลิตจากกล้วยหอมทองกระตุ้นให้สุกเร็วขึ้น (พรชัย และคณะ, 2551)

สรุป

กรรมวิธีในการใช้สารดูดซับเอทธิลีนในรูปแบบขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพ (กลีเซอรอล KMnO4 และ propylene glycol USP) พบว่าสามารถช่วยชะลอการสุกและช่วยยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานขึ้น และช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของเปลือกกล้วยได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ โดยพบว่ากล้วยหอมทองที่บรรจุในกล่องที่ใส่ขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพได้ผลดีที่สุด สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานที่สุด 14 วัน ซึ่งคิดเป็นความสุกที่ระดับร้อยละ 60 ซึ่งสามารถรับประทานได้ และสำหรับผู้ที่ต้องการรับประทานกล้วยสุกจัด ให้นำขี้เถ้าเสริมประสิทธิภาพ ออกจากกล่องบรรจุภัณฑ์ และตั้งทิ้งไว้ จะได้กล้วยที่สุก 95-100 ในเวลา 1-2 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานเลขานุการคณะกรรมการส่งเสริมกิจการอุทยานวิทยาศาสตร์ (สอว.) และโครงการอุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์สำหรับการสนับสนุนงบวิจัยร่วมภาคเอกชน (Co-research) และบริษัท โรงสีข้าว ต. ประเสริฐ อุตรดิตถ์ จำกัด สำหรับการร่วมสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง**

เจนจิรา วงศ์วรรณ, นฑินี อนุประเสริฐ, วิไลรัฐ ผึ้งไผ่งาม และ ศิริพร เผือกผ่อง, 2560, กลยุทธ์การตลาดเพื่อพัฒนาการส่งออกสินค้าชุมชน ประเภทกล้วยหอมทอง ของสหกรณ์การเกษตรท่ายาง จำกัด อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี, รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 6 วิทยาการจัดการ 2017: การวิจัยยุคประเทศไทย 4.0. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, เชียงราย, หน้า 302-310.

ปวีณพล คุณารูป และ วาสนา พิทักษ์พล, 2558, ผลของ 1-เมทิล ไซโคลโพรพีนต่อการชะลอการสุกและคุณภาพกล้วยกรอบ ของกล้วยไข่พันธุ์พระตะบอง, วารสารแก่นเกษตร, ฉ.43(พิเศษ 1):126-131.

พรชัย ราชตนพันธุ์, พิชญาภรณ์ มูลพฤกษ์ และ ภัทริน วงศ์โกศลจิต, 2551, การประยุกต์ใช้สารดูดซับเอทธิลีนจากไดอะทอไมต์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง, การประชุม วิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 6, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ฉ.39(พิเศษ 3): 111-114.

วุฒิรัตน์ พัฒนิบูลย์, พรชัย ราชตนะพันธุ์ และ พิชญา บุณประสม, 2550, การผลิตสารดูดซับเอทธิลีนเพื่อยืดอายุหลัง การเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ฉ.38(พิเศษ 5): 325-328.

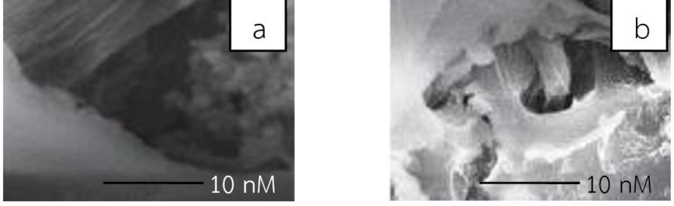


Figure 1 Micrographs of rice ash ash showing the structure of the interpore partitions: (a) without Glycerol and (b) with Glycerol binding

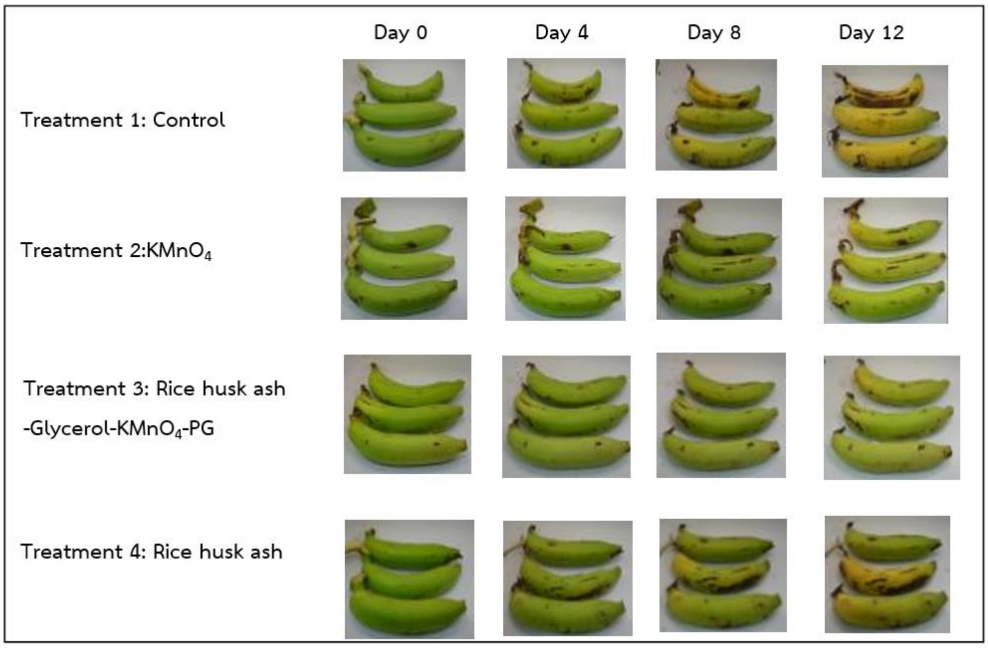


Figure 2 Effect of ethylene absorber on fruit peel appearance of Cavendish banana during storage at room temperature.

Table 1 Effect of ethylene absorber on total soluble solids of Cavendish banana during storage at room temperature for 14 days.

Treatment	Total Soluble solids (°Brix)	Ripening index (%)
Control	25.50 ± 0.35	100.00
KMnO4	19.55 ± 0.64	76.63
Rice husk ash-Glycerol-KMnO4-PG	15.45 ± 0.71	60.56
Rice husk ash	20.35 ± 0.42	79.77

Table 2 Effect of ethylene absorber on fruit peel appearance of Cavendish banana during storage at room temperature for 1, 7 and 14 days.

Treatment	Banana fruit peel color								
	Day1			Day 7			Day 14		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Control	46.17^{b}	-26.75^{a}	48.91^{a}	51.67^{a}	-12.84^{a}	55.30^{a}	64.61^{a}	2.58^{a}	60.46^{a}
KMnO4	48.79^{a}	-26.43^{a}	48.84^{a}	49.44^{b}	-19.65^{c}	49.83^{c}	59.94^{c}	-12.12^{c}	52.43^{c}
Rice husk ash-Glycerol-KMnO4-PG	47.67^{ab}	-27.04^{a}	48.65^{a}	49.12^{b}	-25.43^{d}	49.75^{c}	55.63^{d}	-21.35^{d}	50.55^{c}
Rice husk ash	48.12^{a}	-26.88^{a}	49.18^{a}	50.42^{a}	-17.98^{b}	51.84^{b}	60.34^{b}	-9.85^{b}	55.74^{b}

$^{a-d}$ Means in the same column with the different letters are significantly different at P ≤ 0.05 by DMRT

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 533-536 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 533-536 (2561)

ผลของความเข้มข้นสารสกัดแทนนินต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู
Effects of Tannin Extract Concentration on Quality of Chili Seeds

พิจิตรา แก้วสอน[1] ศุภกร สมิงดาว[1] ปริยานุช จุลกะ[1] และ จรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร[1]
Kaewsorn, P.[1], Poomingdow, S.[1], Chulaka, P.[1] and Chunthawodtiporn, J.[1]

Abstract

The effect of tannin extract concentration on quality of chili seeds was conducted. Seeds were soaked in high concentration of tannin solution of 0 ppm (reverse osmosis water) 50, 100, 150, 200, 250 and 300 ppm for 24 hours at 20°C compared with non-soaked seeds. The results showed that soaking seeds in 0 ppm tannin solution had the highest germination, earliest days to emergence (DTE) and earliest mean of germination time. Soaking seeds in 50 ppm tannin solution had higher germination than that in 100-300 ppm tannin solution. Moreover, seeds were then soaked in low concentration of tannin solution (0, 10, 20, 30 and 40 ppm), compared with non-soaked seeds. Results showed that soaking seeds in 10 and 20 ppm tannin solution had the highest germination and fastest DTE, but there were non-significantly different with soaking seeds at 0 ppm tannin solution and non-soaked seeds.
Keywords: germination, seed vigor, speed of germination, inhibition of germination

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของความเข้มข้นสารสกัดแทนนินต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู โดยการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนิน ความเข้มข้นสูง ใช้ความเข้มข้น 0 ppm (น้ำ reverse osmosis) 50 100 150 200 250 และ 300 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20°C เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลาย พบว่า การแช่เมล็ดพริกในสารละลายแทนนิน 0 ppm ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (DTE) เร็วที่สุด และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด ส่วนการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนิน 50 ppm มีความงอกสูงกว่าการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนิน 100-300 ppm เมื่อนำเมล็ดมาแช่ในสารละลายแทนนินความเข้มข้นต่ำ (0 10 20 30 และ 40 ppm) เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลาย พบว่าการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนิน 10 และ 20 ppm มีความงอกสูงที่สุด และมี DTE เร็วที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนิน 0 ppm และเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลาย
คำสำคัญ: ความงอก ความแข็งแรงของเมล็ด ความเร็วในการงอก ยับยั้งการงอก

คำนำ*

พริกขี้หนู (chili) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum annuum* L. อยู่ในวงศ์ Solanaceae เป็นพริกที่ได้รับความนิยมในการบริโภคในประเทศไทยมากที่สุด เพราะมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์และรสเผ็ด (ทวีศักดิ์, 2557) ในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยส่งออกพริกแห้งปริมาณ 9,086 ตัน มูลค่า 468,956,687 บาท และนำเข้าพริกแห้งปริมาณ 72,366.25 ตัน มูลค่า 5,191,291,373 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) พริกขี้หนูแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ พริกขี้หนูผลเล็ก มีลักษณะเด่น คือ ผลขนาดเล็ก มีความยาวผลน้อยกว่า 3 ซม. รสเผ็ดจัด และพริกขี้หนูผลใหญ่ มีความยาวผล 3-8 ซม. มีรสเผ็ด (วิลาวัลย์, 2559) พริกขี้หนูพันธุ์ดำเนิน 1 จัดเป็นพริกขี้หนูผลใหญ่ที่มีความยาวผล 5 ซม. และเก็บเกี่ยวผลในระยะผลสีเขียวและสีแดง มีอายุเก็บเกี่ยว 70-75 วันหลังปลูก (บริษัท ที เอส เอ จำกัด, 2559) ปัจจุบันการปลูกพริกนิยมเพาะกล้าก่อนย้ายปลูกลงแปลง เพราะได้ต้นกล้าที่แข็งแรงและใช้เมล็ดพันธุ์น้อยกว่าการปลูกลงในแปลงโดยตรง (พิทักษ์, 2540) แต่ปัญหาที่เกษตรกรมักพบ คือ เมล็ดงอกต่ำและไม่สม่ำเสมอ ทำให้ยากต่อการวางแผนการปลูก ปี 1972 Corcoran และคณะ รายงานว่าสารแทนนินมีผลในการยับยั้งหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงส่งเสริมการงอกของเมล็ด ต่อมา Muthukumar และคณะ (1985) พบว่าสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นสูงกว่า 4% (40,000 ppm) ยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าวและถั่วลิสง (Muscolo และคณะ, 2001) นอกจากนี้ Zhang และคณะ (2014) รายงานว่าสารละลายกรดแทนนิก (tannic acid) ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 0.2 กรัมต่อลิตร (200 ppm) มีผลยับยั้งการ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

งอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลายแทนนินต่อการกระตุ้นความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนูเพื่อประโยชน์ในการเพาะกล้า

อุปกรณ์และวิธีการ*

<u>การทดลองที่ 1</u> ผลของสารสกัดแทนนินที่ความเข้มข้นสูงต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริก

นำเมล็ดพริกขี้หนูพันธุ์ดำเนิน 1 (บริษัท ที เอส เอ จำกัด) แช่ในสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลัง ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ ได้แก่ condensed tannin: catchin* ความเข้มข้น 1,500 ppm และ hydrolyzed tannin: gallotannin ความเข้มข้น 50 ppm ซึ่งสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 15% ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 2 บาร์ ประมาณ 3 ชั่วโมง (ศูนย์สารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการเกษตรและการจัดการทรัพยากร) ที่ความเข้มข้น 0 ppm (น้ำ reverse osmosis; RO) 50 100 150 200 250 และ 300 ppm ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 24 ชม. เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลาย (control) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD)* มี 8 ทรีทเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นนำเมล็ดมาทดสอบความงอกมาตรฐานด้วยวิธี top of paper (TP) ที่อุณหภูมิสลับ 20-30°C โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติครั้งแรก ที่ 7 วัน หลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้ายที่ 14 วัน หลังเพาะเมล็ด (ISTA, 2014) บันทึกข้อมูลความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก

<u>การทดลองที่ 2</u> ผลของสารสกัดแทนนินที่ความเข้มข้นต่ำต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริก

นำเมล็ดพริกขี้หนูพันธุ์ดำเนิน 1 มาแช่ในสารสกัดแทนนินที่ระดับความเข้มข้น 0 10 20 30 และ 40 ppm ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 24 ชม. เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลาย (control) วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 6 ทรีทเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด บันทึกข้อมูล ความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก

ผลและวิจารณ์ผล

<u>การทดลองที่ 1</u> ผลของสารสกัดแทนนินที่ความเข้มข้นสูงต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริก

เมล็ดพันธุ์พริกขี้หนูที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้ความงอกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 ppm มีความงอกสูงที่สุด คือ 80.50% แสดงว่าการแช่เมล็ดในน้ำมีผลต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ด โดยมีความงอกเพิ่มขึ้น 7.50% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลายมีความงอกเพียง 73.00% (Table 1) เพราะการแช่เมล็ดในน้ำทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนตัวลง น้ำและออกซิเจนสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ดได้มากขึ้น และช่วยเพิ่มอัตราเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเมล็ดที่ส่งผลต่อการงอกได้ (Copeland และ McDonald, 1995) สอดคล้องกับ กาญจนา (2559) รายงานว่าการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู ‘สามเดือน’ โดยการแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 8 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าการไม่แช่เมล็ดในน้ำ เมื่อพิจารณาเมล็ดพริกที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 50-300 ppm พบว่า เมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 50 ppm มีความงอกสูง 65.50% ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 100-300 ppm ซึ่งส่งผลทำให้เมล็ดไม่งอกหรือมีความงอกต่ำเพียง 6.50% (Table 1) แสดงว่าการแช่เมล็ดพริกในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นสูงกว่า 50 ppm มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด โดยเมล็ดที่ไม่งอกส่วนใหญ่เป็นเมล็ดสดไม่งอก ซึ่งอาจมีการพักตัว และพบเมล็ดตายเป็นจำนวนมาก (ข้อมูลไม่ได้แสดง) อาจเป็นเพราะสารละลายแทนนินที่ ความเข้มข้นสูงไปทำลายเอ็มบริโอภายในเมล็ด ซึ่งสารแทนนินอาจยับยั้งเอนไซม์ glucose-6-phosphate dehydrogenase, glucose phosphate isomerase และ aldolase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำตาล จึงมีผลทำให้เมล็ดไม่งอก (Muscolo และคณะ, 2001) เมล็ดพันธุ์พริกที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นต่างๆ มีผลทำให้จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence; DTE) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 ppm มี DTE เร็วที่สุด คือ 4.76 วัน ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลายและเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ ความเข้มข้น 50 ppm มี DTE 5.24 และ 5.69 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการแช่เมล็ดในน้ำ (0 ppm) ช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ด จึงทำให้เมล็ดแทงรากได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่แช่เมล็ดในสารละลาย สอดคล้องกับ ประเสริฐ (2542) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกบางช้างด้วยน้ำ (hydropriming) ทำให้เมล็ดมี DTE เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ส่วนเมล็ดพันธุ์พริกที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 100-300 ppm ไม่สามารถคำนวณหาค่า DTE ได้ เนื่องจากเมล็ดมีความงอกต่ำมากหรือเมล็ดไม่งอกเลย เมล็ดพันธุ์พริกที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 ppm มี MGT เร็วที่สุด คือ 10.50 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลาย (10.95 วัน) แสดงว่าการแช่เมล็ดพริกในน้ำ (0 ppm) เป็นเวลา 24 ชม. ไม่มีผลทำให้เมล็ดงอกจนกระทั่งเป็นต้นอ่อนสมบูรณ์ได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับ นิติภูมิ (2555) รายงานการ

เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกหยวกด้วยการแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 8 ชม. ทำให้เมล็ดมี MGT ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ส่วนเมล็ดพริกที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 50 ppm มี MGT ช้าที่สุด คือ 11.55 วัน แสดงว่าการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 50 ppm มีผลชะลอการงอกของเมล็ดให้ช้าลงประมาณ 1 วัน

<u>การทดลองที่ 2</u> ผลของสารสกัดแทนนินที่ความเข้มข้นต่ำต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริก

การแช่เมล็ดพันธุ์พริกขี้หนูในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 10 20 30 และ 40 ppm เป็นเวลา 24 ชม. มีผลทำให้ความงอกมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 และ 10 ppm มีความงอกสูงที่สุด คือ 93.00% เท่ากัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 20 ppm และเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลาย โดยมีความงอก 91.00 และ 89.50% ตามลำดับ แสดงว่าการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 10 20 ppm และเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลายแทนนิน ไม่มีผลทำให้เมล็ดงอกได้เพิ่มขึ้น ส่วนเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 30 และ 40 ppm มีความงอกต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 74.50 และ 71.00% ตามลำดับ แสดงว่าการแช่เมล็ดพริกในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 30 และ 40 ppm มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด โดยเมล็ดที่ไม่งอกส่วนใหญ่เป็นเมล็ดสดไม่งอก (ข้อมูลไม่ได้แสดง) ซึ่งเมล็ดอาจมีการพักตัว อาจเป็นเพราะสารละลายแทนนินความเข้มข้นสูงไปยับยั้งการงอกของเมล็ด เมล็ดพันธุ์พริกที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 10 ppm มี DTE เร็วที่สุด คือ 6.09 วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 20 ppm และเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลายแทนนิน มี DTE 6.93 6.15 และ 6.73 วัน ตามลำดับ แสดงว่าการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นต่ำ 0 10 20 ppm และเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลายแทนนิน ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีการแทงรากได้เร็วขึ้น ส่วนเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 30 ppm มี DTE ช้าที่สุด คือ 7.62 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 40 ppm (7.59 วัน) เมื่อพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด (Table 2) พบว่าเมล็ดพันธุ์พริกที่แช่ในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลายแทนนิน พบว่าไม่มีผลทำให้ MGT แตกต่างกันทางสถิติ โดยมี MGT ประมาณ 11.56-11.65 วัน แสดงว่าการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนินทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น

สรุป

การแช่เมล็ดพันธุ์พริกขี้หนูในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 ppm เป็นเวลา 24 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็วที่สุด และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด ส่วนการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นสูง 50-300 ppm มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด นอกจากนี้การแช่เมล็ดในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้นต่ำ 10 และ 20 ppm ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลายแทนนินที่ความเข้มข้น 0 ppm และเมล็ดที่ไม่แช่ในสารละลาย

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา สวัสดี, 2559, ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดพริกขี้หนูพันธุ์สามเดือน, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ, 2557, การปลูกพริกเชิงพาณิชย์, ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร, พิจิตร.

นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์, 2555, ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท ที เอส เอ จำกัด, 2559, พริกขี้หนู ‘ดำเนิน 1’ [สืบค้น], http://www.thaiseed.co.th, [26 กุมภาพันธ์ 2560].

ประเสริฐ ประภานภสินธุ์, 2542, การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกด้วยวิธี Hydropriming และ Osmopriming, ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทักษ์ เทพสมบูรณ์, 2540, การปลูกพริก, อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

วิลาวัลย์ ใคร่ครวญ, 2559, พริกของไทย…พริกใหญ่ พริกเล็ก [สืบค้น], http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n17/v_3-apr/korkui.html, [31 มีนาคม 2560].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559, ระบบแสดงข้อมูลด้านสถิติ [สืบค้น], http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php, [31 มีนาคม 2560].

Copeland, L.O. and McDonald, M.B., 1995, Seed Science and Technology, Chapman and Hill, New York.

Corcoran, R.M., Geissman, T.A. and Phinney, B.O., 1972, Tannins as gibberellin antagonists, Plant Physiology, 49:323-330.

International Seed Testing Association, 2014, International Rules for Seed Testing. Bassersdolf, Switzerland.

Muscolo, A., Panuccio, M.R. and Sidari, M., 2001, The ascorbate system during the early stage of germination in pinus larício seeds treated with extracts from two different sources of humus, Seed Science and Technology, 29: 275-279.

Muthukumar, G., Sivaramakrichnan, R. and Mahadevan, A., 1985, Effect of tannins on plants and on their productivity, Proceedings of the Indian National Science Academy, 51(2):270-281.

Zhang, E., Zhao, R., Li, L. and Zhang, S., 2014, Effects of exogenous tannic acid, salicylic acid and their mixture on tomato seed germination, China Vegetables, 1:31-36.

Table 1 Germination, days to emergence (DTE) and mean germination time (MGT) of treated chili seed in high concentration of tannin solution.

Treatment	Germination (%)	DTE (day)	MGT (day)
Non-treated seed (control)	73.00 b[1/]	5.24 b	10.95 a
0 ppm (RO water)	80.50 a	4.76 a	10.50 a
50 ppm	65.50 c	5.69 c	11.55 b
100 ppm	6.50 d	n/a	n/a
150 ppm	0.00 d	n/a	n/a
200 ppm	0.00 d	n/a	n/a
250 ppm	0.00 d	n/a	n/a
300 ppm	0.00 d	n/a	n/a
F-test	*	*	*
CV (%)	14.59	4.39	3.09

[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)
n/a Not available because low seed germination

Table 2 Germination, days to emergence (DTE) and mean germination time (MGT) of treated chili seed in low concentration of tannin solution.

Treatment	Germination (%)	DTE (day)	MGT (day)
Non-treated seed (control)	89.00 a[1/]	6.73 ab	10.88
0 ppm (RO water)	93.00 a	6.93 ab	11.60
10 ppm	93.00 a	6.09 a	10.65
20 ppm	91.00 a	6.15 a	10.63
30 ppm	74.50 b	7.62 b	11.55
40 ppm	71.00 b	7.59 b	11.65
F-test	*	*	ns
CV (%)	8.58	10.60	5.39

[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)
n/a Not available because low seed germination

ผลของแสงยูวีต่อคุณภาพผลของมะเขือเทศเชอรี่ในระหว่างการวางจำหน่าย
Effect of UV Radiation on the Quality of Shelved Cherry Tomato

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[1] สุวรรณี ชะเอม[1] การิตา จงเจือกลาง[1] และ เจนจิรา เชาว์ไว[1]
Kotepong, P.[1], Cha-aem, S.[1], Chongchuaklang, K.[1] and Chaowai, J.[1]

Abstract*

This study examined the effect of type of UV light on quality of cherry tomato cv. CH154 during the shelf life period. Cherry tomatoes were packed on polyvinyl chloride (PVC) trays in the amount of 250 gram/tray. They were put in low density polyethylene (LDPE) bags and placed on the shelf at 5 °C under different conditions of UV exposure at 2 kJ/m^2 for 5 minutes per day. The sample was experimented under four different conditions: 1) no UV exposure (control), 2) UV-A exposure, 3) UV-B exposure, and 4) UV-C exposure. All treatments were exposed to fluorescent lights for 12 hours per day for simulating shelf life conditions. The results of experiment showed that exposed UV on cherry tomato of all treatments had higher score on firmness, red color (a*), total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), vitamin C content and overall acceptability than control of untreated UV during the shelf life period of 21 days. Cherry tomato of UV-B treatment and UV-C treatment had higher quality than cherry tomato of UV-A treatment. Thus, the experiment results indicated that UV could prolong shelf life of cherry tomato.
Keywords: cherry tomato, UV radiation, fruit quality, shelf life

บทคัดย่อ*

ศึกษาชนิดของแสงยูวีต่อคุณภาพผลมะเขือเทศเชอรี่ในระหว่างการวางจำหน่ายโดยบรรจุมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ CH154 บนถาด polyvinyl chloride (PVC) จำนวน 250 กรัม/ถาด แล้วใส่ในถุงพลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) หลังจากนั้นนำไปวางบนตู้วางจำหน่ายสินค้าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ภายใต้การได้รับแสงยูวีแตกต่างกันที่ระดับความเข้มแสง 2 kJ/m^2 เป็นเวลา 5 นาทีต่อวัน มี 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ได้รับแสงยูวี (กรรมวิธีควบคุม) 2) ได้รับแสงยูวีเอ 3) ได้รับแสงยูวีบี และ 4) ได้รับแสงยูวีซี โดยทุกกรรมวิธีจะได้รับแสงฟลูออเรสเซนต์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อจำลองสภาพการวางจำหน่าย พบว่า ผลมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีทุกกรรมวิธีในระหว่างการวางจำหน่ายเป็นเวลา 21 วัน มีคุณภาพผลทางด้านความแน่นเนื้อผล ค่าสีแดง (a*) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับแสงยูวี โดยผลมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีบีและแสงยูวีซีมีคุณภาพผลดีกว่าแสงยูวีเอ ดังนั้นจากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าการใช้แสงยูวีสามารถช่วยในการยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะเขือเทศเชอรี่ได้
คำสำคัญ: มะเขือเทศเชอรี่ แสงยูวี คุณภาพผล การวางจำหน่าย

คำนำ**

มะเขือเทศเชอรี่เป็นมะเขือเทศรับประทานผลสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบภายในผลมาก ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่ายได้ง่าย การใช้แสงเป็นวิธีการหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาซึ่งเป็นวิธีที่ไม่เป็นอันตรายต่อผลผลิต ต้นทุนต่ำ และรักษาสภาพแวดล้อม (Manzocco และคณะ, 2009) แสงยูวีเป็นแสงที่มีพลังงานมากที่สุดในช่วงความยาวคลื่นสั้นกว่าคลื่นแสงที่มองเห็น (visible light) อยู่ในช่วง 100-400 นาโนเมตร แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) แสงยูวีเอ (UV-A) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แสงคลื่นยาว มีช่วงความยาวคลื่น 315-400 นาโนเมตร แสงยูวีบี (UV-B) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แสงคลื่นกลาง มีช่วงความยาวคลื่น 280-315 นาโนเมตร และ 3) แสงยูวีซี (UV-C) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แสงคลื่นสั้น มีช่วงความยาวคลื่น 100-280 นาโนเมตร จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การให้แสงยูวีเอสามารถรักษาสีของผลมะเขือเทศได้ (Maneerat และคณะ, 2003) นอกจากนี้แสงยูวีบีสามารถรักษาความแน่นเนื้อ ชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซี และการเปลี่ยนแปลงสีของมะเขือเทศ

[1]กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1]Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900

(Liu และคณะ, 2011) ในขณะที่ Cote และคณะ (2013) รายงานว่า มะเขือเทศที่ผ่านการให้แสงยูวีซีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงน้อยกว่ามะเขือเทศที่ไม่ได้รับแสง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงศึกษาชนิดของแสงยูวีต่อคุณภาพผลมะเขือเทศเชอรี่เพื่อยืดอายุการวางจำหน่าย

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ CH154 ในระยะผลสุกเต็มที่ (ผลสีแดง) จากแปลงเกษตรกร อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม ขนส่งโดยรถห้องเย็นมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตร นำผลมะเขือเทศเชอรรี่ มาล้างทำความสะอาดแล้วบรรจุมะเขือเทศเชอรรี่ลงในถาด polyvinyl chloride (PVC) จำนวน 250 กรัม/ถาด แล้วใส่ในถุงพลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) หลังจากนั้นนำไปวางบนตู้วางจำหน่ายสินค้าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ภายใต้การได้รับแสงยูวีแตกต่างกันที่ระดับความเข้มแสง 2 kJ/m^2 เป็นเวลา 5 นาทีต่อวัน วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 1 ถาด ได้แก่ 1) ไม่ได้รับแสงยูวี (กรรมวิธีควบคุม) 2) ได้รับแสงยูวีเอ (UV-A) 3) ได้รับแสงยูวีบี (UV-B) และ 4) ได้รับแสงยูวีซี (UV-C) โดยทุกกรรมวิธีจะได้รับแสงฟลูออเรสเซนต์ (florescence) เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อจำลองสภาพการวางจำหน่าย ทำการบันทึกข้อมูลคุณภาพผลทุก 7 วัน เป็นเวลา 21 วัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อผล การเปลี่ยนแปลงสีผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี และการยอมรับของผู้บริโภค โดยประเมินการยอมรับได้ของผู้บริโภค จำนวน 10 คน จากการสังเกตความสด สีผล และกลิ่น โดยให้คะแนนเป็น 1-5 (คะแนน 1 = ไม่ชอบ 2 = ชอบเล็กน้อย 3 = ชอบปานกลาง 4 = ชอบมาก และ 5 = ชอบมากที่สุด)

ผลและวิจารณ์ผล

1. การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อผล และการยอมรับของผู้บริโภค

มะเขือเทศเชอรี่ในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการวางจำหน่าย โดยมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีเอ ยูวีบี และยูวีซี มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ามะเขือเทศเชอรี่ในกรรมวิธีควบคุม ในระหว่างการวางหน่ายเป็นเวลา 21 วัน โดยมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีซีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด คือ 0.28 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1A) ส่วนความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศเชอรี่นั้น พบว่า มะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อของผลสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ในกรรมวิธีควบคุม โดยมีความแน่นเนื้อผลระหว่าง 5.31-5.38 N (Figure 1B) เมื่อนำผลมะเขือเทศเชอรี่ไปให้ผู้บริโภคทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในช่วง 7 วันแรกของการวางจำหน่ายจะให้ผลไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี แต่เมื่อวางจำหน่ายเป็นเวลา 21 วัน คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความสด สี และกลิ่นของมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ในกรรมวิธีควบคุม (Figure 1C) ทั้งนี้เนื่องมาจากการให้ยูวีซีระดับต่ำในช่วงระหว่าง 0.25-8 kJ/m^2 ไปส่งเสริมการสังเคราะห์ของ photoalexins ทำให้ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการอ่อนนุ่มของผลในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Barka และคณะ, 2000, Erkan และคณะ, 2008) ในขณะที่การให้แสงยูวีบีระดับสูงระหว่าง 15-30 kJ/m^2 สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่บนผลผลิตได้ สอดคล้องกับการทดลองให้แสงยูวีที่ 6 kJ/m^2 เป็นเวลา 28 วัน สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและการสุกของผลบลูเบอร์รี่ได้ (Nguyen.และคณะ, 2014) ส่วนการใช้แสงยูวีซีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร สามารถชะลอการอ่อนนุ่ม ลดการผลิตเอทิลีน และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีกาแลคโตลูเนสและเพกตินเมทิลเอสเทอเรสของผลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอ่อนนุ่มของผลมะเขือเทศได้ (Buและคณะ, 2013)

2. การเปลี่ยนแปลงสีของผล

มะเขือเทศเชอรี่ที่ไม่ได้รับแสงยูวีในกรรมวิธีควบคุมมีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีในทุกกรรมวิธีเมื่อวางจำหน่ายนาน 21 วัน (Figure 2A) ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ในมะเขือเทศที่ได้รับแสงยูวีจะสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ที่ไม่รับแสงยูวีในกรรมวิธีควบคุม (Figure 2B) ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ในมะเขือเทศเชอรี่ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2C) สอดคล้องกับการทดลองของ Scattinoและคณะ, 2014 ที่ใช้แสงยูวีบีในการกระตุ้นสามารถกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกของยีนในวิถีการสังเคราะห์ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoid biosynthesis genes) ในพีชพันธุ์ Suncrest และท้อพันธุ์ Big top ส่วนการใช้แสงยูวี-ซี (UV-C) ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร กับมะเขือเทศสามารถจะเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ไลโคปีน และปริมาณฟีนอลิกได้ (Pataroและคณะ, 2015)

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผล

เมื่อวางจำหน่ายนาน 21 วัน มะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณวิตามินซีสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ที่ไม่ได้รับแสงยูวีในกรรมวิธีควบคุม โดยเมื่อเปรียบเทียบมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวี

ในแต่ละชนิด พบว่า มะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีบีและยูวีซีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณวิตามินซีสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีเอ โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7.00-7.05 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ 0.65-0.68 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณวิตามินซี 55.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Figure 3A-C)

สรุป

ผลมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีทุกกรรมวิธีในระหว่างการวางจำหน่าย มีคุณภาพของผลด้านความแน่นเนื้อผล ค่าสีแดง (a) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับแสงยูวี โดยผลมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีบีและแสงยูวีซีมีคุณภาพผลดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Barka, E. A., Kalantari, S., Makhlouf, J. and Arul, J., 2000, Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 667-671.

Bu, J., Yu, Y., Aisikaer, G. and Ying, T., 2013, Postharvest UV-C irradiation inhibits the production of ethylene and the activity of cell wall-degrading enzymes during softening of tomato (*Lycopersicon escullentum* L.) fruit, Postharvest Biology and Technology, 86: 337-345.

Nguyen, C.T., Kim, J., Yoo, K.S., Lim, S. and Lee, J.L., 2014, Effect of prestorage UV-A, -B, and -C radiation on fruit quality and anthocyanin of 'Duke' blueberries during cold storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62: 12144-12151.

Cote, S., Rodoni, L., Miceli, E., Concellón, A., Civello, P.M., and Vicente, A.R., 2013, Effect of radiation intensity on the outcome of postharvest UV-C treatments, Postharvest Biology and Technology, 83: 83-89.

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.

Liu, C., Han, X., Cai, L., Lu, X., Ying, T., and Jiang, Z., 2011, Postharvest UV-B irradiation maintains sensory qualities and enhances antioxidant capacity in tomato fruit during storage, Postharvest Biology and Technology, 59(3): 232-237.

Maneerat, C., Hayata, Y., Muto, N., and Kuroyanagi, M., 2003, Investigation of UV-A light irradiation on tomato fruit injury, Journal of Food Protection, 66(11): 2168-2170.

Manzocco, L., Dri A. and Quarta, B., 2009, Inactivation of pectic lyase by light exposure in model systems and fresh-cut apple, Innovative Food Science and EmergingTechnologies, 10: 500-505.

Pataro, G., Sinikc, M., Capitolic, M.M., Donsib, G. and Ferraria, G., 2015, The Influence of Post-harvest UV-C and Pulsed Light Treatments on Quality and Antioxidant Properties of Tomato Fruits During Storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies [Online], Available: http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2015.06.003.

Scattino C., Castagnaa, A., Neugartb, S., Chanc, H.M., Schreinerb, M., Crisostoc, C.H., Tonuttid, P. and Ranieria, A.., 2014, Post-harvest UV-B irradiation induces changes of phenol contents and corresponding biosynthetic gene expression in peaches and nectarines, Food Chemistry, 163: 51-60.

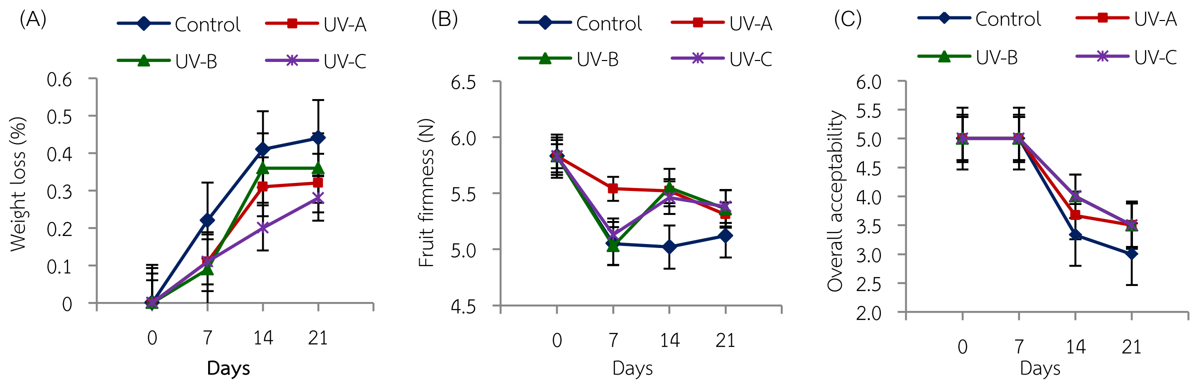


Figure 1 Changes of weight loss, fruit firmness and overall acceptability of shelved cherry tomato for 21 days.

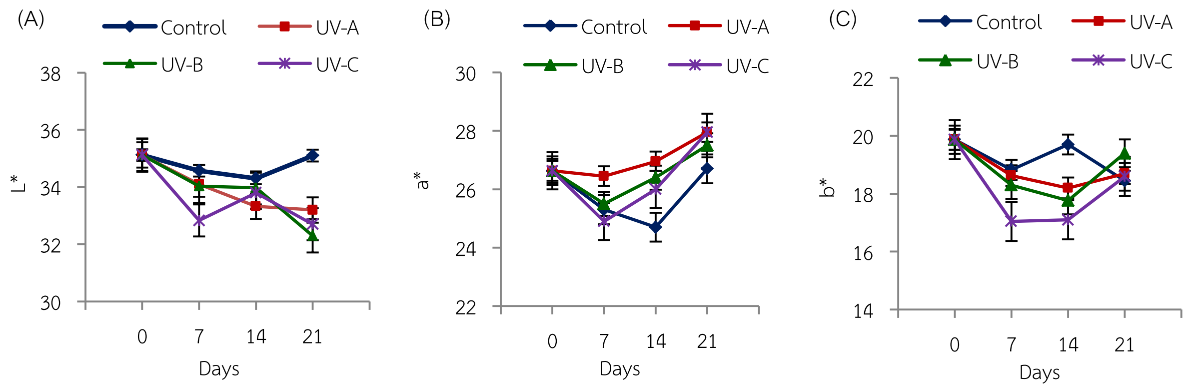


Figure 2 Changes of skin color (L*, a*, b*) of shelved cherry tomato for 21 days.

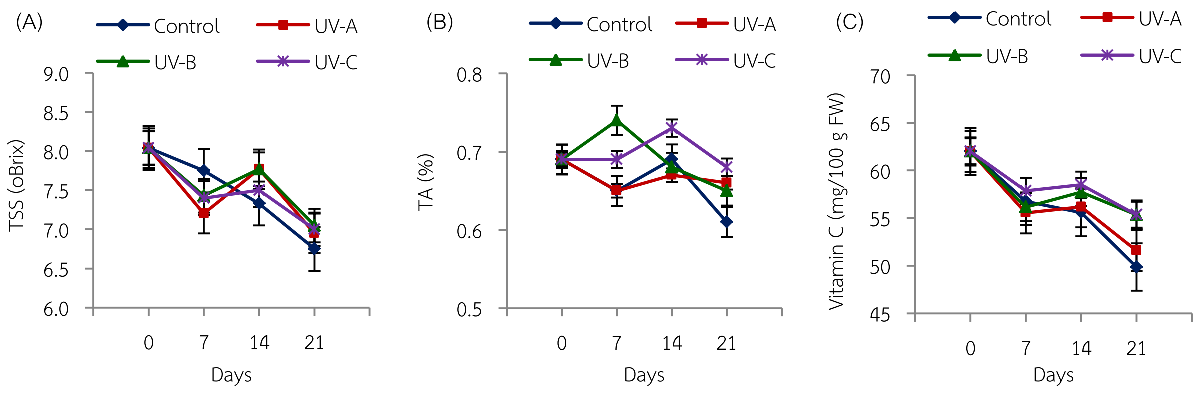


Figure 3 Changes of chemical quality (total soluble solids, titratable acidity and vitamin C) of shelved cherry for 21 days.

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 541-544 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 541-544 (2561)

การยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในสภาพบรรยากาศดัดแปลง
Prolonging the Shelf Life of Baby Corn under Modified Atmosphere Condition

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[1] การิตา จงเจือกลาง[1] สุวรรณี ชะเอม[1] และ เจนจิรา เชาว์ไว[1]
Kotepong, P.[1], Chongchuaklang, K.[1], Cha-aem, S.[1] and Chaowai, J.[1]

Abstract

This study explores the effect of prolonging shelf life of baby corn under modified atmosphere condition. SG 20 Super baby corns were packed on polyvinyl chloride (PVC) trays in the amount of 100 gram/tray. For control treatment, they were covered with PVC stretch film. For three modified atmosphere treatments, the sample were put in low density polyethylene (LDPE) bags under different three treatments: 1) normal atmosphere modification 2) gas concentration (5% O_2 + 5% CO_2), and 3) gas concentration (5% O_2 + 10% CO_2). They were then kept at 5 °C for 21 days. The results showed that baby corns of modified atmosphere (5% O_2 + 5% CO_2) had higher score on firmness, lightness (L*), yellow color (b*), vitamin C content, and total soluble solids (TSS) than baby corns of other treatments. The results of this experiment indicated that modified atmosphere packaging could prolong shelf life of baby corn.

Keywords: baby corn, modified atmosphere, shelf life

บทคัดย่อ

ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์เอสจี 20 ซุปเปอร์ บนถาด polyvinyl chloride (PVC) จำนวน 100 กรัม/ถาด แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC ในกรรมวิธีควบคุม (control) และใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) ในกรรมวิธีที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงบรรจุภัณฑ์ จำนวน 3 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ดัดแปลงสภาพบรรยากาศปกติ 2) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% และ 3) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 10% หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลานาน 21 วัน พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% ภายในถุงบรรจุภัณฑ์ มีค่าความแน่นเนื้อ ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) ปริมาณวิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การดัดแปลงสภาพบรรยากาศในถุงบรรจุภัณฑ์สามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนได้นานขึ้น

คำสำคัญ: ข้าวโพดฝักอ่อน สภาพบรรยากาศดัดแปลง อายุการเก็บรักษา

คำนำ**

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงมีตลาดรองรับในรูปฝักสดแต่มีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย จึงต้องมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีเพื่อช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา เช่น การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้กันมากในกระบวนการบรรจุผัก ในการเลือกใช้ชนิดของบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญเนื่องมาจากสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์จะถูกดัดแปลงไปที่เกิดจากการหายใจและเมแทบอลิซึมของผลผลิต โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ควรมีคุณสมบัติในการให้ก๊าซผ่านเข้าออกได้มากพอที่ผลผลิตใช้ในการหายใจแบบใช้ออกซิเจนในระดับต่ำที่สุดเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (จริงแท้, 2541) การบรรจุผักลงในบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere; MA) โดยการลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (O_2) และเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพื่อลดอัตราการหายใจของเนื้อเยื่อและลดการผลิตเอทิลีนส่งผลให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและรักษาคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่าย (Soliva-Fortuny และ Martin-Belloso, 2003) มีรายงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยทั่วไปจะมีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยก๊าซ O_2 ในช่วง 5-10% และก๊าซ CO_2 ในช่วง 2-15% ขึ้นกับชนิดของผลิตผล เช่น ผักหวานบ้านในถุง PE ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

---

[1]กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1]Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900

ที่ปิดสนิท และมีการบรรจุก๊าซ O_2 และ CO_2 เริ่มต้น ความเข้มข้น 5% สามารถลดการหลุดร่วงของใบและยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 15 วัน (อดิศักดิ์, 2549) ส่วนการเก็บรักษาโหระพาในสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซ O_2 ต่ำ ประมาณ 5% ร่วมกับก๊าซ CO_2 5% โหระพามีคุณภาพดีที่สุด และมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 10 วัน (ปฐมพงศ์, 2546) ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณ O_2 และ CO_2 ที่เหมาะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อน

อุปกรณ์และวิธีการ**

นำถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้ามาทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาของฟิล์ม (thickness) อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR) อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate; O_2TR) อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide transmission rate; CO_2TR) และอัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน (nitrogen transmission rate; NTR) ทำการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพด ฝักอ่อนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์เอสจี 20 ซุปเปอร์ บนถาด polyvinyl chloride (PVC) จำนวน 100 กรัม/ถาด แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC ในกรรมวิธีควบคุม (control) และใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE ในกรรมวิธีที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงบรรจุภัณฑ์ จำนวน 3 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ดัดแปลงสภาพบรรยากาศปกติ 2) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% และ 3) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 10% หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C เป็นเวลานาน 21 วัน ทำการบันทึกผลทุก 3 วัน โดยวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ และคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อฝัก การเปลี่ยนแปลงสีฝัก ปริมาณวิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลและวิจารณ์ผล***

1. สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ LDPE ที่จำหน่ายเป็นการค้าในการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า ถุงบรรจุภัณฑ์มีความหนา 40 ไมครอน อัตราการซึมผ่านไอน้ำ 49.6 g/m^2/day อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 15,800 cm^3/m^2/day อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ >30,000 cm^3/m^2/day และ อัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน 4,835 cm^3/m^2/day (Table 1)

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์

ในช่วง 9 วันแรกของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในถุงบรรจุภัณฑ์มีปริมาณก๊าซ O_2 และ C_2H_4 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะปริมาณก๊าซ CO_2 ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน พบว่า ในบรรจุภัณฑ์ของกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณ O_2 สูงที่สุด คือ 13.23% ปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด คือ 1.67 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ C_2H_4 ต่ำที่สุด คือ 0.77 ppm ส่วนปริมาณก๊าซภายในถุงบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 กรรมวิธีมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณก๊าซ O_2 4.97-6.00%, CO_2 3.96-4.56 % และ C_2H_4 1.17-1.40 ppm (Figure 1A-C)

3. คุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

3.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ข้าวโพดฝักอ่อนมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 21 วัน พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุตามกรรมวิธีควบคุมที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 7.43 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในถุง LDPE ภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงทั้ง 3 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1.47-1.54 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2A)

3.2 ความแน่นเนื้อฝัก

จากการวัดความแน่นเนื้อฝักจากแรงตัดสูงสุดบริเวณตำแหน่งกลางฝัก พบว่า ความแน่นเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากมีความเหนียวและแข็งของเนื้อฝักเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ค่าความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในถุง LDPE ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศตามกรรมวิธีบรรจุก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% และ บรรจุก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 10% มีความแน่นเนื้อฝักสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC โดยค่าความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในถุง LDPE ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ระหว่าง 17.44 - 18.78 นิวตัน (Figure 2B)

3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ข้าวโพดฝักอ่อนในถุง LDPE ในกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% และ ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% ในระหว่างการเก็บรักษานาน 21 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด คือ 8.15 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Figure 2C)

3.4 ปริมาณวิตามินซี

ข้าวโพดฝักอ่อนในถุง LDPE ในกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% และ ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% ในระหว่างการเก็บรักษานาน 21 วัน มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด คือ 2.10 mg/ 100g FW ในขณะที่ข้าวโพดฝักอ่อนในกรรมวิธีควบคุมที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC มีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด คือ 1.60 mg/ 100g FW (Figure 2D)

3.5 การเปลี่ยนแปลงสีฝัก

การเปลี่ยนแปลงสีฝักของข้าวโพดฝักอ่อนในระหว่างการเก็บรักษานาน 21 วัน พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนในถุง LDPE ในกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% และ ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% มีค่าสีฝักสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ โดยมีค่า L* เท่ากับ 67.18 ค่า a* เท่ากับ 6.15 และ ค่า b* เท่ากับ 27.23 (Figure 3A-C)

สรุป

จากการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ พบว่า การบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนในถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE โดยปรับให้มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% มีคุณภาพดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดในสภาพบรรยากาศดัดแปลงได้นาน 21 วัน

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2541, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา, 2546, ผลของสภาพบรรยากาศควบคุม อุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของโหระพา (*Ocimum basilicum* L.), วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

อดิศักดิ์ ชั้นประเสริฐ, 2549, ผลของอุณหภูมิ ความชื้น เอทิลีนและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษายอดผักหวานบ้านพันธุ์ทองผาภูมิ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

Soliva-Fortuny, R.C. and Martin-Belloso, O., 2003, New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: A review, Trends in Food Science & Technology, 14(9): 341-353.

Table 1 Characteristics of packaging used in the experiment.

packaging type	thickness (μm)	WVTR ($g/m^2/day$)	OTR ($cm^3/m^2/day$)	CO_2TR ($cm^3/m^2/day$)	NTR ($cm^3/m^2/day$)
polyethylene (PE)	40	49.6	15,800	>30,000	4,835

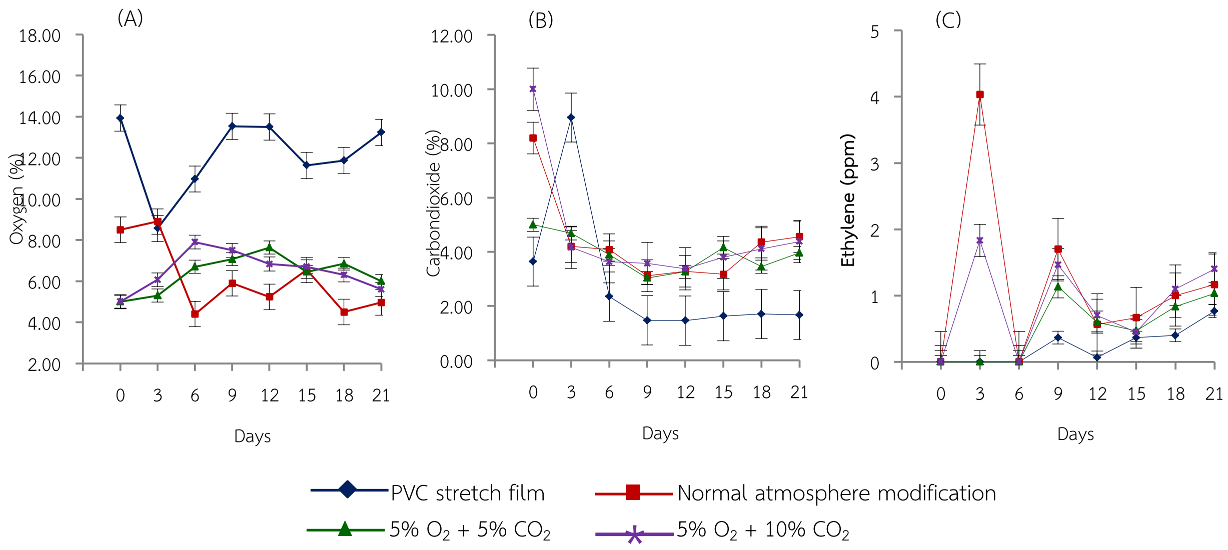


Figure 1 Change in gas content (%) of baby corn under modified atmosphere condition during storage.

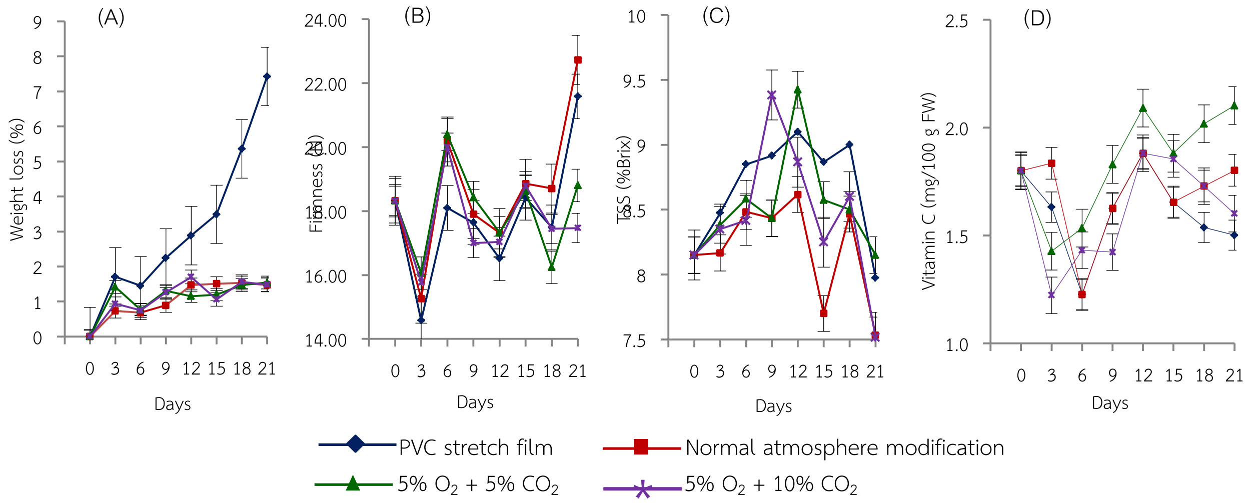


Figure 2 Change in quality of baby corn under modified atmosphere condition during storage.

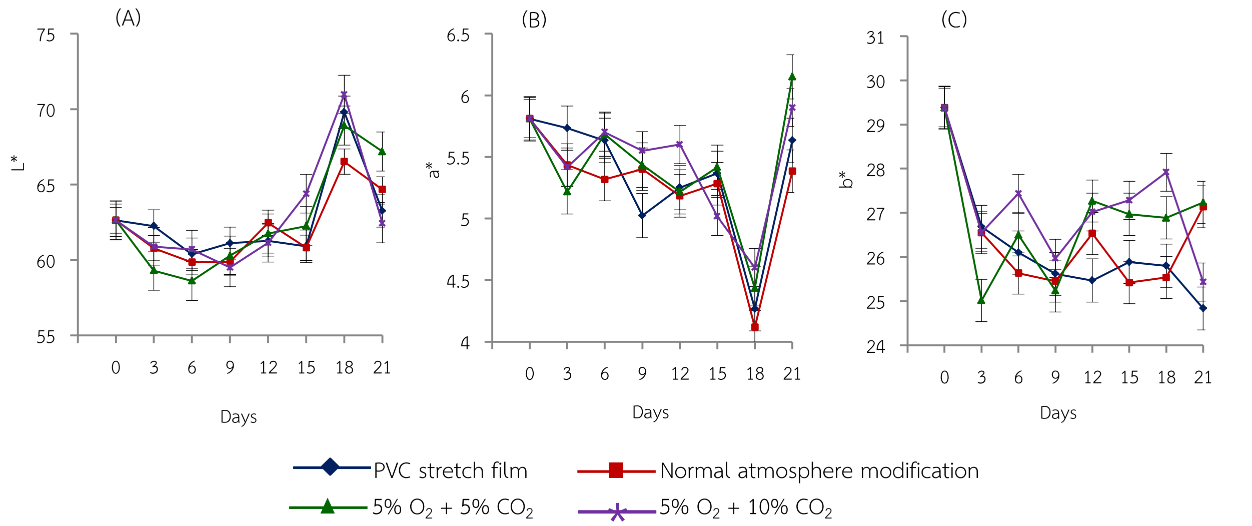


Figure 3 Change in ear color of baby corn under modified atmosphere condition during storage.

การเคลือบเมล็ดที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง
Seed Coating on Quality of Sorghum Seed

สุปราณี งามประสิทธิ์[1] วราภรณ์ วงศ์พิลา[1] ยุวดี อินจันทร์[1] กิ่งกานท์ พานิชนอก[2] และ สกล ฉายศรี[3]
Ngamprasitthi, S[1], Wongpila W[1], Inchan Y[1], Panitnok, K[2] and Chaisri, S[3]

Abstract

Study on sorghum seed coating with various substances such as: chemical substance, chitosan and bacteria KPS46, chitosan and jatropha oil and uncoated, storage at room temperature for 12 months and checked for seed quality every month. In the 12th month after storage, results showed significant differences between the various coatings substances of sorghum seeds gave lower seed moisture content than uncoated. The seeds using chitosan and jatropha oil provided the lowest moisture content, average of 10.20 percent and uncoated seed was the highest moisture content, 11.50 percent. The seed germination and seed vigor were not significantly different. Seed germination by sand test was 95.75-97.50 percent. The stem length was 4.27-4.48 and root length was 8.54-9.86 centimeters, respectively.
Keywords: seed coating, quality, seed vigor, sorghum

บทคัดย่อ

ศึกษาการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยสารต่างๆเช่น การใช้สารเคมี ไคโตซานกับแบคทีเรีย KPS46 ไคโตซานกับน้ำมันสบู่ดำ และไม่เคลือบสาร เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุกเดือนพบว่า ในเดือนที่ 12 หลังการเก็บรักษา การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยสารต่างๆ มีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดต่ำกว่าการที่ไม่ใช้สารเคลือบซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดที่เคลือบไคโตซานกับน้ำมันสบู่ดำให้ความชื้นของเมล็ดต่ำที่สุดเฉลี่ย 10.20 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่ไม่เคลือบสารมีความชื้นสูงที่สุด 11.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความงอก และความแข็งแรงไม่แตกต่างกัน เมล็ดมีความงอกจากการทดสอบในกระบะทรายเฉลี่ย 95.75-97.50 เปอร์เซ็นต์ ความยาวลำต้น 4.27-4.48 และความยาวราก 8.54-9.86 เซนติเมตร ตามลำดับ
คำสำคัญ: การเคลือบเมล็ดพันธุ์ คุณภาพ ความแข็งแรงของเมล็ด ข้าวฟ่าง

คำนำ***

การผลิตเมล็ดพันธุ์ และการเก็บรักษาเมล็ดเพื่อนำไปใช้ปลูกต้องเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความงอก และความแข็งแรงสูง Azadi และ Yonesi (2013) รายงานว่าการเพิ่มความยาวนานในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างมีผลทำให้ความงอกลดลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสูง และสุปราณี และคณะ (2560) รายงานว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ KSX 5402 ด้วยไคโตซานอัตรา 1 มิลลิลิตรและน้ำมันสบู่ดำอัตรา 1 มิลลิลิตรสามารถป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบสาร นอกจากนี้มีรายงานว่า *B. amyloliquefaciens* KPS46 สามารถลดความรุนแรงของโรคใบไหม้แผลเล็ก โรคลำต้นเน่าและโรคเหี่ยวสจ๊วต 40, 50 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และสามารถเพิ่มความงอก ความยาวราก ความยาวยอด และความสูงต้นในถั่วเหลืองและข้าวโพดได้ (สุดฤดี และคณะ, 2548) วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อศึกษาการเคลือบเมล็ดที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา ระหว่างเดือนมกราคม – ธันวาคม 2558 ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างพันธุ์เฮกการี่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ 4 สิ่งทดลองคือ สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ 4 ชนิด ได้แก่ T1=ไม่เคลือบสาร

[1]ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต. กลางดง อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา 30320
[1]National Corn and Sorghum Research Center, Kasetsart University, Pakchong, Nakhon Ratchasima 30320
[2]สถานีวิจัยเขาหินซ้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]Kow Hin Son Research Station, Agricultural Faculty, Kasetsart University
[3]สถานีวิจัยลพบุรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[3]Lopburi Research Station, Agricultural Faculty, Kasetsart University

(uncoated seed) T2= chitosan+captan+chlopyrifos-methyl+PEG 400+metalaxyl T3=chitosan+แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* KPS46 T4=chitosan+น้ำมันสบู่ดำ อัตราการใช้สารต่างๆดังนี้ น้ำ 25 มิลลิลิตร chitosan 1.0 มิลลิลิตร captan 1.0 กรัม chlopyrifos-methyl 0.1 มิลลิลิตร PEG 400 1.0 มิลลิลิตร metalaxyl 7.0 กรัม bacterial suspension, KPS46 1.0 กรัม น้ำมันสบู่ดำ 1.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม โดยที่ สารเคมี จะช่วยป้องกันโรคและแมลงในโรงเก็บ สารเคลือบไคโตซานจะช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืช สร้างความต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืช ชะลอการหายใจของพืชสามารถลดความชื้นในเมล็ดได้ ส่วนแบคทีเรีย KPS46 ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและสร้างความแข็งแรงของพืช น้ำมันสบู่ดำช่วยป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชได้ หลังการเคลือบเมล็ดลดความชื้นเหลือประมาณ 9.40 เปอร์เซ็นต์เพื่อการเก็บรักษาที่ปลอดภัยและเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดี(มาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ความชื้นไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์) บรรจุเมล็ดพันธุ์ในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($25\pm2^{\circ}C$) ทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุกเดือนเป็นเวลา 12 เดือนได้แก่ ความชื้น (moisture test) ความงอกมาตรฐาน (standard germination) อัตราการเจริญเติบโตของยอดและราก (shoot and root growth rate) (ISTA, 2010) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี Analysis of variance วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผล***

จากการศึกษาพบว่า หลังจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ความชื้นของเมล็ดข้างฟ่างเพิ่มขึ้นทุกสิ่งทดลอง การไม่เคลือบสารจะมีความชื้นสูงที่สุดเฉลี่ย 11.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเคลือบเมล็ดด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันสบู่ดำมีความชื้นต่ำที่สุดเฉลี่ย 10.20 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างทางสถิติ (Table 1) ซึ่ง สุปราณี และคณะ (2560) รายงานว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ KSX 5402 ด้วยไคโตซานอัตรา 1 มิลลิลิตรและน้ำมันสบู่ดำอัตรา 1 มิลลิลิตร ต่อข้าวโพด 1 กิโลกรัมสามารถป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้เนื่องจากไคโตซานจะช่วยเสริมสร้างความต้านทานโรคซึ่งจะก่อให้เกิดความชื้นรอบๆ เมล็ดภายในถุงบรรจุเมล็ดพันธุ์ และนอกจากนี้ไคโตซานยังช่วยชะลอการหายใจของพืชสามารถลดความชื้นในเมล็ดได้ จากการทดทดสอบความงอกในทรายพบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกจะค่อยๆลดลงจากเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 12 ซึ่งในเดือนที่ 12 นั้น chitosan+captan+chlopyrifos-methyl+PEG 400+metalaxyl (T2), chitosan+แบคทีเรีย KPS46 (T3) และ chitosan+น้ำมันสบู่ดำ (T4) มีความงอก 96.75, 97.25 และ 97.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่เคลือบสาร (T1) มีความงอกเฉลี่ยต่ำสุด 95.75 เปอร์เซ็นต์ แต่ทุกสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับ Azadi และ Yonesi (2013) รายงานว่าการเพิ่มความยาวนานในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างมีผลทำให้ความงอกลดลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสูง ผลจากการทดลองนี้เมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างมีอายุในการเก็บรักษาได้เป็นเวลา 12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (Table 2) และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยสารต่างๆยังคงมีความแข็งแรงสูงและไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบสาร โดยทุกสิ่งทดลองให้ความยาวของลำต้นเฉลี่ย 4.27-4.48 เซนติเมตร ส่วนความยาวรากเฉลี่ย 8.54-9.86 ตามลำดับ (Table 3 และ 4)

สรุป

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยสารต่างๆ มีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดต่ำกว่าการที่ไม่ใช้สารเคลือบ โดยเมล็ดที่ใช้ไคโตซานกับน้ำมันสบู่ดำให้ความชื้นของเมล็ดต่ำที่สุดเฉลี่ย 10.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ไม่เคลือบสารมีความชื้นสูงที่สุด 11.50 เปอร์เซ็นต์ และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ช่วยทำให้เมล็ดข้าวฟ่างสามารถเก็บรักษาได้ยาวนานเมล็ดมีความงอกสูงหลังอายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน และสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างพันธุ์เฮกการี่ที่สภาพอุณหภูมิห้องเพื่อใช้ปลูกต่อไปได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สวพ. มก. โครงการวิจัยแม่บทข้าวโพด และข้าวฟ่าง ม. เกษตรศาสตร์ และผศ. ดร. สุพจน์ กาเซ็ม

เอกสารอ้างอิง

สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สุพจน์ กาเซ็ม นันทิยาเตชะติ และประชุม จุฑาวรรธนะ, 2448, แบคทีเรียไอเอสอาร์ที่ยับยั้งโรคที่สำคัญและปรับปรุงเพิ่มพูนคุณภาพของข้าวโพด, น. 53-54, ในการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ, 13-15 กรกฎาคม 2548, จ. สุโขทัย.

สุปราณี งามประสิทธิ์, ยุวดี อินจันทร์, ชฎามาศ จิตต์เลขา, โรจนพงศ์ ไชยศิษย์, วราภรณ์ วงศ์พิลา, ปวีณา ทองเหลือง, กิ่งกานท์ พานิชนอก และสกล ฉายศรี, 2560, ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยไคโตซานและน้ำมันสบู่ดำต่อความงอกและความ

แข็งแรงของข้าวโพดไร่พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว KSX 5402, ในการประชุมวิชาการข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 38, โรงแรมแกรนด์ฮิลล์ รีสอร์ท แอนด์ สปา อ. เมืองนครสวรรค์ จ. นครสวรรค์, หน้า 229-234.

Azadi, M.S. and E. Younesi, 2013, The Effects of Storage on Germination Characteristics and Enzyme Activity of Sorghum Seeds, Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 9(4): 289-298.

ISTA, 2010, International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Switzerland.

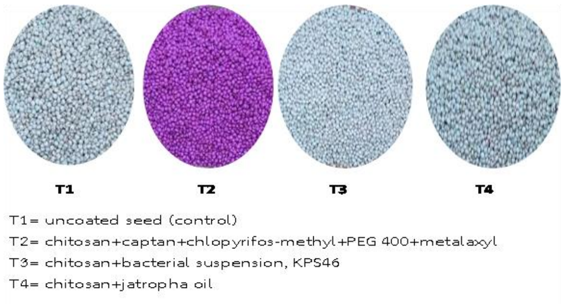


Figure 1 various seed coating of sorghum.

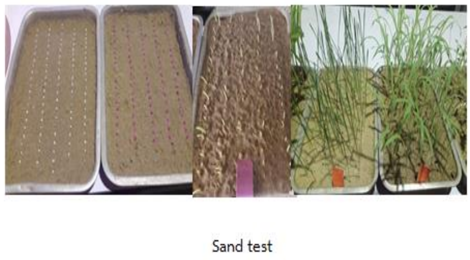


Figure 2 germination test (sand test) of sorghum.

Table 1 Effect of seed coating on moisture of sorghum seed.

Coated seed	Moisture content (%)											
	Storage Period											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	10.42a	10.40a	10.42a	10.51a	10.55a	10.65a	10.70a	10.70a	10.72a	10.82a	11.02a	11.50a
T2	9.87ab	9.92b	10.05c	10.12c	10.17b	10.27c	10.30c	10.30c	10.32bc	10.35c	10.37c	10.47c
T3	10.37a	10.35a	10.32ab	10.35b	10.30b	10.47b	10.52b	10.50b	10.47b	10.62b	10.67b	10.82b
T4	9.92b	10.00b	10.07bc	10.07c	10.12b	10.45c	10.17c	10.17c	10.20c	10.15d	10.17d	10.20d
mean	10.15	10.16	10.21	10.26	10.28	10.39	10.42	10.41	10.43	10.48	10.56	10.75
F-test	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	1.66	1.71	1.57	1.27	1.18	0.79	0.90	0.91	0.99	0.73	0.61	2.52

Mean fallowed by the same letter in column are not significantly different letters at the 5% level by LSD
* = significance at the 0.05 level of probability * *= significance at the 0.01 level of probability
T1= uncoated seed (control) **T2= chitosan+captan+chlopyrifos-methyl+PEG 400+metalaxyl**
T3= chitosan+bacterial suspension, KPS46 **T4= chitosan+jatropha oil**

Table 2 Effect of seed coating on germination of sorghum seed.

Coated seed	Standard germination (%)											
	Storage Period											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	99.25	98.50	99.25	99.25	97.50	98.50	98.25	97.75	97.75	98.50a	97.50ab	95.75
T2	99.25	98.00	98.25	99.25	98.75	98.75	98.75	97.25	98.50	98.50a	95.75c	96.75
T3	97.50	98.25	99.25	99.75	99.00	98.25	98.00	98.50	97.50	98.00a	98.00a	97.25
T4	99.25	98.00	99.25	98.75	96.50	99.00	98.25	97.00	96.00	95.25b	96.00bc	97.50
mean	98.81	98.18	99.00	99.25	97.93	98.62	98.18	97.62	97.43	97.56	96.81	96.81
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns
C.V. (%)	1.39	0.87	1.41	1.47	1.52	1.28	1.44	0.92	1.51	1.19	1.09	1.58

Mean fallowed by the same letter in column are not significantly different letters at the 5% level by LSD
* = significance at the 0.05 level of probability * *= significance at the 0.01 level of probability ns = non-significant
T1= uncoated seed (control) **T2= chitosan+captan+chlopyrifos-methyl+PEG 400+metalaxyl**
T3= chitosan+bacterial suspension, KPS46 **T4= chitosan+jatropha oil**

Table 3 Effect of seed coating on shoot length of sorghum seed.

Coated seed	Shoot length (cm)											
	Storage Period											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	3.96a	5.64a	4.46	5.20	4.56ab	3.54b	4.37	4.03	4.66	4.43	4.14	4.38
T2	3.78ab	4.66b	4.03	4.97	4.16b	3.89a	4.02	4.48	4.19	4.47	4.42	4.27
T3	3.13b	5.62a	4.46	5.47	4.81a	3.88a	3.90	4.64	4.38	4.54	4.15	4.41
T4	4.18a	5.77a	4.40	4.94	4.71a	3.93a	3.70	4.59	4.58	4.61	4.13	4.48
mean	3.76	5.42	4.34	5.15	4.56	3.85	3.99	4.44	4.45	4.51	4.21	4.38
F-test	*	**	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	11.94	2.98	6.39	6.49	4.28	4.20	8.10	8.45	9.65	5.98	7.44	6.28

Mean fallowed by the same letter in column are not significantly different letters at the 5% level by LSD
* = significance at the 0.05 level of probability * *= significance at the 0.01 level of probability
ns = non-significant
T1= uncoated seed (control) **T2= chitosan+captan+chlopyrifos-methyl+PEG 400+metalaxyl**
T3= chitosan+bacterial suspension, KPS46 **T4= chitosan+jatropha oil**

Table 4 Effect of seed coating on root length of sorghum seed.

Coated seed	Root length (cm)											
	Storage Period											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	10.48	10.96	10.11	11.21	11.46	8.69b	9.48	9.20	9.70	10.00	9.21	8.54
T2	10.06	10.48	10.11	11.37	12.02	9.64a	9.50	10.31	9.17	9.15	9.58	8.95
T3	11.56	11.55	10.73	11.99	11.80	9.66a	9.73	9.83	10.28	9.66	10.24	9.03
T4	10.15	10.87	10.34	10.63	12.35	9.31a	9.35	10.34	9.50	9.41	10.12	9.86
mean	10.56	10.96	10.32	11.30	11.91	9.32	9.51	9.92	9.66	9.55	9.79	9.09
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7.04	10.73	7.20	7.16	6.65	3.90	7.40	12.03	7.88	9.47	5.58	7.55

Mean fallowed by the same letter in column are not significantly different letters at the 5% level by LSD
* = significance at the 0.05 level of probability * *= significance at the 0.01 level of probability
ns = non-significant
T1= uncoated seed (control) **T2= chitosan+captan+chlopyrifos-methyl+PEG 400+metalaxyl**
T3= chitosan+bacterial suspension, KPS46 **T4= chitosan+jatropha oil**

ความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะสัณฐานวิทยาของข้าวพันธุ์สังข์หยด
Genotypic Variation in Morphological Characteristics of Sang Yod Rice Variety

นันทิยา พนมจันทร์[1] ณัฐสุดา มีหกวงษ์[2] และ ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย[2]
Panomjan, N.[1] Meehokwong, N.[2] and Prom-u-thai, T. C.[2]

Abstract

This study evaluated the variation of morphological characteristics of the 22 samples of Sang Yod (SY) rice variety collected from farmer's fields in Nakhon Si Thammarat, Phatthalung and Songkhla provinces. Seeds were grown under wetland condition and evaluated for 18 qualitative traits of morphological characteristics at tillering stage; culm angle, blade pubescence, leaf blade color, basal leaf sheath color, ligule color, ligule shape, auricle color, collar color, and internode color, flowering stage; apiculus color, stigma color, sterile lemma color, awning, and days to 50%flowering and harvesting stage; panicle type, lemma and palea pubescence, lemma and palea color, seed coat color. The Shannon's index (H′) was used to express variation class of characteristics. There was wide variation in collar color (H′= 0.33), auricle color (H′= 0.61) and culm angle (H′= 0.66) which are the simplest characteristic used to identify plants. SY38 was highest variation (H′= 2.48) and SY20 was lowest (H′= 1.55).

Keywords: genotypic variation, Sang Yod rice, morphological characteristic

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวพันธุ์สังข์หยด (SY) จากเกษตรกรในจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา โดยนำตัวอย่างข้าวที่เก็บมาทั้งหมด 22 ตัวอย่าง ปลูกในสภาพนาน้ำขัง และประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยา จากลักษณะคุณภาพ 18 ลักษณะ ในระยะแตกหน่อ ได้แก่ มุมยอดแผ่นใบ ขนที่แผ่นใบ สีแผ่นใบ สีฐานกาบใบ สีลิ้นใบ รูปร่างลิ้นใบ สีหูใบ สีข้อต่อแผ่นใบกับกาบใบ และสีปล้อง ระยะออกดอก ได้แก่ สีปลายเมล็ด สียอดละอองเกสรตัวเมีย สีกาบล่างของดอก หางข้าว และวันออกดอก 50% และ ระยะเก็บเกี่ยว ได้แก่ ลักษณะรวง ขนบนเปลือกเมล็ด สีเปลือกเมล็ด และสีเยื่อหุ้มเมล็ด ประเมินความแปรปรวนด้วยค่าดัชนีความหลากหลาย (H′) พบว่ามีความแปรปรวนในลักษณะสีข้อต่อแผ่นใบกับกาบใบ (H′=0.33) สีหูใบ (H′=0.61) และมุมยอดแผ่นใบ (H′=0.66) ซึ่งเป็นลักษณะที่ง่ายต่อการจำแนกต้นข้าว พันธุ์ข้าว SY38 มีความหลากหลายรวมสูงสุด (H′=2.48) และต่ำสุด (H′=1.55) พบใน SY20

คำสำคัญ: ความแปรปรวน ข้าวพันธุ์สังข์หยด ลักษณะสัณฐานวิทยา

คำนำ**

ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าพื้นเมืองประจำถิ่นจังหวัดพัทลุง ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้คัดเลือกพันธุ์ จดทะเบียนรับรองพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง และขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indications; GI) (สำเริง, 2550) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม บ่งบอกความแปรปรวนของพันธุกรรม ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ และระบบการผลิตของเกษตรกรได้ (นันทิยา และคณะ, 2559) การศึกษาความหลากหลายทางลักษณะสัณฐานวิทยาของข้าวพื้นเมืองภาคใต้ พบว่ามีความหลากหลายในลักษณะสีเปลือก (H'=0.84) ความยาวข้าวกล้อง (H'=0.76) สีข้าวกล้อง (H'=0.67) และรูปร่างข้าวกล้อง (H'=0.44) (นันทิยา และวิจิตรา, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความหลากหลายของพันธุกรรมข้าวพื้นเมืองบริเวณลุ่มน้ำนาทวีจังหวัดสงขลา สีเปลือกเมล็ดมีความหลากหลายสูงสุด (H'=1.12) (อรวรรณ และคณะ, 2553) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ครั้งนี้เพื่อประเมินความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวพันธุ์สังข์หยดจากเกษตรกรในจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง

---

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จังหวัดพัทลุง 93210
[1] Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, Phatthalung Province 93210
[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[2] Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai Province 50200

และสงขลา สำหรับเป็นข้อมูลในการประเมินความแปรปรวนภายในพันธุ์ การคัดเลือกพันธุ์ และการพัฒนาระบบการผลิตข้าวพื้นเมือง

อุปกรณ์และวิธีการ**

การเก็บตัวอย่าง แผนการทดลอง และปลูก

เก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยด (Sang Yod: SY) จากแปลงเกษตรในจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา จำนวน 22 ตัวอย่าง นำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวมาปลูกทดสอบในแปลงทดลองภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (18° 47′ N, 98° 59′ E, alt 330 m AMSL) วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ เพาะเมล็ดในแปลงเพาะกล้า และย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 25-30 วัน ทำการปักดำ 1 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 25X25 ซม. จำนวน 4-6 แถว ๆ ละ 12 ต้น ใส่ปุ๋ย ดูแล และเขตกรรมตามระบบการปลูกข้าวในสภาพนาน้ำขัง

การประเมินความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวพันธุ์สังข์หยดจากลักษณะคุณภาพ 18 ลักษณะ ที่ระยะการเจริญเติบโต 3 ระยะ คือ 1) ระยะแตกหน่อ (9 ลักษณะ) ได้แก่ มุมยอดแผ่นใบ ขนที่แผ่นใบ สีแผ่นใบ สีฐานกาบใบ สีลิ้นใบ รูปร่างลิ้นใบ สีหูใบ สีข้อต่อแผ่นใบกับกาบใบ และสีปล้อง 2) ระยะออกดอก (5 ลักษณะ) ได้แก่ สีปลายเมล็ด สียอดละอองเกสรตัวเมีย สีกาบล่างของดอก หางข้าว และวันออกดอก 50% และ 3) ระยะเก็บเกี่ยว (4 ลักษณะ) ได้แก่ ลักษณะรวง ขนบนเปลือกเมล็ด สีเปลือกเมล็ด และสีเยื่อหุ้มเมล็ด (Table 1) และประเมินความแปรปรวนด้วยค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-weaver index (H′)

ผลและวิจารณ์ผล*******

ประเมินความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวพันธุ์สังข์หยดจากลักษณะคุณภาพ 18 ลักษณะ ด้วยค่าดัชนีความหลากหลาย (H′) พบว่าต้นข้าวพันธุ์สังข์หยดมีความแปรปรวนในลักษณะสีข้อต่อแผ่นใบกับกาบใบ (H′=0.33) สีหูใบ (H′= 0.61) และมุมยอดแผ่นใบ (H′=0.66) ซึ่งเป็นลักษณะที่ง่ายต่อการจำแนกต้นข้าว พันธุ์ข้าว SY38 มีความหลากหลายรวมสูงสุด (H′=2.48) และต่ำสุด (H′=1.55) พบใน SY20 การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่นจึงทำให้พันธุ์พื้นเมืองมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันมาก (Frankelและคณะ,1995) ซึ่งเป็นคุณลักษณะเด่นสำคัญที่เกษตรกรสามารถนำมาเป็นลักษณะในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพดี และช่วยให้สามารถคัดแยกลักษณะของเมล็ดพันธุ์ปนทิ้งเพื่อควบคุมการปนของเมล็ดพันธุ์ข้าว (seed contamination) ที่จะใช้สำหรับปลูกในครั้งต่อไป

สรุป

ข้าวพันธุ์สังข์หยดมีความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาเกิดขึ้นสูงในระยะแตกหน่อ ได้แก่ ลักษณะสีข้อต่อแผ่นใบกับกาบใบ สีหูใบ และมุมยอดแผ่นใบ พื้นที่ปลูกข้าวต่างกันส่งผลให้ความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาข้าวพันธุ์ สังข์หยดที่เกิดขึ้นแตกต่างกันด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาเอก และเกษตรกรผู้ปลูกข้าวสังข์หยดในภาคใต้ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว

เอกสารอ้างอิง

นันทิยา พนมจันทร์, ศันสนีย์ จำจด, เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, Bernard Dell และ ชนากานต์ พรมอุทัย, 2559, ความแปรปรวนของลักษณะสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดจากภาคใต้ของประเทศไทย, แก่นเกษตร, 44: 83-94.

นันทิยา พนมจันทร์ และ วิจิตรา อมรวิริยะชัย, 2554, ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพื้นเมืองบริเวณลุ่มน้ำทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด, ว.หาดใหญ่วิชาการ, 9: 25-31.

สำเริง แซ่ตัน. 2550, ข้าวพันธุ์แรก: สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง, การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2550, กรุงเทพฯ, หน้า 237-244.

อรวรรณ สมใจ, จรัสศรี นวลศรี และไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2553, ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพื้นเมืองบริเวณลุ่มน้ำนาทวีจังหวัดสงขลาโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดและเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร,

41: 89-97.

Frankel, O.H., Brown, A.H.D., and Burdon, J.J., 1995, The Conservation of Plant Biodiversity, Cambridge, Cambridge University Press.

Table 1 Descriptors used to evaluate morphological characteristics among 22 accessions of Sang Yod variety collected from farmer's seed lots in southern of Thailand.

Evaluation phase	Qualitative descriptors	Observed phenotypic classes
Tillering stage	1. Culm angle	[1] Erect (30^{O}), [3] Intermediate (~45^{O}), [5] Open (~60^{O}), [7] Spreading (>60^{O}), [9] procumbent
	2. Blade pubescence	[1] glabrous, [2] Intermediate, [3] pubescent, [x] others
	3. Leaf Blade color	[1] pale green, [2] green, [3] dark green, [4] purple tips, [5] purple margins, [6] purple blotch, [7] purple, [x] others
	4. Basal leaf sheath color	[1] green, [2] purple lines, [3] light purple, [4] purple, [x] others
	5. Ligule color	[1] white, [2] purple lines, [3] purple, [x] others
	6. Ligule shape	[1] acute to acuminate, [2] 2-cleft, [3] truncate
	7. Auricle color	[1] green or pale green, [2] purple lines, [3] purple, [x] others
	8. Collar color	[1] pale green, [2] green, [3] purple, [x] others
	9. Internode color	[1] green, [2] light gold, [3] purple lines green, [4] purple, [x] others
Flowering stage	10. Apiculus color	[1] white, [2] straw, [3] brown (tawny), [4] red, [5] red apex, [6] purple, [7] purple apex, [x] others
	11. Stigma color	[1] white, [2] light green, [3] yellow, [4] light purple, [5] dark purple, [x] others
	12. Sterile lemma color	[1] white, [2] gold, [3] red, [4] dark purple, [5] brown, [x] others
	13. Awning	[0] absent, [1] short and partly awned (<1 cm), [5] short and fully awned (<1 cm), [7] long and partly awned (<1 cm), [9] long and fully awned (<1 cm)
	14. Days to 50% flowering	Number of days from effective seeding date to 50% heading
Harvesting stage	15. Panicle type	[1] compact, [3] intermediate, [9] open
	16. Lemma and palea pubescence	[1] glabrous, [2] hair on lemma keel, [3] hair on upper portion, [4] short hairs, [5] long hair (velvety)
	17. Lemma and palea color	[0] straw, [1] gold and/or gold furrows on straw back ground, [3] brown spots on straw, [4] brown furrow on straw, [5] reddish to light purple, [6] purple spots on straw, [7] purple furrows on straw, [8] reddish to light purple, [9] reddish to light purple,
	18. Seed coat color	[1] white, [2] red, [3] black, [x] others

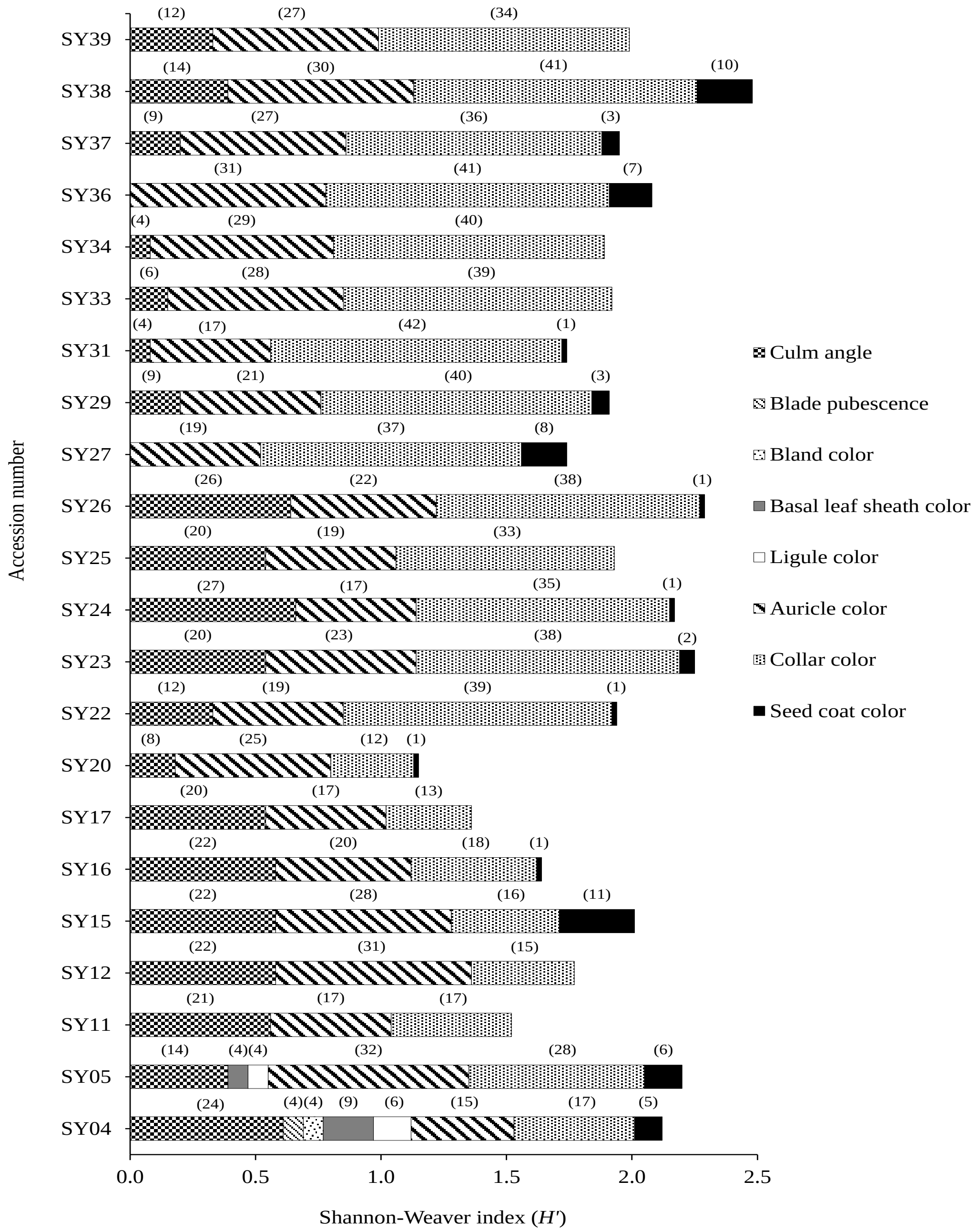


Figure 1 The morphological characteristics diversity expressed in Shannon-Weaver index (H') within each of accession among different seed lots of Sang Yod (SY) rice variety: (1) = 0.02, (2) = 0.06, (3) = 0.07, (4) = 0.08, (5) = 0.11, (6) = 0.15, (7) = 0.17, (8) = 0.18, (9) = 0.20, (10) = 0.22, (11) = 0.30, (12) = 0.33, (13) = 0.34, (14) = 0.39, (15) = 0.41, (16) = 0.43, (17) = 0.48, (18) = 0.50, (19) = 0.52, (20) = 0.54, (21) = 0.56, (22) = 0.58, (23) = 0.60, (24) = 0.61, (25) = 0.62, (26) = 0.64, (27) = 0.66, (28) = 0.70, (29) = 0.73, (30) = 0.74, (31) = 0.78, (32) = 0.80, (33) = 0.87, (34) = 1.00, (35) = 1.01, (36) = 1.02, (37) = 1.04, (38) = 1.05, (39) = 1.07, (40) = 1.08, (41) = 1.13, (42) = 1.16.

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 553-556 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 553-556 (2561)

ผลกระทบของวิธีการปรุงต่อปริมาณฟีนอลิก วิตามินซี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในใบตำลึง
Impact of Cooking Methods on Phenolic, Vitamin C and Antioxidant Activity in Ivy Gourd Leaves

พริมา พิริยางกูร[1] กนกวรรณ พุ่มนิล[1] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]
Phiriyangkul, P.[1], Phumnil, K.[1] and Poubol, J.[2]

Abstract

The objective of this study was to evaluate the impact of cooking on nutritional value of ivy gourd leaves. Vitamin C, phenolic, and antioxidant content of ivy gourd leaves were evaluated after blanching, steaming and microwave for 1, 2, 3 and 4 minutes and compare to fresh ivy gourd leaves (control). The result showed that all cooking methods affected on the decrease of vitamin C and phenolic compound with an increasing of cooking time. After cooking for 4 minutes, steaming could maintain antioxidant activity, whereas blanching and microwave gave significant lower ($p<0.05$). Steaming is the best cooking method that could maintain or increase the nutritional values of ivy gourd leaves.
Keywords: ivy gourd, phenolic, ascorbic acid, antioxidant

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลกระทบของการปรุงต่อคุณค่าทางโภชนาการของใบตำลึง โดยวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลังจากที่ผ่านการลวก การนึ่ง และการใช้ไมโครเวฟเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที และเปรียบเทียบกับใบตำลึงสด (ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่าวิธีการปรุงทุกวิธีมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีและปริมาณฟีนอลิก ลดลงเมื่อระยะเวลาในการปรุงเพิ่มขึ้น เมื่อปรุงเป็นเวลานาน 4 นาที พบว่าการนึ่งสามารถรักษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี ในขณะที่การลวกและไมโครเวฟจะทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นการนึ่งเป็นวิธีการปรุงที่ดีที่สุดที่สามารถช่วยรักษาหรือเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของใบตำลึง
คำสำคัญ: ตำลึง ฟีนอลิก วิตามินซี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ*

ตำลึงเป็นพืชที่มีคุณประโยชน์และมีสรรพคุณทางยา อีกทั้งยังมีสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลาย เช่น สารอนุมูลอิสระ (Mandal และคณะ, 2009) และเบต้า-แคโรทีน (Tamilselvan และคณะ, 2011) ตำลึงจึงได้รับความนิยมในการนำมาปรุงอาหารในครัวเรือน ก่อนรับประทานอาหารจะต้องมีการปรุงอาหาร ซึ่งการปรุงมีวิธีที่หลากหลายขึ้นอยู่กับวิธีการและวัฒนธรรมการปรุงอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ วิธีการปรุงอาหารและชนิดของพืชผักมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ (Chang และคณะ, 2013) พริมาและคณะ (2557) ศึกษาผลของวิธีการปรุงโดยการลวก การนึ่งและการใช้ไมโครเวฟต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคควรปรุงใบตำลึงโดยวิธีการนึ่งและการใช้ไมโครเวฟ งานวิจัยนี้สนใจศึกษาผลของวิธีการปรุงต่อการเปลี่ยนแปลงวิตามินซี ฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในใบตำลึง เพื่อจะได้ข้อแนะนำเพิ่มเติมถึงเวลาและวิธีการปรุงใบตำลึงที่เหมาะสม และสามารถรักษาปริมาณวิตามินซี ฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ*

เลือกใบตำลึงที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่แก่เกินไป โดยมีระยะตำแหน่งของใบจากปลายยอดไม่เกิน 35 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างและผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปปรุงด้วยวิธีการลวก (น้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส) การนึ่ง (ไอน้ำ 100 องศาเซลเซียส) และการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 425 วัตต์ เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที โดยใช้ใบตำลึงสดเป็นตัวควบคุม จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกโดยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton และคณะ, 1999) เทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิกแอซิด วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

[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 คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[2] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

(Rahman, 2007) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie และ Strain, 1996) เทียบกับวิตามินซี 3 ซ้ำ แล้วคำนวณร้อยละการเก็บรักษาคุณค่าทางโภชนาการ (Murphy และคณะ, 1975) ดังสมการ

$$\% \text{ True retention} = \frac{\text{nutrient content per gram of cooled food x gram of food after cooking}}{\text{nutrient content per gram of cooled food x gram of food after cooking}} \times 100$$

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรม R*

ผลและวิจารณ์ผล*

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก วิตามินซี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตำลึงที่ผ่านการลวก การนึ่งและการใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลานาน 1, 2, 3 และ 4 นาที โดยเทียบกับตำลึงสด (0 นาที) เป็นชุดควบคุม (Figure 1) และร้อยละการเก็บรักษาคุณค่าทางโภชนาการ (Table 1) พบว่าวิตามินซีและฟีนอลิกมีปริมาณลดลงเมื่อระยะเวลาในการปรุงเพิ่มขึ้นทุกวิธีการปรุง การปรุงด้วยวิธีการลวกมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีสูญเสียมากที่สุด เนื่องจากวิตามินซีเป็นวิตามินที่สามารถละลายได้ในน้ำและไวต่อความร้อน (Kondo และคณะ, 2012) วิตามินซีจึงถูกทำลายได้ง่ายเมื่อปรุงด้วยอุณหภูมิสูงและใช้เวลาในการปรุงนาน การนึ่งและการใช้ไมโครเวฟช่วยรักษาปริมาณวิตามินซีได้ดีกว่าการลวกเนื่องจากอาหารสัมผัสน้ำน้อยกว่าในการปรุง (Tian และคณะ, 2016) ปริมาณฟีนอลิกในใบตำลึงลดลงเมื่อผ่านการปรุงโดยการลวก การนึ่งและการใช้ไมโครเวฟ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ismail และคณะ (2004) พบว่าฟีนอลิกในใบคะน้าที่ผ่านการต้มหรือลวกมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับคะน้าสด อาจเนื่องจากการสูญเสียฟีนอลิกในน้ำที่ใช้ในการปรุงโดยการชะ แต่ในกระหล่ำม่วงการนึ่งช่วยเพิ่มปริมาณฟีนอลิก (Murador และคณะ, 2016) ปริมาณฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการปรุงอาจช่วยทำให้เนื้อเยื่อผักอ่อนนุ่มและทำให้สารประกอบฟีนอลิกหลุดออกจากตัวกลางของเซลล์ (cellular matrix) ทำให้ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น (Blessington และคณะ, 2010) การนึ่งช่วยคงสภาพฤทธ์ต้านอนุมูลอิสระในใบตำลึงได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการปรุงด้วยวิธีการลวกและการใช้ไมโครเวฟ Murador และคณะ (2016) พบว่าการนึ่งช่วยเพิ่มฤทธ์ต้านอนุมูลอิสระในคะน้า ซึ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบต่าง ๆ เช่น ฟีนอลิก แอนโทไซยานิน วิตามินซี เป็นต้น พริมาและคณะ (2557) ศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าควรรับประทานใบตำลึงที่ผ่านการนึ่งหรือการใช้ไมโครเวฟเป็นระยะเวลานาน 1-4 นาที และควรหลีกเลี่ยงการปรุงใบตำลึงโดยวิธีการลวกเพื่อให้ได้สารอาหารที่มีประโยชน์สูงที่สุด ดังนั้นการปรุงใบตำลึงโดยวิธีการนึ่งจะรักษาคุณค่าได้มากกว่าการปรุงโดยการลวกและการใช้ไมโครเวฟ

สรุป

ในด้านการคงคุณค่าทางโภชนาการ การนึ่งเป็นวิธีการปรุงใบตำลึงที่ดีกว่าการใช้ไมโครเวฟและการลวก ค่าร้อยละการเก็บรักษาคุณค่าทางโภชนาการของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากการปรุงด้วยวิธีการนึ่ง (88-93) มีค่ามากกว่าการปรุงด้วยวิธีการลวก (35-91) และการใช้ไมโครเวฟ (61-81) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณฟีนอลิกและวิตามินซีลดลงเมื่อเพิ่มเวลาปรุงทั้ง 3 วิธี

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

พริมา พิริยางกูร กนกวรรณ พุ่มนิลและจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2557, ผลของวิธีการปรุงต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของใบตำลึง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45: 653-656.

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.

Blessington, T., Nzaramba, M.N., Scheuring, D., Hale, A., Reddivari, L. and Miller, J.C.J.r., 2010, Cooking methods and storage treatments of potato: effects on carotenoids, antioxidant activity, and phenolics,

American Journal of Potato Research, 87(6): 479-491.

Chang, S.K., Prasad, N. and Amin, I., 2013, Carotenoids retention in leafy vegetables based on cooking methods, International Food Research Journal, 20(1):457-465.

Ismail, A., Marjan, Z.M. and Fong, C.W., 2004, Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. Food chemistry, 87(4): 581-586.

Kondo, Y., Higashi, C., Iwama, M., Ishihara, K., Handa, S., Mugita, H., Maruyama, N., Koga, H., Ishigami, A, 2012, Bioavailability of vitamin C from mashed potatoes and potato chips after oral administration in healthy Japanese men, British Journal of Nutrition, 107(06): 885–892.

Mandal, S.C., Kundu, M., Dewanjee, S., Maiti, A. and Das, G., 2009, Exploration of antioxidant efficacy of the methanol extract of leaves of *Coccinia grandis* (L.) Voigt (Family: Cucurbitaceae) with some selective *in vitro* and *ex vivo* models, Journal Hamdard medicus, 52(3): 76-81.

Murador, D.C., Mercadante, A.Z. and Rosso, V.V., 2016, Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage, Food Chemistry, 196: 1,101-1,107.

Murphy, E.W., Criner, P.E. and Gray, B.C., 1975, Comparison of methods for calculating retention of nutrients in cooked foods, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 23: 1153–1157.

Rahman, M.M. and Hosin, M.M., 2007, Analysis of Vitamin C (ascorbic acid) Contents in Various Fruits and Vegetables by UV-spectrophotometry, Bangladesh J. Sci. Ind. Res, 42: 417-424.

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.

Tamilselvan, N., Thirumalai, T., Elumalai, E.K., Balaji, R. and Davi, E., 2011, Pharmacognosy of *Coccinia grandis*: a review, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, S299-s302.

Tian, J., Chen, J., Lv, F., Chen, S., Chen, J., Liu, D. and Ye, X., 2016, Domestric cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatos, Food Chemistry, 197: 1264-1270.

Table 1 Ascorbic acid, total phenolic and antioxidant retention after cooking of ivy gourd leaves.

Cooking method	Cooking time (min)	% Retention of ascorbic acid	% Retention of total Phenolic	% Retention of antioxidant
Fresh	0	100	100	100
Blanching	1	45.39	45.81	91.52
	2	39.25	34.72	82.71
	3	19.74	28.67	53.08
	4	14.11	24.00	35.25
Steaming	1	70.65	55.30	93.50
	2	59.28	53.81	88.60
	3	53.96	28.53	88.26
	4	29.63	23.05	93.24
Microwave	1	80.96	43.67	68.71
	2	51.34	45.04	81.91
	3	37.79	40.49	61.33
	4	31.45	26.50	64.20

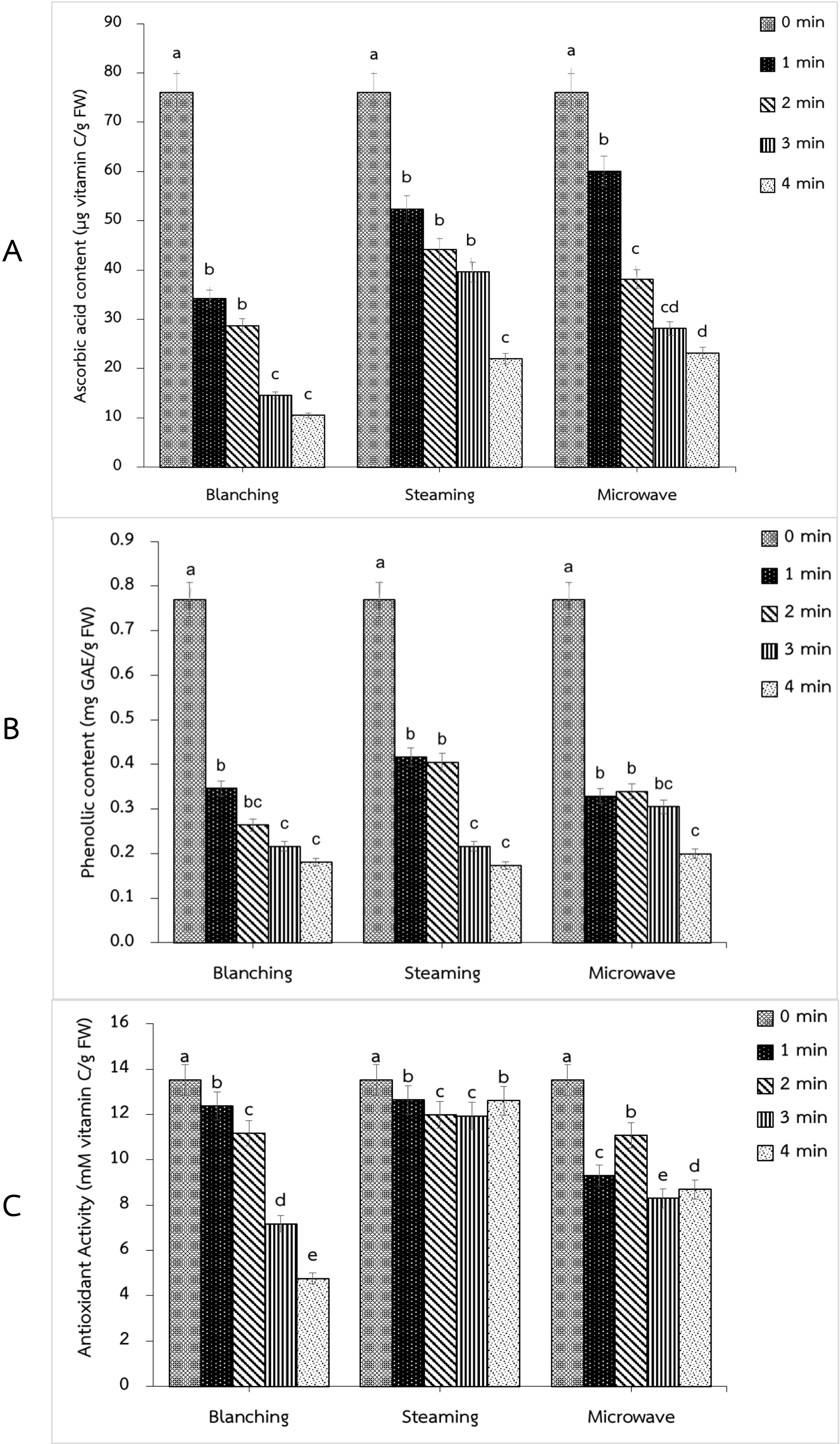


Figure 1 Vitamin C (A), total phenolic (B) contents and antioxidant activity (C) of ivy gourd leaves after cooking at different methods and times. Values not sharing a common letter are significantly different at $p < 0.05$.

ผลของรูปแบบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารและการพ่นแคลเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศที่ปลูกในโรงเรือน

Effects of Electrical Conductivity Pattern of Nutrient Solution and Foliar Apply Calcium on Yield and Quality of Tomato Grown in Greenhouse

ผกามาศ แท่นแก้ว[1] ปริยานุช จุลกะ [1]และ พิจิตรา แก้วสอน[1]

Thaenkaew, P.[1], Chulaka, P.[1] and Kaewsorn, P.[1]

Abstract

This research aimed to investigate the electrical conductivity (EC) pattern of nutrient solution and foliar spraying calcium on yield and quality of greenhouse tomato. The experimental design was split-plot in RCBD with 3 replications. The main plot was EC pattern of nutrient solution with 3 levels at 2 weeks interval after transplanting (0, 2, 4 and 6 weeks after transplanting) as 1) 1.2, 1.2, 1.8 and 2.4 mS/cm 2) 1.2, 2.4, 3.0 and 3.6 mS/cm 3) 2.2, 2.4, 2.8 and 3.0 mS/cm. The sub plot was 3 levels of calcium chloride concentration, 0, 2.5 or 5.0 g/L every two days. Results showed plants grown in the EC pattern of 1.2, 1.2, 1.8 and 2.4 mS/cm gave the highest number of cluster per plant (12.20 clusters per plant) and the lowest incidence of blossom end rot (0.40%). Foliar application of calcium chloride at 2.5 g/L gave the highest total fruit weight and number of fruit per plant.

Keyword: tomato, growth, flowering, yield

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารและการให้แคลเซียมทางใบต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศที่ผลิตในโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบ split-plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย main plot คือ รูปแบบค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหาร มี 3 ระดับ แต่ละระดับห่างกัน 2 สัปดาห์หลังย้ายกล้า (0, 2, 4 และ 6 สัปดาห์หลังย้ายกล้า) ดังนี้ 1) 1.2, 1.2, 1.8 และ 2.4 mS/cm 2) 1.2, 2.4, 3.0 และ 3.6 mS/cm 3) 2.2, 2.4, 2.8 และ 3.0 mS/cm และ sub plot คือ ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ มี 3 ระดับ คือ 0, 2.5 หรือ 5.0 g/L พ่น 2 วัน/ครั้ง จนถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่าการให้รูปแบบค่า EC 1.2, 1.2, 1.8 และ 2.4 mS/cm ทำให้ได้จำนวนช่อดอกต่อต้นสูงที่สุด (12.20 ช่อ/ต้น) และเกิดก้นผลเน่าน้อยที่สุด (0.40%) ส่วนการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ ที่ 2.5 g/L มีผลทำให้น้ำหนักผลผลิตรวมและจำนวนผลต่อต้นสูงที่สุด

คำสำคัญ: มะเขือเทศ การเจริญ การออกดอก ผลผลิต

คำนำ*

การผลิตมะเขือเทศในโรงเรือนนิยมปลูกในวัสดุปลูกและให้สารละลายธาตุอาหารสูตรเดียวตลอดการเจริญเติบโต โดยมีการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลมะเขือเทศให้ดีขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการผลิตมะเขือเทศในโรงเรือน (Dorais และคณะ, 2001) ทั้งนี้การปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนมักเกิดปัญหาการขาดแคลเซียมถึงแม้ในสารละลายธาตุอาหารจะมีปริมาณแคลเซียมเพียงพอก็ตาม (อิทธิสุนทร, 2538) อาจเป็นเพราะมีปัจจัยสภาพแวดล้อมเกี่ยวข้องด้วย เช่น ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม (นิพนธ์, มปป.) ซึ่งอาการขาดแคลเซียมนั้นสามารถแสดงออกได้ทุกระยะของการเจริญเติบโตและแสดงอาการเด่นชัดที่ผล ทำให้เกิดความเสียหายแก่การผลิตมะเขือเทศอย่างมาก (อิทธิสุนทร, 2538) และการเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลผลิตอาจทำให้ผลผลิตลดลงบ้างและทำให้ผลเกิดอาการก้นผลเน่าของมะเขือเทศ (ดิเรก, 2550) ญีฮานร์ (2553) ได้ทดลองปลูกมะเขือเทศพันธุ์ปริ้นเซส 70 โดยใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารสูตร Jensen และ Malter และมีการปรับค่าการนำไฟฟ้าในช่วงก่อนออกดอกและหลังออกดอก พบว่ามะเขือเทศที่ได้รับ EC 2.4 mS/cm ก่อนออกดอก และเพิ่มเป็น 3.0 mS/cm หลังออกดอกให้ผลผลิตสูงที่สุด และมะเขือเทศที่ได้รับค่า EC 3.0 mS/cm ก่อน

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

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

ออกดอก และเพิ่มเป็น 3.6 mS/cm หลังออกดอก มีวิตามินซีและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด อาจเกิดจากความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูงจึงทำให้มะเขือเทศได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการส่งเสริมคุณภาพผล เช่น มีปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้มีปริมาณวิตามินซีสูงขึ้น (Hernandes และคณะ, 1996) เช่นเดียวกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นช่วยส่งเสริมกระบวนการเคลื่อนย้ายซูโครสเข้าสู่โฟลเอ็มและมีการเคลื่อนย้ายตัวสารละลายในโฟลเอ็มได้มากขึ้น ทำให้ซูโครสเคลื่อนย้ายจากต้นไปยังผลได้มากขึ้นจึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2543) และเฟิร์น (2554) ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพผลมะเขือเทศที่บริโภคผลสด โดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Jensen และ Malter และมีการปรับค่าการนำไฟฟ้าในช่วงก่อนออกดอกและหลังออกดอก พบว่า การใช้ EC 2.4 mS/cm ในระยะก่อนออกดอก และเพิ่มขึ้นเป็น 3.6 mS/cm หลังออกดอก ทำให้ผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด แต่ส่งผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดก้นผลเน่ามากที่สุด ซึ่งการเกิดก้นผลเน่านั้นเกี่ยวข้องกับการขาดแคลเซียม เนื่องจากมีปริมาณน้ำเคลื่อนที่ไปยังผลต่ำ (Wu *et al.*, 2004) เกิดจากที่บริเวณรากมีค่าศักย์ของน้ำต่ำจึงทำให้การดูดซึมปริมาณน้ำในบริเวณรากต่ำลง จากการได้รับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มากกว่า 3.5 mS/cm (Li และ Stanghellini, 2001) และธีระพงศ์ (2554) ได้ทดลองปลูกมะเขือเทศพันธุ์เอ็กซ์ตร้า 390 ที่ใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารของมูลนิธิโครงการหลวงโดยให้แคลเซียมที่ระดับแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดอาการก้นผลเน่าต่างกัน Rosadi และคณะ (2014) รายงานว่าการเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่สูงมีผลทำให้ผลผลิตของมะเขือเทศลดลง แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น แนวทางในการแก้ปัญหาสามารถพ่นธาตุแคลเซียมโดยตรงกับผลที่กำลังพัฒนาช่วยลดการเกิดก้นผลเน่าได้ (Ho และ White, 2005) ได้ศึกษาการใช้แคลเซียมคลอไรด์ทางใบโดยให้ความเข้มข้น 0.3 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้การเกิดก้นผลเน่าลดลง และการพ่นแคลเซียมทางใบช่วงดอกบานหรือพ่นที่ผลอ่อนนั้นสามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมและคุณภาพของผลได้ (Dong, 2005)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการพ่นแคลเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพผลของมะเขือเทศที่ผลิตในโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ*

เพาะเมล็ดมะเขือเทศพันธุ์เอ็กซ์ตร้า 390 ซึ่งเป็นพันธุ์พุ่มเตี้ย ทรงผลกลมรี เนื้อหนา ผลดิบเป็นสีขาวและเมื่อผลสุกจะเป็นสีแดงสด ลงในถาดเพาะขนาด 72 หลุม โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ เมื่อต้นกล้าอายุได้ 14 วันหลังเพาะเมล็ด เริ่มให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer (RTDS) ที่มีค่า EC = 0.6 mS/cm เมื่อต้นกล้าอายุได้ 28 วันหลังเพาะเมล็ด ย้ายต้นกล้าลงถุงปลูกสีขาวขนาด 8 X 13 นิ้ว โดยผสมวัสดุปลูกผสมระหว่าง ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ : ทราย อัตราส่วน 2:2:1 โดยปริมาตร ระยะปลูกระหว่างต้นต่อแถว 40 X 70 เซนติเมตร ขึ้นค้างเมื่อต้นมะเขือเทศมีอายุ 10 วันหลังย้ายกล้า และให้สารละลายธาตุอาหารสูตร RTDS ด้วยระบบน้ำหยดโดยใช้เครื่องตั้งเวลารดน้ำแบบอัตโนมัติ และเริ่มพ่นแคลเซียมคลอไรด์หลังย้ายกล้า 4 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in RCBD มีปัจจัยหลัก (main plot) คือ รูปแบบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารสูตร RTDS มี 3 ระดับ แต่ละระดับห่างกัน 2 สัปดาห์หลังย้ายกล้า (0, 2, 4 และ 6 สัปดาห์หลังย้ายกล้า) ดังนี้ 1) 1.2, 1.2, 1.8 และ 2.4 mS/cm 2) 1.2, 2.4, 3.0 และ 3.6 mS/cm 3) 2.2, 2.4 ,2.8 และ 3.0 mS/cm มีปัจจัยรอง (sub plot) คือ ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) มี 3 ระดับ คือ 0, 2.5 หรือ 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร พ่นทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้งจนถึงระยะเก็บเกี่ยว บันทึกข้อมูล จำนวนช่อดอกต่อต้น (ช่อต่อต้น) การเกิดก้นผลเน่า (blossom end rot) (เปอร์เซ็นต์) จำนวนผลต่อต้น (ผลต่อต้น) และน้ำหนักผลผลิตรวม (กรัม)

ผลและวิจารณ์ผล*

การให้รูปแบบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันซึ่งเป็นปัจจัยหลัก (main plot) มีผลทำให้จำนวนช่อดอกต่อต้นและการเกิดอาการก้นผลเน่าของมะเขือเทศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ารูปแบบค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.2, 1.8, 2.4 mS/cm ทำให้ได้จำนวนช่อดอกต่อต้นสูงที่สุด (12.20 ช่อ/ต้น) รองลงมาคือ รูปแบบ 2.2, 2.4, 2.8, 3.0 mS/cm (10.13 ช่อ/ต้น) และ รูปแบบ 1.2, 2.4, 3.0, 3.6 mS/cm (9.96 ช่อ/ต้น) ตามลำดับ และทำให้การเกิดก้นผลเน่าน้อยที่สุด (0.4 เปอร์เซ็นต์) (Table 1) การใช้ค่า EC ที่ต่ำเกินไป โดยเฉพาะในช่วงออกดอก อาจจะทำให้มะเขือเทศมีการสะสมอาหารไว้ในต้นไม่เพียงพอที่จะสร้างผลผลิตที่ดี ในขณะที่การใช้ค่า EC ที่สูงเกินไป โดยเฉพาะก่อนออกดอก อาจจะทำให้เกิดการสะสมของเกลือในวัสดุปลูกจนเค็มเกินไป และเป็นพิษต่อพืช จำนวนช่อจึงลดลง และในขณะที่พบการเกิดก้นผลเน่าเพิ่มขึ้น เมื่อให้ค่า EC ระดับหนึ่งซึ่งเป็นค่า EC สูงหรือต่ำก่อนออกดอก และการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารให้มากขึ้นในระยะหลังออกดอก

(เฟิร์น, 2554) ความต้องการธาตุอาหารของพืชแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโต การให้ค่า EC ต่ำในระยะแรก ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณน้อยกว่าและเพิ่มขึ้นเมื่อพืชให้ผลผลิตหรือการเจริญเติบโตทางเจริญพันธุ์ (ดิเรก, 2550) แต่การเพิ่มค่า EC ที่สูงเกินไปอาจส่งผลทำให้ผลผลิตลดลง (Rosadi และคณะ, 2014) แต่รูปแบบค่าการนำไฟฟ้าไม่มีผลทำให้จำนวนผลต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตรวมแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันซึ่งเป็นปัจจัยรอง (sub plot) โดยพ่นแคลเซียมที่ความเข้มข้น (0, 2.5 หรือ5.0กรัมต่อลิตร) มีผลทำให้จำนวนผลต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตรวมของมะเขือเทศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น2.5หรือ5กรัมต่อลิตรมีผลทำให้จำนวนผลต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตรวมดีที่สุด (21.14 หรือ 19.59 ผลต่อต้น) และ (2,065 หรือ 1,783.5 กรัม) ตามลำดับ (Table 1) ธีระพงศ์ (2554) ได้ศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แตกต่างกันต่อมะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุปลูกไม่ใช้ดิน พบว่ามะเขือเทศที่ไม่ได้รับแคลเซียม (0 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทำให้จำนวนช่อดอก จำนวนผล น้ำหนักผลสดต่อต้น น้อยกว่ากรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมทุกความเข้มข้น และ Peyvast และคณะ (2009) รายงานว่าการพ่นแคลเซียมช่วยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและคุณภาพผลผลิตสูงแคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญในโครงสร้างของผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์และการเจริญเติบโตของผลรวมทั้งคุณภาพของผล แคลเซียมยังมีส่วนร่วมในการทำงานของเซลล์ต่างๆ เช่น การกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ การสังเคราะห์แสง และการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต และหากพืชขาดแคลเซียมอาจส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตลดลง (Kadir, 2004) แต่การให้พ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันไม่มีผลทำให้จำนวนช่อดอกต่อต้นและการเกิดก้นผลเน่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

การให้รูปแบบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลทำให้จำนวนช่อดอกต่อต้น การเกิดก้นผลเน่า (Table 1) จำนวนผลต่อต้น และน้ำหนักผลผลิต (Table 1) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

การให้รูปแบบค่าการไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร 1.2, 1.2, 1.8 และ 2.4 mS/cm มีผลทำให้มีจำนวนช่อดอกต่อต้นสูงที่สุดและเกิดอาการก้นผลเน่า (blossom end rot) น้อยที่สุด และการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ 2.5 กรัมต่อลิตร มีผลทำให้น้ำหนักผลผลิตรวมและจำนวนผลต่อต่อต้นสูงที่สุด และการให้รูปแบบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารร่วมกับแคลเซียมที่ 2.2, 2.4, 2.8, 3.0 mS/cm แคลเซียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อลิตร ทำให้มีจำนวนผลต่อต้นสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ทองอร่าม, 2550, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 3 พิมพ์ดีการพิมพ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

ธีระพงศ์ ทาหล้า, 2554, ผลของแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ญีฮานร์ เจะนะ, 2553, ผลของความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพผลของมะเขือเทศเชอรี่, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

นิพนธ์ ไชยมงคล, มปป, ฐานข้อมูลพืชผัก บทความเกษตร:มะเขือเทศ, แหล่งที่มา: http://www.vegetweb.com/wp-content/download/tomato.pdf, 19 สิงหาคม 2558.

เฟิร์น อัครวงศ์. 2554. ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพผลมะเขือเทศบริโภคสดพันธุ์ CLN 3125 ที่ปลูกในวัสดุปลูกขุยมะพร้าว, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2538, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

Dong, C.X., Zhou, J.M., Fan, X.H., Wang, H.Y., Duan, Z.Q. and Tang, C., 2005, Application methods of calcium supplements affect nutrient levels and calcium forms in mature tomato fruits, Journal of Plant Nutrition, 27(8):1443-1445.

Dorais, M., Papadopoulos, A.P. and Gosselin, A, 2001, Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality, Agronomie, 21 (1): 367-383.

Hernandez, C., Buston, V., Zamudio, N. and Duron, A, 1996, Fertilizer application to Greenhouse Tomatoes. Advance Agroindustrial, 16: 42-45.

Ho, L.C. and White, P.J., 2005, A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit, Annals of Botany, 95(4):571-581.

Kadir, S.A., 2004, Fruit quality at harvest of 'Jonathan' apple treated with foliar applied calcium chloride. Journal of Plant Nutrition, 27:1991-2006.

Max, J. F. and Horst, W. J., 2009, Influence of nighttime electrical conductivity of substrate solution on fruit cracking and blossom end rot of greenhouse tomato in the tropics. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172(6):829-838.

Peyvast, G., Olfati, J. A., Ramezani-Kharazi, P., and Kamari-Shahmaleki, S., 2009, Uptake of calcium nitrate and potassium phosphate from foliar fertilization by tomato, Journal of Horticulture and Forestry, 1(1):7-13.

Rosadi, R. B., Senge, M., Suhandyand, D. and Tusi, A., 2014, The Effect of EC levels of nutrient solution on the growth, yield, and quality of tomatoes (*Solanum lycopersicum*) under the hydroponic system, Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology 2(1):7-12.

Table 1 Number cluster, blossom end rot, fruit number, total yield of tomato grown in different EC pattern and Ca concentrations

Treatment	Cluster number (Cluster/plant)	Blossom end rot (%)	Fruit number (fruit/plant)	Total yield (g)
EC pattern (mS/cm)				
1.2,1.2,1.8, 2.4	12.20 a	0.40 b	16.30	1,643
1.2, 2.4, 3.0, 3.6	9.96 b	3.52 a	20.22	1,872
2.2, 2.4, 2.8, 3.0	10.13 b	2.70 b	20.30	1,839
F-test	*	*	ns	ns
Ca concentration				
0 g/l	11.01	2.38	16.09 b	1,505.2 b
2.5 g/l	10.81	2.89	21.14 a	2,065.7 a
5.0 g/l	10.47	1.36	19.59 ab	1,783.9 ab
F-test	Ns	Ns	*	*
EC×Ca	Ns	Ns	ns	ns
CV (%)	9.73	94.1	22.71	18.17

Means in each column followed the same letter are not significantly different according to DMRT

*significantly different at the 0.05 level of probability respectively and ns = non significantly different

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 561-564 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 561-564 (2561)

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ฉลาดแบบมีแผ่นชี้วัดการหืนเพื่อบ่งชี้อายุการเก็บของทุเรียนทอดในสภาวะเร่ง
Development of Intelligent Packaging with Rancidity Indicator Pads for Indicating Shelf-life of Durian Chips in Accelerated Condition

รัชนีวรรณ กุลจันทร์[1], วารี จารุวัฒนายนต์[1] และบุษกร ประดิษฐนิยะกูล[1]
Kulchan R.[1] Jaruwatthanayon W.[1] and Pradiniyakul B.[1]

Abstract*

Rancidity indicator pads were developed to indicate a shelf-life of Durian chips. A, B and C types of indicator pad of mixed dyes were prepared and put in pouches that contained 30 g of Durian chips which was kept at 50 °C and exposed to daylight fluorescent light tubes to accelerate rancid activity. The color changes of indicator pads were illustrated in TCD and the chemical properties of Durian chips, such as pH, acidity value (ADV), peroxide value (PV), and sensory, were evaluated. The testing result was that Durian chips presented an increase in % acidity from 0.0024 to 0.0026, 0.0029 and 0.0031. pH value was decreased from 6.11 to 5.92, 5.86 and 5.79, related to 0, 3, 7 and 10 days respectively. This affected color changes (TCD value) of indicator pads, TCD increasing is clear in different ($P < 0.05$), especially in 3 days of storage time with PV of 12.54 meq.O_2/kg. This value was more than level of FAO/WHO standards indicating the rancidity. Indicator pad A changed color from green to red, B from magenta to brown, and C from sky blue to white.

Keywords: Durian chip, Shelf-life in accelerated condition, Indicator, Intelligent packaging, Rancidity

บทคัดย่อ

แผ่นชี้วัดการหืนพัฒนาเพื่อชี้วัดการหืนของทุเรียนทอด โดยพัฒนาแผ่นชี้วัด A, B และ C จากสีย้อมผสม แล้วใส่ในถุงที่บรรจุทุเรียนทอดหนัก 30 กรัม เก็บรักษาในสภาวะเร่งที่ 50 °C ซึ่งมีหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ เพื่อเร่งการหืน จากนั้นเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ที่อายุการเก็บต่างๆ โดยแผ่นชี้วัดจะนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนสี (total color difference, TCD) ส่วนทุเรียนทอดนำมาวิเคราะห์ผลทางเคมี ได้แก่ pH, ความเป็นกรด (ADV), เปอร์ออกไซด์ (PV) และทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ทุเรียนทอดมีค่าร้อยละความเป็นกรดเพิ่มขึ้นจาก 0.0024 เป็น 0.0026, 0.0029, และ 0.0031 ส่วนค่า pH ลดลงจาก 6.11 เป็น 5.92, 5.86, และ 5.79 ที่ระยะ 0, 3, 7 และ 10 วัน ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้แผ่นชี้วัดทั้ง 3 ชนิด มีการเปลี่ยนสี โดยมีค่า TCD เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะระยะ 3 วัน ค่า PV ของทุเรียนทอดเพิ่มขึ้น เท่ากับ 12.54 meq.O_2/kg ซึ่งมากกว่าที่ FDA/WHO กำหนด แผ่นชี้วัดชนิด A เปลี่ยนสีจากเขียวเป็นแดง ชนิด B เปลี่ยนจากม่วงแดงเป็นน้ำตาล และชนิด C เปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นขาว

คำสำคัญ: ทุเรียนทอด อายุการเก็บในสภาวะเร่ง ตัวชี้วัด บรรจุภัณฑ์ฉลาด การหืน

คำนำ

ทุเรียนทอดเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีศักยภาพสูง ในการผลิตทุเรียนทอดมีการทำในช่วงฤดูที่มีผลผลิตออกมากและเก็บไว้ทยอยนำออกมาจำหน่ายทั้งปีจนกว่าจะหมด สาเหตุสำคัญที่ทำให้เสื่อมคุณภาพ คือ ไม่กรอบและการหืน การหืนเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออกซิเดชัน การหืนจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเกิดจากการก่อตัวของกรดไขมันและเกลือของกรดไขมันโดยมีน้ำเข้าไปเร่งปฏิกิริยาหรือเกิดจากเอนไซม์ไลเปส ส่วนการหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมีกระบวนการเกิด 3 ขั้นตอน คือ อินนิชิเอชัน โพรพาเกชัน และเทอร์มิเนชัน ในอินนิชิเอชันกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะแตกตัวด้วยตัวกระตุ้น เช่นแสง อุณหภูมิ เหล็ก ความชื้น ออกซิเจนจึงเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวผลิตเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระและผลิตมากในขั้นโพรพาเกชัน สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์เป็นสารไม่เสถียรจะแตกตัวในขั้นเทอร์มิเนชันเกิดสารต่างๆ ที่ทำให้มีกลิ่นหืน ได้แก่ แอลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ ฟูแรน กรด เป็นต้น (Shahidi และ Zhong, 2005; Sen, 2015) และ Azarbad และ Jelen (2014) รายงานว่าสารเฮกซานาลซึ่งเป็นสารกลุ่มแอลดีไฮด์จะผลิตในปริมาณสูงและใช้เป็นตัวบ่งชี้การเกิดการหืน ทุเรียนทอดที่ใช้นี้ผู้ผลิตจะใช้น้ำมันปาล์มใหม่ทอดซึ่งโดยทั่วไปน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวคือ ปาล์มิติกร้อยละ 44 กรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ โอเลอิกร้อยละ 39 การหืนมีผลต่อคุณภาพ

[1]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 ม. 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[1]Thailand Institute of Scientific and Technological Research 35 Moo.3 Technotanee Khlong 5 Khlong Luang Pathum Thani 12120

อาหารและสุขภาพของผู้บริโภค จากการทดลองให้สัตว์กินน้ำมันที่เหม็นหืน พบว่า สัตว์มีอาการเยื่อตาอักเสบอย่างแรง ระบบการย่อยอาหารปั่นป่วน การสืบพันธุ์ล้มเหลว โลหิตจาง และมีเม็ดโลหิตขาวต่ำกว่าปกติ (Jaar และคณะ, 1999) จึงมีแนวคิดที่จะนำบรรจุภัณฑ์ฉลาดที่เปลี่ยนสีให้เห็นอย่างชัดเมื่ออาหารเกิดการหืนมาใช้เพื่อเตือนผู้บริโภค ซึ่งมีงานวิจัยบรรจุภัณฑ์ด้านนี้หลายเรื่อง (Crowley และคณะ, 2005; Nopwinyuwong และคณะ, 2010) วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อวิจัยพัฒนาแผ่นชี้วัดการหืนสำหรับติดตามการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากการหืนของทุเรียนทอด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาแผ่นชี้วัดและการทดสอบการเปลี่ยนสี

เตรียมสารละลายเซลลูโลส (วิธีของ Nopwinyuwong และคณะ, 2010) ชั่งสารละลายเซลลูโลส 100 กรัม ผสมกับสีย้อมแต่ละสูตร (สูตร A, B และ C) คนจนเป็นเนื้อเดียวกัน เทลงบนแผ่นฟิล์มพลาสติก LDPE ที่ขึงตึงบนแผ่นกระจก ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชม. ตัดเป็นแผ่นกลม แล้วนำไปทดสอบการเปลี่ยนสีกับสารละลายเฮกซานาลที่มีค่า pH ต่างๆ โดยนำละลายเฮกซานาล (จาก Merck KGaA.) มาละลายกับเอทิลแอลกอฮอล์ให้มีความเข้มข้น 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 Molar จากนั้นนำไปวัดค่า pH ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.36 5.97 4.93 4.43 3.95 และ 2.95 ตามลำดับ ทดสอบโดยหยดสารละลายเฮกซานาลลงบนแผ่นชี้วัดจำนวน 15 ไมโครลิตร (ทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ) ทิ้งไว้ 1 วัน จึงวัดสีของแผ่นชี้วัดแล้วคำนวณค่าการเปลี่ยนสี (total color difference; $TCD = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$)

2. การทดสอบการใช้งานของแผ่นชี้วัดกับทุเรียนทอดในสภาวะเร่ง

โดยทั่วไประหว่างรอจำหน่ายผู้ประกอบการจะเก็บในที่มืดเพื่อชะลอการหืน แต่ด้วยการทดลองนี้มีระยะการทดลองสั้นจึงทดสอบในสภาวะเร่ง โดยนำทุเรียนทอด 30 กรัม บรรจุในถุง OPP หนา 50 ไมโครเมตร กว้าง 0.105 ม. สูง 0.15 ม. (พื้นที่ผิวทั้งซอง=0.0315 $ม^2$) ใส่แผ่นชี้วัด 3 ชนิด เข้าไปภายในถุง เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 50 °C และมีการติดตั้งระบบไฟฟ้าส่องสว่างโดยใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 14 วัตต์ จำนวน 3 หลอด (มีค่าปริมาณแสงที่ตกกระทบบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ประมาณ 4,789.63 ลักซ์) เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยาการหืน จากนั้นวิเคราะห์ผลทุก 3-4 วัน ครั้งละ 3 ซ้ำ โดยแผ่นชี้วัดถูกนำไปวัดการเปลี่ยนสี (หาค่า TCD) ส่วนทุเรียนทอดนำไปวิเคราะห์ ค่า pH (ใช้เครื่อง SI Analytics Lab 850) ค่า PV ตามวิธีของ AOCS Cd 8-53 ค่า ADV ตามวิธีของ AOAC 947.05 และทดสอบกลิ่นหืนโดยทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือก การทดสอบจะใช้วิธีการให้คะแนน (rating test)

ผลและวิจารณ์ผล*

1. การพัฒนาแผ่นชี้วัดการหืนและการทดสอบการเปลี่ยนสี

แผ่นชี้วัดชนิด A, B และ C ซึ่งแตกต่างไปตามเฉดสีที่ได้จากการส่วนผสมของสีย้อมที่ต่างกัน โดยแผ่นชี้วัดชนิด A มีค่า L, a และ b เท่ากับ 71.70, -26.64 และ 46.63 ตามลำดับ ชนิด B มีค่า L, a และ b เท่ากับ 72.78, -28.40 และ 44.53 ตามลำดับ และ ชนิด C มีค่า L, a และ b เท่ากับ 71.24, -25.95 และ 49.20 ตามลำดับ เมื่อทดสอบการเปลี่ยนสีของแผ่นชี้วัดกับสารละลายเฮกซานาลที่มีค่า pH ต่างๆ ผลดัง Figure 1 พบว่าแผ่นชี้วัดมีการเปลี่ยนสีอย่างชัดเจนซึ่งสอดคล้องกับค่า TCD (Figure 2) ที่มีค่ามากเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายเฮกซานาล ที่มีค่า pH ลดลง เหตุที่แผ่นชี้วัดเปลี่ยนสีเนื่องจากสารละลายเฮกซานาลเป็นสารแอลดีไฮด์ที่มีโครงสร้างที่เรียกว่า alpha hydrogen ในโครงสร้างทำให้มีฤทธิ์ความเป็นกรดสูง (Suppakul, 2012) โดยเฉพาะชนิด A มีค่า TCD สูงที่สุดจึงเห็นความแตกต่างของสีที่ปรากฏชัดเจนที่สุด

2. การทดสอบการใช้งานของแผ่นชี้วัดกับทุเรียนทอดในสภาวะเร่ง

ผลการทดสอบการใช้งานของแผ่นชี้วัดในสภาวะเร่ง พบว่า แผ่นชี้วัดทั้ง 3 ชนิด เปลี่ยนสีตั้งแต่ 3 วันแรก (Figure 3) จากผลการทดลอง Table 1 ค่า TCD ของแผ่นชี้วัดทุกชนิดเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บที่เพิ่มขึ้น โดยแผ่นชี้วัดทั้ง 3 ชนิดมีเปลี่ยนสีที่สัมพันธ์กับค่า PV, ADV ที่เพิ่มขึ้น แต่ค่า pH ลดลง โดยที่ระยะ 3 วันแรก ทุเรียนทอดมีค่า PV เพิ่มจาก 6.38 (0 วัน) เป็น 12.54 meq. O_2/kg ซึ่งมากกว่า 10 meq.O_2/kg ตามที่ FDA/WHO กำหนดว่าอาหารเกิดการหืนแล้ว ทั้งนี้เพราะมีแสงและอุณหภูมิเป็นตัวเร่ง การหืนจึงเกิดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยอื่นที่ใช้แสงและอุณหภูมิเป็นตัวเร่งเช่นกัน (Pristouri และ Kontominas, 2010) ส่วนการทดสอบกลิ่นหืนผู้ทดสอบยังไม่สามารถรับรู้กลิ่นได้ที่ระยะ 7 วันแรก เพราะมีระดับต่ำและกลิ่นปนมากับกลิ่นทุเรียนทอดจึงยากที่จะแยกแยะ แต่เมื่อหืนมากขึ้น มีสารระเหยมากขึ้น (ค่า PV มากขึ้น) จึงทำให้ผู้ทดสอบเริ่มรับรู้กลิ่นหืนได้ที่ระยะ 10 วัน นอกจากนี้การเกิดการหืนส่งผลให้ pH ของทุเรียนทอดลดลงจาก 6.11ที่ระยะเริ่มต้น (0 วัน) เป็น 5.92, 5.87, และ 5.79 ที่อายุ

การเก็บ 3, 7, และ 10 วัน ตามลำดับ รวมทั้ง % ADV มีค่าลดลงตามระยะการเก็บถึงแม้จะไม่ต่างกันทางสถิติ ด้วยผลจากการเกิดการหืนดังกล่าวทำให้สีของแผ่นชี้วัดเปลี่ยนสี โดยชนิด A เปลี่ยนสีจากเขียวเป็นแดง ชนิด B เปลี่ยนจากม่วงแดงเป็นน้ำตาล และชนิด C เปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นขาว โดยค่า TCD ของแผ่นชี้วัดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทุกระยะการเก็บ ($P < 0.05$) จะเห็นได้ว่าแผ่นชี้วัดการหืนทั้ง 3 ชนิด สามารถชี้วัดการหืนของทุเรียนทอดในสภาวะการเก็บนี้ได้ แต่ชนิด A และ C มนุษย์จะแยกสีได้ชัดกว่าชนิด B เพราะชนิด A และ C มีค่า TCD 67.24 และ18.95 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่า 12.0 ซึ่งเป็นค่า TCD ที่มนุษย์สามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างชัดเจน (Francis,1983)

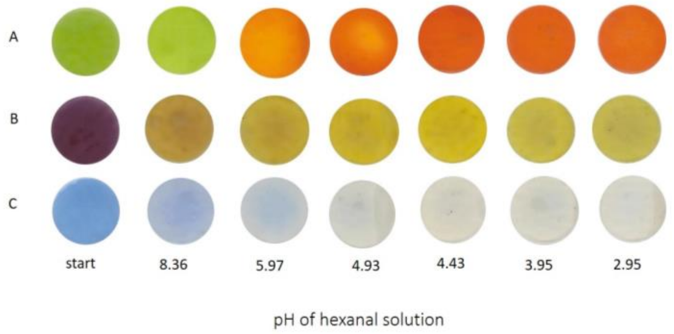


Figure 1 Color change of indicator pads responded to hexanal.

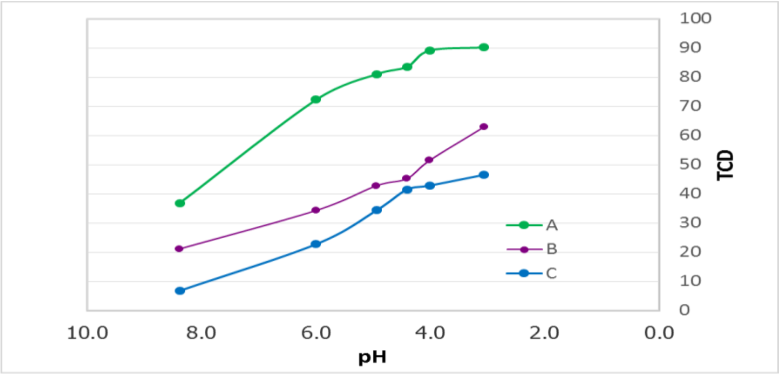


Figure 2 Relationship between TCD of indicator pads and pH of hexanal.

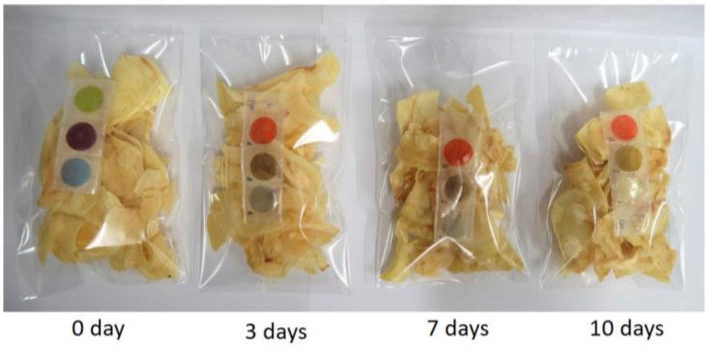


Figure 3 Color change of indicator pads kept at 50 °C.

Table 1 Rancidity reaction of Durian chips and TCD of indicator pads kept at 50 °C.

Storage Time (days)	Durian chip				Total Color Difference (TCD) of indicator pads		
	Peroxide value (PV) (meq.O_2/kg)	Rancidity* (scale)	% Acidity (ADV)	pH	A	B	C
0	6.38a	0a	0.0024a	6.11d			
3	12.54b	0a	0.0026ab	5.92c			
7	39.09c	0a	0.0029ab	5.87b			
10	40.20c	0.7a	0.0031ab	5.79a			

Remark: * rancidity scale 0 = non-rancid 1= slightly rancid 2 = rancid 3 = more rancid
a,b,c.. = significant in columns ($P < 0.05$)
1,2,3 = significant in rows ($P < 0.05$)

สรุปผล

จากผลการพัฒนาและทดสอบการใช้งานแผ่นชี้วัดการหืนกับทุเรียนทอดในสภาวะเร่ง ทุเรียนทอดเกิดการหืนเร็วมากภายในระยะเวลา 3 วัน ค่า PV ของทุเรียนทอดมีค่าสูงมากกว่า 10 meq.O_2/kg เนื่องจากมีแสงและอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการหืน สำหรับผลการใช้งานของแผ่นชี้วัดการหืนที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดการเสื่อมเสียของทุเรียนทอดที่เกิดการหืนได้ โดยการเปลี่ยนสีของแผ่นชี้วัดที่เห็นได้ชัดเจนเพื่อแจ้งเตือนสถานะของทุเรียนทอดว่าเกิดการหืน โดยแผ่นชี้วัดชนิด A และ C แสดงผลที่ชัดเจนและสอดคล้องกับค่า PV ซึ่งเป็นค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดการหืนของอาหาร

เอกสารอ้างอิง*

Azarbad M.H., and Jelen H., 2014. Determination of Hexanal – an Indicator of Lipid Oxidation by Static Headspace Gas Chromatography (SHS-GC) in Fat-Rich Food Matrices. Food Analytical Methods 7. Published Online.

Crowley K., Pacquit A., Hayes J., Lau K.T., and Diamond D., 2005, A Gas-Phase Colorimetric Sensor for the Detection of Amine Spoilage Products in Packaged Fish. IEEE.754-757.

Francis F.J., 1983, Colorimetry of foods. *In* M. Peleg and E.B. Bagley, eds. Physical Properties of Foods. AVI Publishing, Westport. pp. 105-124.

Jaar V., Ste-Marie J. A., and Montgomery J. A., 1999, Striatal Metabolism of Hexanal, a Lipid Peroxidation Product, in the Rat. Metabolic Brain Disease 14: 71-82.

Nopwinyuwong A., Trevanich S., and Suppakul P., 2010, Development of a Novel Colorimetric Indicator Label for Monitoring Freshness of Intermediate-moisture Dessert Spoilage. Talanta 81: 1126-1132.

Pristouri G., and Kontominas M.G., 2010, Effect of Packaging Material Headspace, Oxygen and Light Transmission, Temperature and Storage Time on Quality Characteristics of Extra Virgin Olive Oil. Food Control 21. 412-418.

Sen D.J., 2015, Cooking Oil Rancidity During Deep Frying Causes Health Hazards. Journal of Drug Discovery and Therapeutics 3. 1-5.

Shahidi F., and Zhong, Y., 2005. Lipid Oxidation: Measurement Methods, *In* F. Shahidi, 6th ed. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, John Wiley & Sons Inc. Hoboken, NJ, USA. pp. 357-385.

Suppakul P., 2012, Intelligent packaging. Part VII: trends in frozen food packaging, *In* D-W. Sun, 2nd ed. Handbook of Frozen Food Processing and Packaging. CRC Press, Boca Raton. pp. 837-860.

อิทธิพลของการปลูกพืชร่วมระหว่างข้าวโพดหวานลูกผสมและถั่วเขียวพันธุ์ใหม่ 3 พันธุ์ต่อผลผลิตและค่าการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดิน

Effects of Intercropping between Sweet Corn Hybrid and 3 New Cultivars of Mungbean on Yield and Land Equivalent Ratio

ทองมี เหมาะสม[1*] และ รัชตา ทนวิทูวัตร[1]
Mosom, T.[1*] and Tonwitowat, R.[1]

Abstract

Cropping system is one method that's able to increase the productivities of land especially at the current climate change situation. The objectives of this study were to evaluate yield including land equivalent ratio (LER) of sweet corn hybrid (Sugar star) and 3 new cultivars of mungbean (KUML1, KUML3, KUML8) under intercropping. The experiment was conducted at Faculty of Agriculture Technology, RMUTT during Dec. 2016 to Mar. 2017 by RCBD, 3 replications with 7 planting patterns: sole sweet corn, sole each mungbean cultivar as well as the intercropping with one parallel row of each mungbean cultivar on one side of sweet corn stand. Result showed that yield of sweet corn was slightly decreased by intercropping. Meanwhile the yields of mungbean intercropping were decreased by 26.3, 53.7 and 60.3% respectively. However, intercropping gave higher LER than sole cropping. The greatest LER (1.73) was obtained from intercropping between sweet corn and mungbean (KUML1).
Keywords: Intercropping, Yield, Land equivalent ratio

บทคัดย่อ

ระบบการปลูกพืชเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลิตภาพของพื้นที่ดินทางการเกษตร โดยเฉพาะสภาวะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศที่เผชิญอยู่ในปัจจุบัน การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปลูกพืชร่วมต่อผลผลิต ค่าการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดิน (LER) ระหว่างข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ Sugar Star กับถั่วเขียวพันธุ์ใหม่ 3 พันธุ์ (KUML1, KUML3, KUML8) โดยปลูกทดลองที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ระหว่าง ธ.ค.2559-มี.ค.2560 ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ 7 แบบ ประกอบด้วย แบบที่ 1-4 ปลูกข้าวโพดหวานและปลูกถั่วเขียวแต่ละพันธุ์เพียงพืชเดียว และแบบที่ 5-7 ปลูกถั่วเขียวแต่ละพันธุ์ แซมลงด้านข้างเพียง 1 ด้าน 1 แถว ขนานกับแถวข้าวโพดหวาน ผลการทดลองพบว่า ข้าวโพดหวานที่ปลูกร่วมให้ผลผลิตลดลงเพียงเล็กน้อย ขณะที่ถั่วเขียวทั้งสามพันธุ์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดหวานให้ผลผลิตลดลง 26.3, 53.7 และ 60.3% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการปลูกร่วมให้ค่า LER สูงกว่าการปลูกพืชเดี่ยว โดยให้ค่า LER สูงที่สุด (1.73) เมื่อปลูกร่วมระหว่างข้าวโพดหวานกับถั่วเขียวพันธุ์ KUML1
คำสำคัญ: การปลูกพืชร่วม, ผลผลิต, ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน

คำนำ*

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* L. Saccharata) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศที่ใช้ในการบริโภคฝักสดและการแปรรูปเพื่อส่งออก ในปี 2559 มีพื้นที่เพาะปลูก 202,942 ไร่ ผลผลิตรวม 263,548 ตัน และผลผลิตของข้าวโพดหวานนำมาแปรรูปบรรจุกระป๋องโดยมีมูลค่าส่งออกคิดเป็นมูลค่า 197.30 ล้านเหรียญสหรัฐ การผลิตและส่งออกข้าวโพดหวานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม, 2559) นอกจากนี้ถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ใช้น้ำน้อย ตลาดต้องการวัตถุดิบเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการผลิตถั่วเขียวในประเทศยังไม่เพียงพอใช้ในประเทศ จึงต้องนำเข้าถั่วเขียวจากประเทศเมียนมาร์ (พีระศักดิ์, 2559) ในปี 2558 มีพื้นที่เพาะปลูก 829,145 ไร่ ต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ 4,146 ตัน แต่รัฐผลิตเมล็ดพันธุ์ได้เพียง 617 ตัน คิดเป็นร้อยละ 15 ของความต้องการเมล็ดพันธุ์ (อดิศักดิ์, 2558) กลยุทธ์ที่น่าสนใจในการเพิ่มผลิตภาพและการใช้แรงงานต่อหน่วยพื้นที่คือ

[1]สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Division of Crop production, Faculty of Agriculture Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การเพิ่มการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัด การปลูกพืชร่วมหรือแซม (Intercropping) เป็นการปลูกพืชมากกว่าหนึ่งชนิดในพื้นที่เดียวกันและเวลาเดียวกัน ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมานิยมนำเทคนิคการปลูกพืชร่วมมาปฏิบัติเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการทำการเกษตร เพื่อเพิ่มผลิตภาพต่อหน่วยพื้นที่ผ่านทางการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ในการปลูกพืชร่วมนิยมปลูกข้าวโพดร่วมกับพืชตระกูลถั่ว (Thayamini และ Brintha, 2010)

ในประเทศไทยการปลูกพืชร่วมที่มีอายุสั้นมีน้อย ส่วนใหญ่นิยมระบบการปลูกพืชตามลำดับหรือแบบการปลูกพืชร่วมที่มีอายุเก็บเกี่ยวต่างกัน แต่ในสถานการณ์ปัจจุบันเกษตรกรมีพื้นที่ถือครองทำการเกษตรลดลง การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์พื้นที่จึงมีความจำเป็นเพิ่มขึ้น ประกอบกับการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ วิธีการเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนสูงกลับมาอย่างรวดเร็วในเวลาสั้น เป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรในการปลูกพืชเศรษฐกิจให้ได้รับผลตอบแทนอย่างคุ้มค่า งานวิจัยครั้งนี้ จึงได้นำข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ Sugar star ซึ่งเป็นข้าวโพดหวานที่นิยมปลูกในปัจจุบัน ปลูกร่วมกับถั่วเขียวพันธุ์ใหม่ 3 พันธุ์ (KUML1, KUML3, KUML8) ซึ่งเป็นถั่วเขียวพันธุ์ใหม่ที่ได้รับการคัดเลือกสายพันธุ์โดย ศ.ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ผลผลิต 300 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาดเมล็ดใหญ่ 1,000 เมล็ด มีน้ำหนักมากกว่า 75-80 กรัม มีความต้านทานต่อโรคราแป้งและใบจุด (พีระศักดิ์, 2558) และมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการให้ผลผลิต ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และคัดเลือกพันธุ์ถั่วเขียวที่มีศักยภาพให้ผลผลิตสูงในการปลูกร่วม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำเกษตรในการปลูกร่วมและใช้ทรัพยากรที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกร่วมระหว่างข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ Sugar star ผลิตโดยบริษัทซินเจนทา ซีดส์ จำกัด(Syngenta®) กับถั่วเขียวพันธุ์ใหม่ 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ KUML1, KUML3 และ KUML8 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) แปลงย่อยขนาด 6 x 3 เมตร จำนวน 7 แบบๆละ 3 ซ้ำ ได้แก่ แบบที่ 1 ปลูกข้าวโพดหวานลูกผสมเพียงพืชเดียว แบบที่ 2 ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 เพียงพืชเดียว แบบที่ 3 ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML3 เพียงพืชเดียว แบบที่ 4 ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML 8 เพียงพืชเดียว แบบที่ 5 ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 แซมลงด้านข้างเพียง 1 ด้าน 1 แถว ขนานกับแถวข้าวโพดหวาน แบบที่ 6 ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML3 แซมลงด้านข้างเพียง 1 ด้าน 1 แถว ขนานกับแถวข้าวโพดหวาน แบบที่ 7 ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML8 แซมลงด้านข้างเพียง 1 ด้าน 1 แถว ขนานกับแถวข้าวโพดหวาน โดยปลูกข้าวโพดหวาน ระยะ 75x25 เซนติเมตร 1 ต้นต่อหลุม และปลูกถั่วเขียวระยะปลูก 50x25 เซนติเมตร 3 ต้นต่อหลุม การเตรียมดินปลูกไถกลบ 1 ครั้ง แล้วไถพรวน และใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้น สูตร 16-16-16 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ จากนั้น 25 และ 45 วันหลังปลูกใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 แต่งหน้าเฉพาะข้าวโพด อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปลูกคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว การเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานหลังวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ 18-20 วัน การเก็บเกี่ยวถั่วเขียวที่อายุ 70 วัน การบันทึกข้อมูลของข้าวโพดหวานประกอบด้วย ความสูง ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต (ความยาวฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก จำนวนแถวต่อฝัก ผลผลิตฝักสดต่อไร่ ผลผลิตต้นสดต่อไร่) และค่าความหวานเมล็ด (°brix) การบันทึกข้อมูลของถั่วเขียว ประกอบด้วย ความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index, LAI) ความเขมสีเขียวของใบ (Chlorophyll content) ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต (จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น) และค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Equivalent Ratio, LER)

ผลและวิจารณ์ผล*

ผลการปลูกข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ Sugar star ที่ปลูกร่วมกับถั่วเขียวพันธุ์ใหม่ 3 พันธุ์ พบว่า ความสูงของข้าวโพดหวาน ในทุกระยะการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ขณะที่ขนาดของฝัก ความยาวฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก และจำนวนเมล็ดต่อฝัก ทั้งปลูกเดี่ยวและปลูกร่วมกับถั่วเขียวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเช่นเดียวกัน นอกจากนี้น้ำหนักฝักดี 10 ฝัก หลังการปอกเปลือกทั้งการปลูกเดี่ยวและปลูกร่วมให้น้ำหนักฝักดีเฉลี่ยเท่ากัน 3.2 กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวโพดหวานร่วมกับถั่วเขียวไม่มีผลกระทบให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลง Polthanee และ Trelo-ges (2003) รายงานว่า การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเขียว ไม่ส่งผลกระทบให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลง นอกจากนี้ผลผลิตต้นสดของข้าวโพดหวานที่ปลูกร่วมกับถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 และ KUML8 มีค่ามากกว่าการปลูกข้าวโพดหวานเพียงอย่างเดียวอีกด้วย ส่วนค่าความหวานของเมล็ดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยที่เมล็ดข้าวโพดหวานที่ปลูกร่วมกับถั่วเขียวพันธุ์ KUML8 ให้ค่าความหวานสูงกว่าแบบปลูกเดี่ยวเพียงเล็กน้อย เฉลี่ย 15.4-16.1 °brix (Table 1) ผลทดลองชี้ให้เห็นว่าการปลูกข้าวโพดหวานร่วมกับถั่วเขียว มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่ากว่าแบบปลูกพืชเดี่ยว เพราะว่าการปลูกถั่วเขียวร่วมกับข้าวโพดหวาน ไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานลดลง นอกจากนี้ในรากถั่วเขียวมีแบคทีเรีย ไรโซเบียมช่วยตรึงไนโตรเจนในอากาศ โดยไนโตรเจนส่วน

หนึ่งที่ได้รับถั่วเขียวนำไปใช้ประโยชน์ และส่วนที่เหลือถูกปลดปล่อยลงสู่ดินให้กับพืชข้างเคียง Senaratne และคณะ (1995) รายงานว่า ข้าวโพดได้รับไนโตรเจนที่ตรึงได้จากอากาศเมื่อปลูกร่วมกับถั่วเขียวประมาณ 7-11 %

ผลการปลูกถั่วเขียวที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดหวาน พบว่า ความสูงของถั่วเขียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่ออายุ 56 วันหลังการปลูก ถั่วเขียวที่ปลูกเดี่ยวให้ความสูงมากกว่าปลูกร่วม โดยที่ถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 ที่ปลูกเดี่ยวให้ความสูงเฉลี่ยสูงสุด 67.9 เซนติเมตร และถั่วเขียวพันธุ์ KUML3 ที่ปลูกร่วมให้ความสูงเฉลี่ยน้อยสุด 48.9 เซนติเมตร ส่วนดัชนีพื้นที่ใบเมื่ออายุ 30 วันหลังการปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่อายุ 45 วันหลังการปลูกของถั่วเขียวพันธุ์ KUML3 และถั่วเขียวพันธุ์ KUML8 ที่ปลูกร่วม พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบลดลง 23.6 % และ 25.9 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกเดี่ยว ส่วนความเข้มสีเขียวของใบเมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังการปลูก พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ KUML8 ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดหวาน ความเข้มสีเขียวของใบมีค่าสูงสุด 41.5 μgcm^{-2} และ 47.7 μgcm^{-2} ตามลำดับ ขณะที่จำนวนฝักต่อต้นของถั่วเขียวที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดหวานให้จำนวนฝักต่อต้นลดลงเฉลี่ย 24.1-43.8 % ส่วนจำนวนเมล็ดต่อฝักของถั่วเขียวที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดหวานลดลงทั้ง 3 แบบ โดยที่ถั่วเขียวพันธุ์ KUML3 ที่ปลูกร่วมให้จำนวนเมล็ดต่อฝักลดลงมากที่สุดเฉลี่ย 9.3 เมล็ด ขณะที่น้ำหนักเมล็ดต่อต้นในแบบปลูกร่วมให้น้ำหนักเมล็ดลดลงเช่นเดียวกันเฉลี่ย 26.1-61.0 % และผลผลิตต่อไร่ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดหวาน พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 ให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด 93.2 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ถั่วเขียวพันธุ์ KUML3 และ KUML8 ให้ผลผลิตต่อไร่ 65.7 และ 53.1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามถั่วเขียวในระบบปลูกร่วมให้ชีวะมวล ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตต่ำกว่าแบบปลูกเดี่ยว เพราะปริมาณแสงแดดที่ถั่วเขียวได้รับภายใต้ร่มเงาของข้าวโพด เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของถั่วเขียวในระบบปลูกร่วม Wahua และ Miller (1978) รายงานว่า เมื่อพืชตระกูลถั่วได้รับการบังแสงส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและการตรึงไนโตรเจนจากอากาศลดลง สมทรง และคณะ (2538) รายงานว่า ถั่วเขียวที่ปลูกช่วงปลายฝน ได้รับปริมาณแสงแดดที่ลดลงส่งผลให้อายุวันออกดอก น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตลดลงจากที่ได้รับแสงปกติประมาณ 50-70 % อย่างไรก็ตาม ค่า LER พบว่า ถั่วเขียวที่ปลูกร่วมข้าวโพดทั้ง 3 แบบให้ค่า LER สูงกว่าแบบปลูกเดี่ยว โดยที่ถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 ให้ค่า LER เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.73 (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับ Ahmed และคณะ (2000) รายงานว่า ในปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเขียวที่ปลูกจำนวน 1 แถวแซมระหว่างต้นข้าวโพด ให้ค่า LER สูงสุด 1.79 และ Polthanee และ Trelo-ges (2003) พบว่า การปลูกถั่วเขียวร่วมกับข้าวโพดให้ค่า LER เฉลี่ยเท่ากับ 1.48 แสดงให้เห็นว่าการปลูกร่วมมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่ากว่าแบบปลูกพืชเดี่ยว

สรุปผล

การปลูกข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ Sugar star ร่วมกับถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 แซมด้านข้างขนานแถวข้าวโพดจำนวน 1 แถว เป็นแบบที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด 93.2 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ค่า LER สูงสุด 1.73 ดังนั้นถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 มีศักยภาพในการปลูกร่วมกับข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ Sugar star ได้ดี อย่างไรก็ตามควรมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาแบบการปลูกร่วมที่เหมาะสมระหว่างข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ Sugar star กับถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 มากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เพราะได้รับการสนับสนุนและให้การเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัย จากสาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง*

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2558, ถั่วเขียวผิวมันสายพันธุ์ใหม่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2559, ถั่วเขียวหลังนาพืชใช้น้ำน้อยทำเงิน, อู่ข้าว, 40: 10-16.

สมทรง โชติชื่น, สมยศ พิชิตมาร, พจนีย์ นาคีรักษ์ และญัตติ ศรีจักรโคตร, 2538, การประเมินสายพันธุ์/พันธุ์ถั่วเขียวที่ทนร่มเงา, ใน รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ งานวิจัย ถั่วเขียว ครั้งที่ 6, หน้า 78-90.

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม, 2559, สินค้าผักผลไม้กระป๋องและการแปรรูป, กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กรุงเทพฯ.

อดิศักดิ์ เรืองวงษ์, 2558, ถั่วเขียวพืชทางเลือกสู้ภัยแล้ง, วิชาการปริทัศน์ 23 (12): 9-13.

Ahmed, F., Hirota, O., Yamada, Y., Haraguchi, T., Matsumoto, M. and Mochizuki, T., 2000, Studies on yield, land equivalent ratio and crop performance rate in maize-mungbean intercropping, Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 45 (1): 39-48.

Polthanee, A. and Trelo-ges, V., 2003, Growth, yield and land use efficiency of corn and legumes grown under intercropping systems, Plant Production Science, 6(2):139-146.

Senaratne, R., Liyanage, N.D.L. and Soper, R.J., 1995, Nitrogen fixation of and N transfer from cowpea, mungbean and groundnut when intercropped with maize [CD-ROM], Fertilizer Research, 40(1):41-48.

Thayamini, H.S. and Brintha, I., 2010, Review on maize based intercropping, Journal of Agronomy, 9(3):135-145.

Wahua, T.A.T. and Miller, D.A., 1978, Effect of Intercropping on soybean N2 fixation and plant composition on associated sorghum and soybeans, Agronomy Journal, 70:292-295.

Table 1 Some agronomic characteristics, yield, yield components and sweetness of sweet corn hybrid as influenced by intercropping.

Planting patterns[1]	Plant height (cm.) 70 das	Size of ears: length of ears (cm)	Size of ears: diameter of ears (cm)	Size of ears: seed row per ear	10 ears weight (kg) without husk	Yield of ears (ton rai^{-1}) without husk	Yield of plants (ton rai^{-1})	Sweetness (°brix)
1	167.2	21.3	5.4	16.0	3.2	2.8	4.6	15.6
5	166.0	21.5	5.2	16.0	3.2	2.7	4.8	15.5
6	172.4	21.4	5.3	16.0	3.2	2.7	4.4	15.4
7	171.9	21.2	5.2	14.0	3.2	2.7	4.7	16.1
CV%	6.5	0.8	1.5	7.7	5.6	4.9	6.8	2.1
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Table 2 Some agronomic characteristics, leaf area index, chlorophyll content ,yield ,yield components and land equivalent ratio (LER) of 3 new cultivars of mungbean as influenced by intercropping.

Planting patterns[1]	Plant height (cm.) 56 das	LAI (m^2 rai^{-1}) 30 das	LAI (m^2 rai^{-1}) 45 das	Chlorophyll content (μgcm^{-2}) 30 das	Chlorophyll content (μgcm^{-2}) 45 das	No.of pod (plant^{-1})	No.of seed (pod^{-1})	Seeds Wt.plant^{-1} (g)	Seeds yield (kg rai^{-1})	LER
2	67.9a	2.0	8.5a	38.5c	46.2c	17.0a	13.1a	9.9a	126.4a	1
3	55.0b	1.7	7.2ab	37.9c	47.3bc	18.0a	10.2d	10.5a	133.8a	1
4	52.6b	2.0	8.5a	42.4a	48.8a	16.3a	12.2bc	11.1a	141.1a	1
5	64.9a	1.8	8.5a	38.0c	46.6bc	12.9b	12.5b	7.3b	93.2b	1.73
6	48.9b	1.7	5.5b	39.7bc	47.6ab	10.1c	9.3e	4.1c	53.1c	1.39
7	49.9b	1.5	6.3b	41.5ab	47.7ab	11.6bc	11.7c	5.1c	65.7c	1.44
CV%	8.8	17.5	12.6	2.8	1.6	9.1	2.8	14.3	14.3	-
F-test	**	ns	**	**	*	**	**	**	**	-

ns = not significant at 95% Level, * = Significant at 95% Level, ** = Significant at 99% Level

[1/]Pattern 1 = Sole cropping sweet corn hybrid (Sugar star)

Pattern 2 = Sole cropping cultivar of mungbean (KUML1)

Pattern 3 = Sole cropping cultivar of mungbean (KUML3)

Pattern 4 = Sole cropping cultivar of mungbean (KUML8)

Pattern 5 = Intercropping between sweet corn hybrid and cultivar of mungbean (KUML1)

Pattern 6 = Intercropping between sweet corn hybrid and cultivar of mungbean (KUML3)

Pattern 7 = Intercropping between sweet corn hybrid and cultivar of mungbean (KUML8)

ผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง
Effect of Gamma Radiation on Chemical and Organoleptics Qualities of Pomelo (*Citrus maxima*)

จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1] ศิริลักษณ์ ชูแก้ว[1] สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] วนิช ลิ่มโอภาสมณี[1] ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] และ ทศพล แทนรินทร์[1]
Eamsiri, J.[1], Chookaew, S.[1], Sajjabut, S.[1], Pewlong, W.[1], Limohphasmanee, V.[1], Kongratarporn, T.[1] and Tanrin, T.[1]

Abstract

Gamma irradiation is an alternative phytosanitary treatment to chemical treatments. The effect of gamma radiation on the chemical qualities, organoleptic qualities and shelf life extension of pomelos were investigated. The pomelos were irradiated at the dose of 0, 300, 600 and 900 grays before storage at 15±2°C. Chemical and sensory properties were evaluated at 0, 2, 4 and 6 weeks of storage time compared to non irradiated pomelos. The results revealed that total acidity and ascorbic acid were decreased when increasing storage time and irradiated dose. The organoleptic qualities of non irradiated and irradiated pomelo could acceptably after storage up to 2 weeks with no significant difference. The irradiated pomelos at the dose of 300 grays had the best overall acceptance when it was kept for 2 weeks at 15±2°C. The dose of 300 grays was suitable to use as a phytosanitary treatment for exported pomelos.

Keywords: pomelo, irradiation, quality

บทคัดย่อ

การฉายรังสีแกมมาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการควบคุมสุขอนามัยพืชแทนการใช้สารเคมี จากการศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บของส้มโอ พันธุ์สายน้ำผึ้ง โดยฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 0 300 600 และ 900 เกรย์ นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และทดสอบคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสที่อายุการเก็บ 0 2 4 และ 6 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลงตามอายุการเก็บและปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณค่าความเป็นกรดด่างที่เพิ่มขึ้น เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของส้มโอที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสีพบว่าที่อายุการเก็บ 2 สัปดาห์ คุณภาพทางประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส้มโอที่ฉายรังสีปริมาณ 300 เกรย์ และเก็บที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส จะมีคุณภาพโดยรวมสูงสุด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการฉายรังสีส้มโอเพื่อการส่งออกได้

คำสำคัญ: ส้มโอ ฉายรังสี คุณภาพ

คำนำ*

ส้มโอ (*Citrus maxima* (Burm.) Merrill) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีศักยภาพสูงในการส่งออกของประเทศ เป็นที่ต้องการของตลาดในและต่างประเทศ นอกจากนี้ผลส้มโอมีผิวเปลือกหนา ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นาน ทนต่อการกระทบกระเทือนระหว่างการขนส่งได้ดี อีกทั้งการเก็บรักษา ที่ไม่นานจนเกินไปก็ไม่ทำให้คุณภาพในด้านรสชาติเสียไป แต่ในทางตรงกันข้ามส้มโอจะมีรสชาติที่ดีขึ้น ส้มโอจึงเป็นพืชที่เหมาะสมที่จะทำการวิจัยและพัฒนาเพื่อการส่งออก

ปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาถือเป็นผู้นำเข้าผลไม้สดเมืองร้อนรายใหญ่ที่สุดของโลก คิดเป็นสัดส่วนมากถึงร้อยละ 41 ของประเทศที่นำเข้าผลไม้สดเมืองร้อนทั่วโลก ในปี 2550 กระทรวงเกษตรสหรัฐฯ อนุญาตให้สินค้าผลไม้สดของไทยทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ ลำไย ลิ้นจี่ เงาะ มังคุด มะม่วงสับปะรด และแก้วมังกร ส่งออกเข้าสู่สหรัฐฯ โดยสินค้าดังกล่าวจะต้องได้รับการบำบัดแมลงศัตรูพืชด้วยวิธีการฉายรังสี เนื่องจากการฉายรังสีแกมมาด้วยปริมาณที่เหมาะสมจัดเป็นวิธีที่ช่วยทำลายการแพร่พันธุ์ของแมลงในอาหารหรือผักผลไม้ได้ โดยที่ไม่ทำให้สภาพและคุณค่าทางอาหารของเนื้อผลไม้เปลี่ยนไป (ยุทธพงศ์ และ วชิรา, 2539) และต้องผ่านการตรวจรับรองโดยเจ้าหน้าที่สหรัฐอเมริกาที่ประจำ ณ ประเทศไทยก่อนส่งออก และคาดว่าในอนาคต ประเทศไทยจะได้รับอนุญาตนำเข้าเพิ่มเติมอีก 2 ชนิด ได้แก่ ฝรั่ง และส้มโอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของส้มโอ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เพื่อรองรับการส่งออกส้มโอไปยังสหรัฐอเมริกาในอนาคต

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
[1] Thailand Institue of Nuclear Technology (Plubic Organization) 9/9 Moo7, Saimoon, Ongkharak, Nakhon Nayok, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างส้มโอ

คัดเลือกส้มโอ พันธุ์สายน้ำผึ้งที่ความสุกประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่มีขนาดและสีสม่ำเสมอ จากสวนในจังหวัดนครนายก แล้วนำมาทำความสะอาดผิวภายนอกโดยการเช็ดด้วยน้ำ และผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำมาฉายรังสีแกมมา ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมาจากต้นกำเนิด ^{60}Co (Power Plus System, Type II (ANSIN 43.12)) ที่ปริมาณรังสี 0 300 600 และ 900 เกรย์ แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำๆละ 4 ผลแล้วทดสอบคุณภาพทางเคมีและทางประสาทสัมผัสที่อายุการเก็บ 0 2 4 และ 6 สัปดาห์

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของส้มโอ

2.1 ความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity content, TA)

ชั่งตัวอย่างส้มโอ 50 กรัม นำไปปั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษวัตแมนเบอร์ 4 จากนั้นจึงนำสารละลายที่เตรียมได้มาวัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง ดูดสารละลายที่เตรียมได้ 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นไป 50 มิลลิลิตร แล้วเติม 1 เปอร์เซ็นต์ ฟีนอฟฟทาลีน 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH จนสารละลายเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู จดบันทึกแล้วคำนวณค่าจากสูตร

$$\text{ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้} = \frac{\text{normality of NaOH x ปริมาตร NaOH ที่ใช้ x MW of citric acid x ปริมาตรน้ำส้มโอ 1กรัม}}{\text{ปริมาตรน้ำส้มโอที่ใช้ในการไทเทรต x จำนวนโปรตอนของกรดซิตริก}}$$

2.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid content, TSS)

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ด้วยเครื่อง hand refractometer โดยคั้นน้ำส้มโอพันธุ์สายน้ำผึ้ง จากนั้นหยดสารละลายลงบนแผ่นปริซึมและส่องดูที่มีแสงสว่าง บันทึกปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีหน่วยเป็น $^{\circ}$ Brix

2.3 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar content) โดยใช้วิธี Phenol sulfuric (Dubois และคณะ, 1956) เทียบกับสารละลายมาตรฐานกลูโคส

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid content) โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (Jasco, Japan) ใช้คอลัมน์ C18 (Phenomenex) ขนาดของคอลัมน์ 25 ซม, 50 mM KH_2PO_4 pH 3.0: methanol 97:3, flow rate 1.0 ml/min UV detector 205 nm

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

โดยทำการทดสอบการยอมรับของส้มโอที่อายุการเก็บต่างๆ โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และคุณภาพโดยรวม โดยใช้ nine-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน นำผลคะแนนของผู้ชิม 10 คนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ ANOVA พร้อมทั้งหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Larmond (1978) โดยมีคะแนนความชอบดังนี้

คะแนน 9	คือ	ชอบอย่างยิ่ง
คะแนน 8	คือ	ชอบมาก
คะแนน 7	คือ	ชอบปานกลาง
คะแนน 6	คือ	ชอบน้อย
คะแนน 5	คือ	เฉยๆ
คะแนน 4	คือ	ไม่ชอบเล็กน้อย
คะแนน 3	คือ	ไม่ชอบปานกลาง
คะแนน 2	คือ	ไม่ชอบมาก

ผลและวิจารณ์ผล**

จากผลการทดลองพบว่าคุณลักษณะทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ได้รับการฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างๆ กัน มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการฉายรังสีและระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส ดังนี้

1. ความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบส้มโอที่ไม่ฉายกับส้มโอที่ฉายรังสีแกมมา พบว่าส้มโอที่ฉายรังสีปริมาณกรดลดลง

ตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการฉายรังสีจะกระตุ้นการหายใจของส้มโอ ทำให้มีการเปลี่ยนกรดไปเป็นน้ำตาล (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2541) นอกจากนี้เมื่อเก็บไว้นานขึ้นปริมาณกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บที่เพิ่มขึ้น โดยที่การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดัง Figure 1

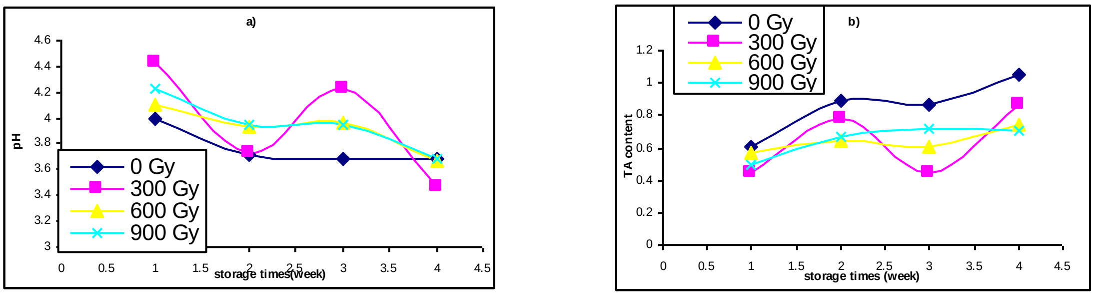


Figure 1 Effect of gamma irradiation on pH value (a) and % titratable acidity content (TA) (b) in pomelo fruit during storage at 15±2 °C.

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

จากการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของส้มโอที่ฉายรังสีจะมีแนวโน้มลดลงต่ำที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณน้ำตาลซึ่งลดลงต่ำที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 เช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมากจากน้ำตาลซูโครสถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว แล้วถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ ก่อนเข้าสู่ Kreb's cycle และกระบวนการไกลโคไลซีสในกระบวนการหายใจ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2541) ดังแสดงใน Figure 2

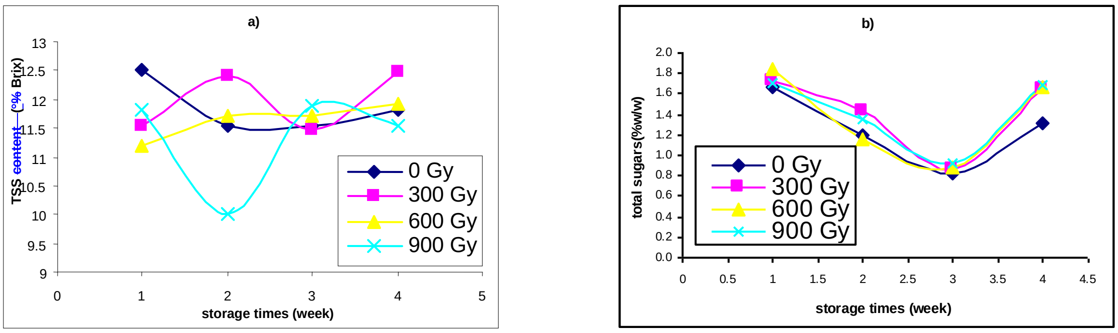


Figure 2 Effect of gamma irradiation on total soluble solid content (TSS) (a) and total sugar content (b) in pomelo fruit during storage at 15±2 °C.

3. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

จากการวิเคราะห์ปริมาณ ascorbic acid โดยใช้ HPLC พบว่าปริมาณ ascorbic acid ในส้มโอที่อายุการเก็บ 0, 2,4 และ 6 สัปดาห์และที่ปริมาณรังสีต่างๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **($p<0.05$)** ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Effect of gamma irradiation on ascorbic acid contents in pomelo fruit during storage at 15±2 °C.

Dose (Gy)	Ascorbic acid (mg/100g)			
	0 week	2 week	4 week	6 week
0	27.85±1.04	30.35±1.92	28.38±1.49	25.54±2.40
300	35.12±1.88	31.61±1.69	25.60±0.29	26.29±3.80
600	31.87±3.44	27.75±2.01	26.07±3.35	22.45±1.18
900	27.62±1.52	29.99±0.75	26.93±2.11	27.42±2.67

[#]No significant difference among dose group was observed on each day of sampling. **($p<0.05$)**

4. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และคุณภาพรวมของส้มโอจะมีคะแนนลดลง ส้มโอที่ฉายรังสีปริมาณ 300 เกรย์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุดที่อายุการเก็บ 2 สัปดาห์ แต่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับแม้จะเก็บไว้นานถึง 4 สัปดาห์ แต่เมื่อเก็บไว้นานถึง 6 สัปดาห์พบว่าคุณภาพไม่เหมาะต่อการทดสอบ ผลคะแนนที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ ทั้งนี้ความแก่อ่อนของส้มโอก็มีผลต่อคุณภาพของส้มโอที่อายุการเก็บต่างๆด้วย

Table 2 Effect of gamma irradiation on organoleptic qualities of pomelo at various storage times.

Storage time	Dose (Gy)	External quality		Internal quality				
		color	overall appearance	color	odor	taste	texture	overall appearance
0 weeks	0	6.1±0.1 [a]	6.7±0.3 [a]	7.1±0.3 [a]	6.7±0.2 [a]	6.3±0.1 [a]	7.0±0.3 [a]	6.7±0.1 [a]
	300	7.1±0.1 [a]	7.2±0.3 [a]	7.2±0.3 [a]	7.5±0.3 [a]	7.7±0.2 [a]	7.4±0.2 [a]	7.7±0.1 [a]
	600	6.9±0.1 [a]	6.9±0.1 [a]	7.2±0.2 [a]	6.9±0.3 [a]	6.8±0.3 [a]	7.1±0.1 [a]	7.1±0.2 [a]
	900	6.8±0.2 [a]	6.8±0.2 [a]	7.0±0.2 [a]	6.5±0.2 [a]	6.4±0.3 [a]	7.1±0.2 [a]	6.6±0.4 [a]
2 weeks	0	5.5±0.2 [a]	5.4±0.1 [a]	6.5±0.1 [a]	6.5±0.4 [a]	6.0±0.1 [a]	6.2±0.3 [a]	5.4±0.5 [a]
	300	5.7±0.1 [a]	5.7±0.3 [a]	7.3±0.4 [a]	6.9±0.2 [a]	7.2±0.2 [a]	6.8±0.4 [a]	6.8±0.2 [a]
	600	6.3±0.1 [a]	6.2±0.4 [a]	6.9±0.2 [a]	6.8±0.1 [a]	6.7±0.4 [a]	6.8±0.4 [a]	6.6±0.3 [a]
	900	6.7±0.3 [a]	6.6±0.3 [a]	6.8±0.2 [a]	6.5±0.1 [a]	6.5±0.5 [a]	6.2±0.3 [a]	6.0±0.1 [a]
4 weeks	0	3.5±0.2 [a]	3.7±0.2 [a]	7.0±0.2 [a]	6.7±0.2 [a]	4.0±0.3 [a]	6.0±0.1 [a]	6.0±0.4 [a]
	300	5.2±0.4 [b]	4.5±0.3 [b]	6.7±0.3 [a]	7.2±0.3 [a]	4.5±0.3 [a]	5.7±0.4 [a]	5.7±0.2 [a]
	600	5.7±0.5 [b]	5.5±0.2 [b]	7.7±0.5 [a]	6.7±0.2 [a]	6.0±0.2 [b]	7.0±0.2 [a]	7.0±0.4 [a]
	900	5.7±0.5 [b]	5.5±0.1 [b]	7.5±0.4 [a]	7.0±0.2 [a]	4.5±0.3 [a]	7.2±0.3 [a]	7.2±0.2 [a]
6 weeks	0	3.0±0.3 [a]	3.1±0.4 [a]	5.2±0.5 [a]	5.2±0.4 [a]	3.1±0.1 [a]	5.1±0.2 [a]	5.2±0.4 [a]
	300	4.8±0.2 [b]	4.0±0.4 [a]	6.5±0.2 [a]	4.8±0.1 [a]	4.0±0.3 [a]	4.2±0.1 [a]	4.8±0.1 [a]
	600	5.0±0.2 [b]	5.2±0.1 [b]	5.8±0.3 [a]	5.4±0.1 [a]	4.7±0.3 [a]	4.8±0.4 [a]	3.8±0.2 [b]
	900	5.1±0.5 [b]	5.2±0.3 [b]	5.4±0.2 [a]	5.1±0.2 [a]	3.6±0.3 [a]	4.6±0.2 [a]	4.2±0.2 [a]

Means with different superscript letters between treatments in each storage are significantly different ($p<0.05$)

สรุปผล

ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการฉายรังสีส้มโอเพื่อการส่งออก คือปริมาณรังสี 300 เกรย์ เนื่องจาก คุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งลักษณะภายนอกและภายในอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (ระดับคะแนนเกิน 5) สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียสได้นาน 2 สัปดาห์ ส่วนคุณภาพทางเคมีพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลงตามอายุการเก็บและปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ และ วชิรา พริ้งศุลกะ, 2539, การใช้วิธีการฉายรังสีแกมมาลดการสูญเสียของมะขามหวานระหว่างการเก็บรักษา, การประชุมวิชาการไม้ผลแห่งชาติ ครั้งที่ 2 จังหวัดสงขลา, 43 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 2541, เอกสารวิชาการที่ 21 เรื่อง ส้มโอ. 88 หน้า.

Larmond, E. 1978, Laboratory methods for sensory evaluation of food, Elizabeth Larmond Agriculture Canada, Ottawa, Canada, Publication 1637/E, ISBN 0-662-01271-2, p.74.

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

การเจริญเติบโตและพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้สกุลหวาย ที่ปลูกเลี้ยงภายใต้สภาพโรงเรือนที่แตกต่างกัน

Growth and Photosynthetic Parameters of *Dendrobium* Orchids Cultivated under Different Greenhouse Conditions

กีรติ อุสาหวงษ์[1] พัชรียา บุญกอแก้ว[1] พูนพิภพ เกษมทรัพย์[1] และ อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์[1]

Ausahawong, K.[1], Boonkorkaew, P.[1], Kasemsap, P.[1] and Mongkolchaiyaphruek, A.[1]

Abstract

The growth of *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' and *Dendrobium* 'Khaosanan' plants grown under cultivation in a net shading (control) compared to a transparent plastic greenhouse was studied at Thai Orchids Co., Ltd. during December 2016. The results showed that pseudobulb height, diameter and leaf thickness of *Den.* Sonia 'Earsakul' grown under the net shading greenhouse were higher than the plastic greenhouse, while the new pseudobulbs and their height were lower. But, number of leaves was not significantly different. For *Den.* 'Khaosanan' grown under the net shading greenhouse, pseudobulb was higher than in the plastic greenhouse. But, pseudobulb diameter, the number of leaves, leaf thickness, number of new pseudobulbs, new pseudobulb height and total chlorophyll were not significantly different among the greenhouses. Moreover, the photosynthetic parameters (CO_2 exchange rate, stomatal conductance and transpiration rate) of both cultivars grown under the net shading greenhouse were significantly higher than in the plastic greenhouse.

Keywords: chlorophyll, CO_2 exchange rate, environmental control, light intensity

บทคัดย่อ

การศึกษาข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์เอียสกุล และพันธุ์ขาวสนาน อายุ 2 ปี ที่ปลูกเลี้ยงภายใต้สภาพแวดล้อมโรงเรือนตาข่ายพรางแสง (ชุดควบคุม) เปรียบเทียบกับโรงเรือนพลาสติกใส ณ สวนกล้วยไม้ บริษัท กล้วยไม้ไทย จำกัด อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี ในเดือนธันวาคม 2559 พบว่า โรงเรือนตาข่ายพรางแสงส่งผลให้พันธุ์เอียสกุลมีความสูงลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำและความหนาใบมากกว่า แต่จำนวนหน่อใหม่ และความสูงหน่อใหม่น้อยกว่าในโรงเรือนพลาสติก ขณะที่จำนวนใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์รวมภายในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนพันธุ์ขาวสนานที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนตาข่ายพรางแสงมีความสูงลำมากกว่า ในขณะที่เส้นผ่านศูนย์กลางลำ จำนวนใบ ความหนาใบ จำนวนหน่อใหม่ ความสูงหน่อใหม่ และปริมาณคลอโรฟิลล์รวมภายในใบไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ กล้วยไม้ทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง มีค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง (อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเปิดปากใบ และอัตราการคายน้ำ) สูงกว่าต้นที่เจริญเติบโตในโรงเรือนพลาสติก

คำสำคัญ: คลอโรฟิลล์ ควบคุมสภาพแวดล้อม ความเข้มแสง อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

คำนำ

กล้วยไม้สกุลหวายเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลาง โดยเฉพาะจังหวัดสมุทรสาคร นครปฐม และราชบุรี เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและออกดอก เกษตรกรเกือบทั้งหมดปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงสีดำ 50-60 เปอร์เซ็นต์ โดยในพื้นที่ 1 ไร่ปลูก 16,000-19,000 ต้น ใช้กาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก วางบนโต๊ะสูง 0.70 เมตร กว้าง 1 เมตร เว้นระยะทางเดินระหว่างโต๊ะ 1 เมตร ต้นเจริญเติบโตและออกดอกตลอดทั้งปี ให้ผลผลิตมากในฤดูฝน และปริมาณน้อยในช่วงฤดูแล้ง (ณรงค์, 2551) แต่ด้วยสภาพอากาศที่แปรปรวนและเปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของกล้วยไม้สกุลหวายอย่างมาก ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตแปรปรวนไปตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ตรงตามความต้องการของตลาด ดังนั้น จึงได้คิดและปรับเปลี่ยนรูปแบบโรงเรือนสำหรับปลูกกล้วยไม้สกุลหวายแบบใหม่ โดยการคลุมหลังคาด้านบนและบางส่วนของด้านข้างด้วยพลาสติกใส เพื่อเป็นการพัฒนาปรับปรุงและช่วยแก้ปัญหาการผลิตกล้วยไม้สกุลหวาย ให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบันและอนาคต โดยในงานวิจัย

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

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

นี้ได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงในกล้วยไม้สกุลหวาย 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เอียสกุลและขาวสนาน (พันธุ์ที่นิยมปลูกเลี้ยงและเป็นที่ต้องการของตลาด) ที่ปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาพลาสติกใสกับหลังคาตาข่ายพรางแสงแบบเดิม

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดลองที่ใช้ คือ กล้วยไม้สกุลหวายจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เอียสกุล และ พันธุ์ขาวสนาน อายุ 2 ปี มีจำนวน 3-4 ลำต่อกอ ปลูกบนกระบะกาบมะพร้าว 4 ต้นต่อกระบะ นำมาปลูกเลี้ยงภายใต้สภาพโรงเรือนที่แตกต่างกัน คือ โรงเรือนตาข่ายพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) และโรงเรือนหลังคาพลาสติกใส ทั้ง 2 โรงเรือนขนาด 0.5 ไร่ (4,000 กระบะต่อโรงเรือน) โดยวางต้นกล้วยไม้บนโต๊ะสูง 0.70 เมตร กว้าง 1 เมตร ระยะห่างระหว่างโต๊ะ 1 เมตร ขุดเป็นร่องน้ำใต้โต๊ะเพื่อระบายน้ำด้านล่าง ณ สวนกล้วยไม้ไทย ต.บัวงาม อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี เริ่มนำต้นกล้วยไม้เข้ามาวางในโรงเรือนทั้ง 2 แบบ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 โดยบันทึกการทดลอง 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การเจริญเติบโตของต้น คัดเลือกหน่ออ่อน อายุประมาณ 7 วัน ความสูงเฉลี่ย 3-4 ซม. พันธุ์ละ 50 หน่อ จากนั้นบันทึกการเจริญเติบโตของหน่อดังกล่าวเมื่ออยู่ภายใต้โรงเรือนที่แตกต่างกัน หลังปลูกในโรงเรือนเป็นเวลา 5 เดือน (กรกฎาคม ถึง ธันวาคม 2559) โดยวัดความสูงลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ จำนวนใบ ความหนาใบ จำนวนช่อดอก จำนวนหน่อใหม่ และความสูงหน่อใหม่

2. ค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง Portable Photosynthesis System รุ่น LI-6400 *XT* (Li-cor Inc., Lincoln, NE, USA) วัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 (CO_2 exchange rate; CER) ค่าการเปิดปากใบ (stomatal conductance) (g_s) และอัตราการคายน้ำ (*E*) ของใบตำแหน่งที่ 3 นับจากยอด โดยสุ่มวัดจากต้นกล้วยไม้ทั้งหมดที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ครั้งละ 5 ใบ วัดทุก 2 ชม. เป็นเวลา 24 ชม. (6:00-6:00 ของวันถัดไปในเดือนธันวาคม 2559) และนำใบไปวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Hughes และคณะ, 2007) รวมทั้งบันทึกสภาพแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสงและความเปียกใบของทั้ง 2 โรงเรือน ด้วยเครื่องบันทึกสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ Vantage Pro 2 และบันทึกความเปียกใบด้วย Leaf Wetness Sensor รุ่น 6345 (Davis Instruments Corp. Inc., USA) ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผล

อุณหภูมิ และความชื้นสัมพันธ์ในเดือนธันวาคม 2559 (Figure 2A-B) ในรอบวันของทั้ง 2 โรงเรือนมีค่าไม่แตกต่าง อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงกลางวัน 27.9 องศาเซลเซียส และกลางคืนเฉลี่ย 23.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์กลางวันเฉลี่ย 75 เปอร์เซ็นต์ และ 96 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงกลางคืน แต่พบว่าโรงเรือนตาข่ายพรางแสงมีความเข้มแสงและค่าความเปียกใบสูงกว่าโรงเรือนพลาสติก ค่าความเข้มแสงสูงสุด ช่วงเที่ยงวัน เท่ากับ 308 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และค่าความเปียกใบเฉลี่ย 0.8 ในขณะที่โรงเรือนพลาสติกมีความเข้มแสงสูงสุดเพียง 148 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และค่าความเปียกใบเฉลี่ย 0.2 (Figure 2C-D)

จาก Table 1 แสดงการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้ทั้ง 2 พันธุ์ พบว่า พันธุ์เอียสกุลที่ปลูกภายใต้โรงเรือนตาข่ายพรางแสงมีความสูงลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ความหนาใบ และจำนวนช่อดอก มากกว่าการปลูกภายใต้โรงเรือนพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ในขณะที่โรงเรือนพลาสติกมีจำนวนและความสูงของหน่อใหม่มากกว่าโรงเรือนตาข่ายพรางแสง ส่วนจำนวนใบ ไม่แตกต่างกันในทั้ง 2 โรงเรือน สำหรับพันธุ์ขาวสนาน พบว่า โรงเรือนตาข่ายพรางแสงมีความสูงลำมากกว่าโรงเรือนพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเจริญเติบโตในด้านอื่น ๆ นั้นไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ยังพบว่ากล้วยไม้ทั้ง 2 พันธุ์ ภายใต้โรงเรือนทั้ง 2 แบบ มีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันเป็นแบบแคม (Crassulacean acid metabolism; CAM) เหมือนกัน โดยเปิดปากใบเพื่อตรึงก๊าซ CO_2 ในตอนกลางคืนและช่วงเช้า (6:00-8:00) และ มีค่า CER เป็นลบและปากใบปิดในช่วงเวลากลางวัน (10:00-18:00) (Figure 3A-D) (Kerbauy และคณะ, 2012) ส่งผลให้มีอัตราการคายน้ำต่ำในช่วงกลางวันและมีค่าสูงในช่วงเวลากลางคืน (Figure 3E-F) โรงเรือนตาข่ายพรางแสง มีค่าเฉลี่ย CER ช่วงเวลากลางคืนที่เป็นบวกมากกว่าโรงเรือนพลาสติก โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงเวลา 2:00-4:00 น. เท่ากับ 5.93 (เอียสกุล) และ 5.60 (ขาวสนาน) µmol $m^{-2}s^{-1}$ ในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในโรงเรือนพลาสติกเพียง 4.17 (เอียสกุล) และ 4.31 (ขาวสนาน) µmol $m^{-2}s^{-1}$ ณ ช่วงเวลาเดียวกัน สำหรับค่าการเปิดปากใบและอัตราการคายน้ำมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมภายในใบของกล้วยไม้ทั้งสองพันธุ์ พบว่า ภายใต้สภาพโรงเรือนพลาสติกและโรงเรือนตาข่ายพรางแสงมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมภายในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1)

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาทั้งทางด้านการเจริญเติบโตและค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้ทั้ง 2 พันธุ์ จะเห็นได้ว่า โรงเรือนตาข่ายพรางแสงทำให้ต้นกล้วยไม้เจริญเติบโตและสร้างอาหารได้ดีกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติกใส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพันธุ์เอียสกุล ทั้งนี้อาจเนื่องจากโรงเรือนพลาสติกนั้นมีความเข้มแสงที่น้อยเกินไป พืชจึงเจริญเติบโตได้น้อย งานวิจัยของ

ดวงพร (2545) รายงานว่าความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (light saturation point) ของกล้วยไม้สกุลหวายอยู่ที่ประมาณ 200 - 250 µmol $m^{-2}s^{-1}$ นอกจากนี้ค่าความเปียกใบ ที่พบว่าในโรงเรือนตาข่ายพรางแสงที่มีค่ามากกว่าโรงเรือนพลาสติกนั้น อาจทำให้ต้นกล้วยไม้มีค่าการเปิดปากใบเพิ่มขึ้น และส่งผลให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 ได้มากขึ้นด้วย (Salisbury และ Ross, 1992) ดังนั้นในการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้สกุลหวายลูกผสมในโรงเรือนพลาสติกจึงควรมีการปรับความเข้มแสงให้เพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาการเจริญเติบโตและค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงนี้ เป็นเพียงตัวแทนแค่ 1 เดือนเท่านั้น จำเป็นต้องรวบรวมและศึกษาข้อมูลต่อไปให้ครบรอบระยะเวลาของการผลิตกล้วยไม้สกุลหวาย (2-3 ปี) จึงสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาประกอบการตัดสินใจ เพื่อพิจารณารูปแบบต่าง ๆ ของโรงเรือนต่อไปเพื่อการผลิตกล้วยไม้สกุลหวายที่ยั่งยืนและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในอนาคต

สรุปผล

ต้นกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์เอียสกุลและขาวสนานภายใต้โรงเรือนตาข่ายพรางแสงมีการการเจริญเติบโตของต้นดีกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติกใส โดยเฉพาะในพันธุ์เอียสกุล โรงเรือนที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบ ไม่ส่งผลต่อรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบทั้ง 2 พันธุ์ แต่มีผลต่อค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 (CER) ค่าการเปิดปากใบ (g_s) และอัตราการคายน้ำ (E) โดยโรงเรือนตาข่ายพรางแสงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลากลางคืนและช่วงเช้ามากกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสิกใส

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณ บริษัทกล้วยไม้ไทย จำกัด สำหรับสถานที่และการอำนวยความสะดวกในระหว่างทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ โฉมเฉลา, 2551, มหัศจรรย์กล้วยไม้ไทย, บริษัทศรีเมืองการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ดวงพร บุญชัย, 2545, ศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบกล้วยไม้สกุลหวายตัดดอก, ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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 Phytol, 175: 675-685.

Kerbauy, G.B., Takahashi, C.A., Lopez, A.M., Matsumura, A.T., Hamachi, L., Félix, L.M., Pereira, P.N., Freschi, L., and Mercier, H., 2012, Crassulacean acid metabolism in epiphytic orchids: current knowledge, future perspectives, pp. 81-104, *In* M., Najafpour, ed., Applied Photosynthesis, InTech, Rijeka.

Salisbury, F.B. and Ross, C.W., 1992, Plant Physiology, Fourth edition, Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.

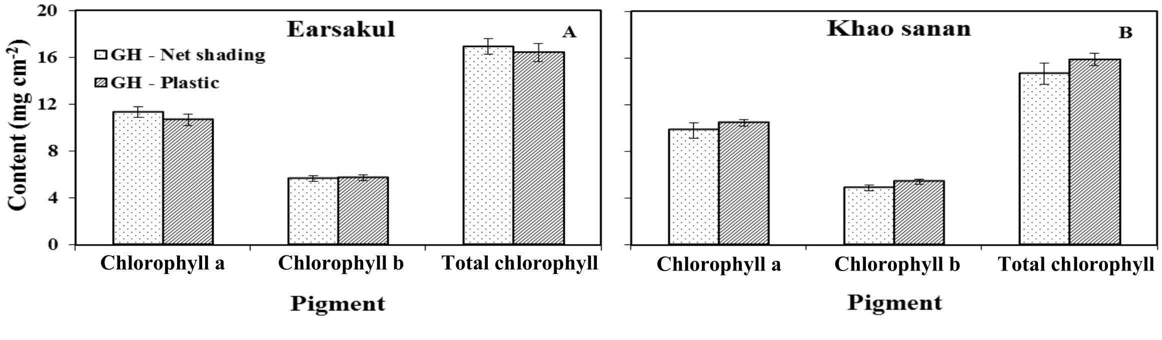


Figure 1 Chlorophyll content in leaves of *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' (A) and *Dendrobium* 'Khao sanan' (B) under two different greenhouses

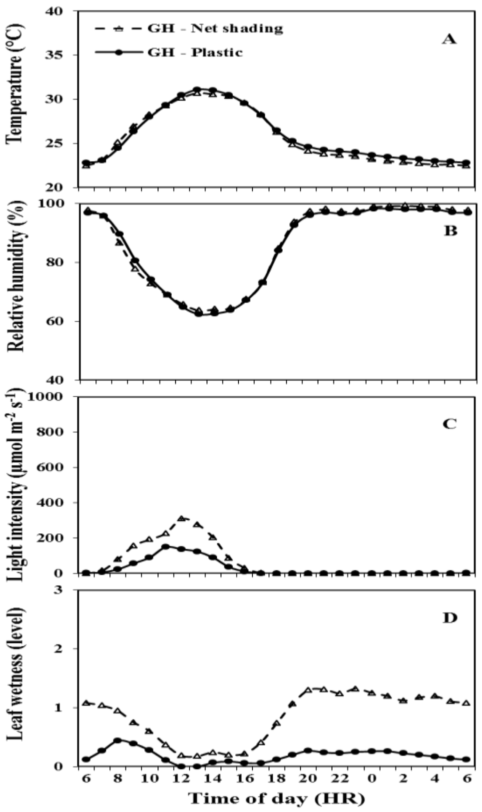


Figure 2 The diurnal changes in air temperature (A), relative humidity (B), light intensity (C) and leaf wetness (D) between two different greenhouses

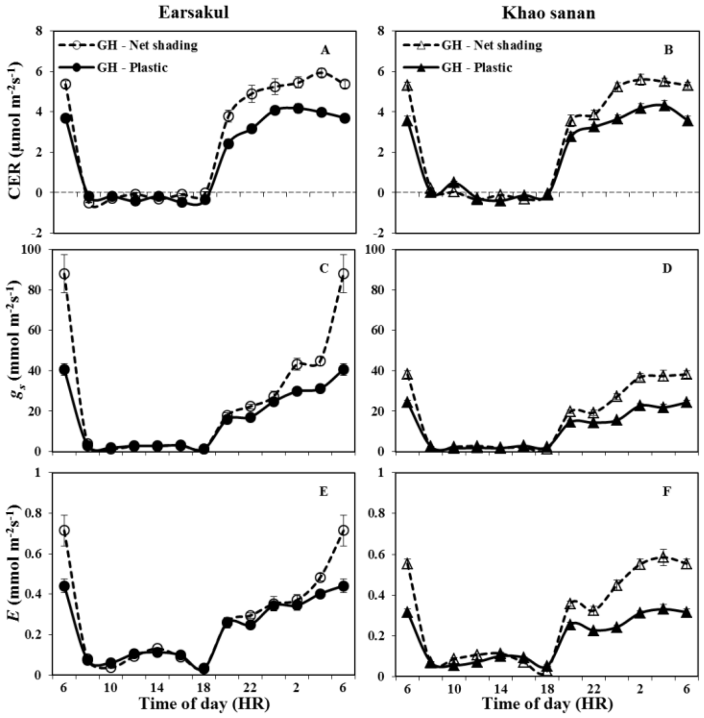


Figure 3 The diurnal patterns in leaves of CO_2 exchange rate (CER; A, B), stomatal conductance (g_s; C, D) and transpiration rate (*E*; E, F) of *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' (left panel; A, C, E) and *Dendrobium* 'Khao sanan' (right panel; B, D, F) under two different greenhouses

Table 1 Growth of *Dendrobium* Sonia 'Earsakul' and *Dendrobium* 'Khao sanan' grown under two different greenhouses.

Cultivar	Growth	Greenhouse		T-test	C.V. (%)
		Net shading	Plastic		
Earsakul	Height of pseudobulbs (cm)	29.75 ± 0.45	27.20 ± 0.42	**	11.02
	Diameter of pseudobulbs (cm)	1.71 ± 0.03	1.58 ± 0.03	**	12.91
	Number of leaves	4.58 ± 0.11	4.78 ± 0.09	ns	13.56
	Leaf thickness (mm)	1.63 ± 0.02	1.53 ± 0.01	**	7.85
	Number of new pseudobulbs	0.28 ± 0.06	0.70 ± 0.07	**	35.43
	Height of new pseudobulbs (cm)	5.08 ± 1.11	9.54 ± 1.40	*	85.88
	Number of inflorescence	3.10 ± 0.11	2.26 ± 0.09	**	29.39
Khao sanan	Height of pseudobulbs (cm)	36.01 ± 0.85	33.36 ± 0.95	*	20.19
	Diameter of pseudobulbs (cm)	1.93 ± 0.03	1.89 ± 0.03	ns	9.54
	Number of leaves	6.60 ± 0.13	6.56 ± 0.15	ns	14.36
	Leaf thickness (mm)	1.47 ± 0.02	1.51 ± 0.02	ns	7.31
	Number of new pseudobulbs	0.08 ± 0.04	0.08 ± 0.04	ns	25.37
	Height of new pseudobulbs (cm)	7.63 ± 3.89	1.70 ± 0.21	ns	24.96
	Number of inflorescence	2.18 ± 0.08	2.00 ± 0.06	ns	22.59

** Significant difference at the $p \leq 0.01$ level
* Significant difference at the $p \leq 0.05$ level
ns = not significant difference

ผลของแหล่งคาร์บอนและ pH ต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกที่คัดเลือกได้จากผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก
Effect of Carbon Sources and pH on Growth of Lactic Acid Bacteria Isolated from Fermented Rice

ณัฐธิดา โอทารัม[1] สิริอร มุลมณี[1] และ ชื่นจิต จันทจรูญพงษ์[1*]
Otaram, N.[1], Moolmanee, S.[1] and Chancharoonpong, C.[1*]

Abstract

This study aims to investigate the suitable carbon sources and pH for the growth of 4 strains of lactic acid bacteria isolated from fermented rice. Different carbon sources as lactose, fructose, and glucose and 4 levels of pH (4, 5, 7, and 8) were studied. All of 4 strains of lactic acid bacteria could use lactose, fructose, and glucose. The cell population increased to 8.24 - 9.0 Log CFU/ml, pH of culture medium decreased to 4.04 - 4.14, with 0.69 - 0.91% lactic acid. At pH 8, the result showed high cell population as 6.27 Log CFU/ml, pH of culture medium 4.51, and 0.80% lactic acid. Therefore, using monosaccharide as lactose, fructose, and glucose and adjust pH of culture medium at pH 8 could provide optimum condition for growth of lactic acid bacteria isolated from fermented rice product.

Keywords: lactic acid bacteria, carbon source, growth characteristic, fermented rice.

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแหล่งคาร์บอน และสภาวะ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก 4 สายพันธุ์ที่แยกได้จากข้าวหมาก โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้แหล่งคาร์บอนต่างๆ ได้แก่ แลคโตส ฟรุกโตส และกลูโคส และทดสอบการเจริญที่ pH ต่างๆ ได้แก่ 4, 5, 7, และ 8 ผลพบว่าแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ใช้น้ำตาลแลคโตส ฟรุกโตส และ กลูโคสได้ โดยมีจำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 8.24 - 9.0 Log CFU/ml, pH ลดลงเป็น 4.04 - 4.14 และมีปริมาณกรดแลคติก 0.69 - 0.91% และการทดสอบการเจริญที่ pH 8 จำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 6.27 Log CFU/ml, pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น 4.51 และมีปริมาณกรด แลคติก 0.80% ดังนั้น การใช้ แลคโตส ฟรุกโตส และกลูโคส รวมทั้งการปรับ pH 8 นั้นเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกที่คัดเลือกได้จากข้าวหมาก

คำสำคัญ: แบคทีเรียแลคติก แหล่งคาร์บอน ลักษณะการเจริญ ข้าวหมาก

คำนำ

แบคทีเรียแลคติกเป็นแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์กรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักในระหว่างกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรต (Saulnier และคณะ, 2007) จัดเป็น 2 กลุ่มคือ Homo-fermentative และ Hetero-fermentative แบคทีเรียแลคติกมีรูปแบบในการหมักน้ำตาลชนิดต่างๆ ความสามารถในการทนเกลือ กรด-ด่าง และความสามารถในการเจริญที่อุณหภูมิแตกต่างกัน แบคทีเรียแลคติกถูกนำมาใช้ในการผลิตอาหารและถนอมอาหารมาเป็นระยะเวลานาน และใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมัก (Garden และคณะ, 2001; Manso และคณะ, 2005; Eom และคณะ, 2007) แบคทีเรียแลคติกเหล่านี้สามารถนำมาผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยได้รับการยอมรับว่าเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัย (Generally Recognized As Safe; GRAS) (Sybesma และคณะ, 2006) ผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่มีการนิยมบริโภคในปัจจุบัน เช่น โยเกิร์ต ได้จากการหมักนมโดยแบคทีเรียแลคติกซึ่งเป็นจุลินทรีย์มีชีวิตและเป็นประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์เมื่อมีปริมาณที่เหมาะสม ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง หรือจากธัญพืชอื่นๆ เพื่อทดแทนการใช้นมวัวเนื่องจากอาการแพ้ในผู้บริโภคบางกลุ่ม อาหารหมักพื้นบ้านของไทยจากข้าว เช่นข้าวหมาก เป็นอาหารพื้นบ้านที่ผู้บริโภคในท้องถิ่นชนบทให้ความนิยมบริโภค จึงได้เล็งเห็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าว โดยใช้แบคทีเรียแลคติกที่แยกได้จากข้าวหมากเป็นแนวทางในการพัฒนา อย่างไรก็ตามการคัดเลือกแบคทีเรียสายพันธุ์ที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติการเจริญในสภาวะต่างๆ ได้แก่ ความสามารถในการใช้น้ำตาล เนื่องจากแบคทีเรียแลคติก

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 59 หมู่ 1 ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 (*e-mail: csncjc@ku.ac.th, chuenjit.ch@gmail.com)
[1] Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province campus, 59 Moo 1, Chiangkrua, Muang, Sakon Nakhon, 47000, Thailand. (*e-mail: csncjc@ku.ac.th) **

แต่ละสายพันธุ์สามารถใช้น้ำตาลชนิดต่างๆได้แตกต่างกัน อีกทั้งปัจจัยด้านความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญก็มีส่วนสำคัญต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกเช่นกัน (สุมณฑา, 2545) การศึกษาครั้งนี้ จึงทำการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกจากข้าวหมาก เพื่อทดสอบคุณสมบัติ ความสามารถในการเจริญ และการผลิตกรดในสภาวะที่มีแหล่งคาร์บอนต่างๆและมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากข้าวฮางในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกจากข้าวหมาก

นำข้าวหมากจากตลาดสดเทศบาลเมืองสกลนคร 25 g ผสมกับ สารละลาย NaCl 0.85% 225 ml ตีปั่นเป็นเวลา 2 นาที จากนั้น ทำการเจือจางในระดับความเจือจางที่เหมาะสม แล้วเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose Yeast Extract Medium Agar (GYP medium) ที่เติม Ca_2CO_3 1% และ Bromocresol purple 0.004% บ่มที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน สังเกตการเกิดวงใสรอบโคโลนีและอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้แก่ การติดสีแกรม รูปร่าง การเรียงตัว และความสามารถในการสร้างเอนไซม์แคตาเลส

ชนิดของแหล่งคาร์บอนต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว GYP medium ที่ไม่ใส่กลูโคส เป็น Basal medium จากนั้นเติมน้ำตาลชนิดต่างๆ ที่ต้องการศึกษา ได้แก่ กลูโคส แลคโตส และฟรุกโตส ปริมาณ 1% แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่ อุณหภูมิ 121ºC เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นถ่ายเชื้อบริสุทธิ์แต่ละสายพันธุ์ลงในอาหารเหลว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ºC เป็นเวลา 60 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ โดยวิธี Pour plate บ่มที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกโดยนำตัวอย่างมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N และวัดค่าความเป็น กรด-ด่างด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ผลของค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

ถ่ายเชื้อบริสุทธิ์ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว GYP medium ที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 4, 5, 7 และ 8 โดยใช้สารละลาย NaOH 0.1 N และสารละลายกรดแลคติก 0.2 M บ่มที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 60 ชั่วโมง จากนั้นสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ วิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติก และวัดค่าความเป็น กรด-ด่าง เช่นเดียวกันกับวิธีที่กล่าวมาข้างต้น

แสดงผลการทดลองด้วยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design

ผลและวิจารณ์ผล

การคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกจากข้าวหมาก

จากการนำข้าวหมากมาคัดแยกเชื้อแบคทีเรียแลคติกในอาหารเลี้ยงเชื้อ พบแบคทีเรียที่แสดงการเกิดวงใสรอบโคโลนีและอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเมื่อทดสอบพบว่าเป็นแบคทีเรียแลคติกจำนวน 4 สายพันธุ์ ซึ่งมีคุณลักษณะแสดงดัง Table 1

ชนิดของแหล่งคาร์บอนต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

แบคทีเรียแลคติกทั้ง 4 สายพันธุ์สามารถเจริญได้ดีแม้ว่าจะใช้น้ำตาลต่างชนิดกันเป็นแหล่งคาร์บอน อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ L08 และ LC77 สามารถใช้กลูโคสและแลคโตสในการเจริญได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่น นอกจากนี้พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติก (Figure 1) ซึ่งการที่แบคทีเรียแลคติกสามารถใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกได้ดีกว่าการใช้น้ำตาลแลคโตสนั้น เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกจะย่อยสลายน้ำตาลแลคโตส โดยอาศัยเอนไซม์ galactoside permease ให้เป็นน้ำตาล D-glucose จากนั้น β-D-galactose จะเปลี่ยนน้ำตาล D-glucose ให้กลายเป็นกรดแลคติก ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงหลายขั้นตอนมากกว่าการใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน (กฤตภาส, 2556)

ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก

ผลจากการศึกษาค่า pH ต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกทั้ง 4 สายพันธุ์พบว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีค่า pH สูง เช่น pH 7 และ 8 ส่งผลให้แบคทีเรียแลคติกสามารถเจริญได้ดีและมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นกว่าสภาวะที่มีค่า pH ต่ำ เช่น pH 4 และ 5 ซึ่งโดยทั่วไปแบคทีเรียแลคติกสามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่มี pH ค่อนไปทางด่าง นอกจากนี้การที่แบคทีเรียแลคติกสามารถเจริญได้ในสภาวะที่มี pH ต่ำนั้นแสดงถึงความสามารถในการต้านทานต่อกรดของแบคทีเรียนั้น ในระหว่างการเจริญแบคทีเรียแลคติกจะมีการผลิตกรดออกสู่สภาพแวดล้อมทำให้ pH ลดต่ำลง ซึ่งการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจาก

ข้าวฮางนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิตในผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีคุณภาพตามที่กฎหมายกำหนด คือ ต้องมีจำนวนจุลนทรีย์ที่มีชีวิตคงเหลือไม่น้อยว่า 10^6 เซลล์ต่อกรัมอาหาร (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2555) สำหรับการผลิตกรดแลคติกพบว่าสอดคล้องกับการเจริญของแบคทีเรียแลคติก โดยอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการปรับสภาวะให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง เช่น pH 8 แบคทีเรียแลคติกทุกสายพันธุ์สามารถผลิตกรดแลคติกได้ในปริมาณสูง โดยมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น เป็น 0.6 - 0.8% ในชั่วโมงที่ 60 รองลงมาคือในสภาวะ pH 7 อย่างไรก็ตาม ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีค่า pH 4 และ 5 นั้นพบว่าปริมาณกรดแลคติกมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาในการเพาะเชื้อ การเปลี่ยนแปลงของ pH สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติกเช่นเดียวกัน เนื่องจากแบคทีเรียมีการหมักคาร์โบไฮเดรตแล้วเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก ผลจากการหมักจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลง (สุมณฑา, 2545) (Figure 2)

สรุปผล

แบคทีเรียแลคติกที่คัดแยกได้จากผลิตภัณฑ์ข้าวหมากนี้สามารถใช้น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และแลคโตสเป็นแหล่งคาร์บอนด์ได้ และการปรับ pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น 8 เหมาะสมต่อการเจริญและการผลิตกรดแลคติกได้ดี

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานวิทยาเขต กองบริหารการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

กฤตภาส จินาภาค, 2556,การพัฒนาโยเกิร์ตข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมไชยา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2545, จุลชีววิทยาทางอาหาร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 454 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2555, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 346) เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร, 6 หน้า.

Eom, H. J., Seo D. M., and Han N.S., 2007, Selection of psychrotropic *Leuconostoc* spp. producing highly active dextransucrase from lactate fermented vegetables, International Journal of Food Microbiology, 177: 61-67.

Gardner, J. H. Saved, T., Obermeier, P., Caldwell, G. and Champagne, P.C., 2001, Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures, International Journal of Food Microbiology, 64(3): 261-275.

Manso, M.A., Leonil J., Jan G., and Gagnaire V., 2005, Application of proteomics to the characterization of milk and dairy products, **Int. Dairy J**, 15: 845-855.

Saulnier, D.M., Molenaar D., de Vos W.M., Gibson G.R., and Kolida S., 2007, Identification of Prebiotic fructooligosaccharide metabolism in *Lactobacillus Plantarum* WCFS1 through Microarrays, Apply Environmental Microbiology**,** 73: 1753-1765.

Sybesma, W., hugenholtz J., de Vos W.M., and Smid E.J., 2006, Safe use of genetically modified lactic acid bacteria in food: Bridging the gap between consumers, green groups, and industry, Electronic Journal of Biotechnology, 9(4): 424-448.

Table 1 Characteristic of lactic acid bacteria isolated from fermented rice

Strain code	Gram stain	Catalase	Shape	Arrangement
LB01	Positive	Negative	Rod	Chain
L04	Positive	Negative	Cocci	Twin/Tetra
L08	Positive	Negative	Cocci	Twin/Tetra
LC77	Positive	Negative	Cocci	Twin/Tetra

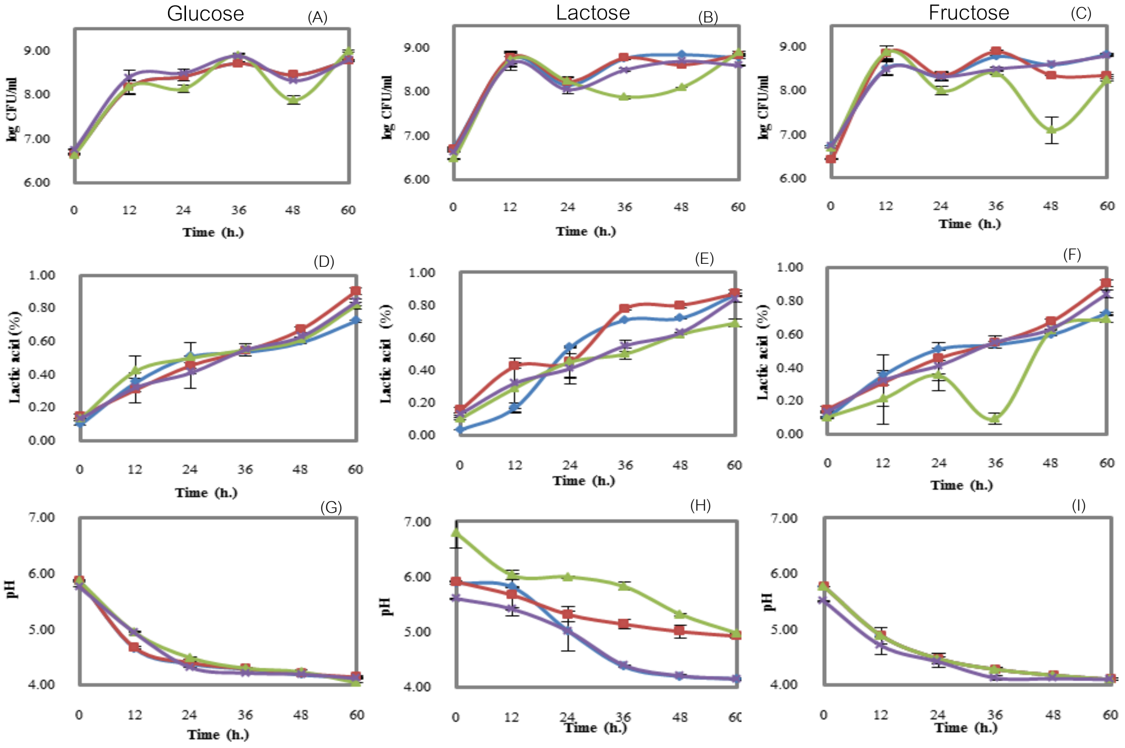


Figure 1 Effect of carbon sources on growth of lactic acid bacteria (A, B,C), lactic acid production (D, E, F), and change of pH (G, H, I) of lactic acid bacteria strain LB01 (×), L04(◆), L08(■) and LC77(▲) (Glucose (A, D, G), Lactose(B, E, H), Fructose(C, F, I))

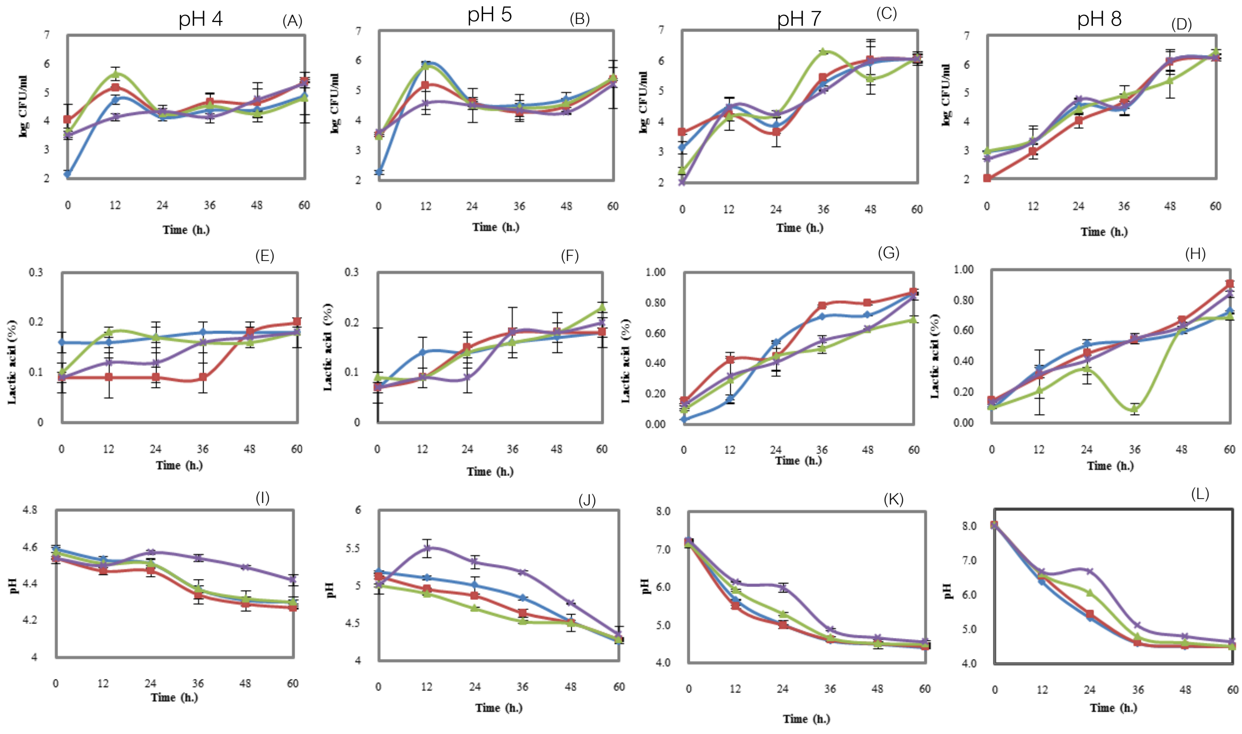


Figure 2 Effect of pH on growth of lactic acid bacteria (A, B, C, D), lactic acid production (E, F, G, H), and change of pH (I, J, K, L) of lactic acid bacteria strain LB01 (×), L04(◆), L08(■) and LC77(▲) (pH 4 (A, E, I), pH 5 (B, F, J), pH 7 (C, G, K), pH 8 (D, H, L))

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บญวณจากแป้งข้าวไรซ์เบอรีผสมน้ำสกัดสมุนไพร
The Development of Fresh Vietnamese Noodle from Riceberry Rice Flour Mixed with Crude Water Herbal Extracts

ภัทราวดี วงษ์วาศ[1] นครินทร์ ศรีปัญญา[2] และวิชุดา ตามัย[3]
Wongvas, P.[1], Sripanya, N.[2] and Tamai, W.[3]

Abstract

The development of fresh Vietnamese noodle from Riceberry rice flour mixed with hydro-herbal extracts was investigated. White rice flour in the noodle was replaced with Riceberry rice flour at 60, 80 and 100%. Color (L*, a*, and b* values) and sensory evaluation of the noodle showed that L* and b* decreased as the portion of Riceberry rice flour was increased. The noodle with sixty percentage replacement with Riceberry rice flour had the highest score on appearance, color, smell, taste, softness and overall acceptance. The replacement of water (control) with crude water extracts of butterfly pea, pandan and turmeric showed that the noodle with butterfly pea had higher L*, a* and b* values, which were similar to the control but they were significantly different from the other treatments ($p<0.05$). However, the Vietnamese noodle with pandan extract received the highest sensory scores.

Keywords: wet Vietnam paste, Riceberry flour, herbal juice

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยจั๊บญวณเส้นสดจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และน้ำสมุนไพร โดยศึกษาการทดแทน แป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยปริมาณร้อยละ 60 80 และ 100 เมื่อนำเส้นก๋วยจั๊บญวณมาวัดค่าสี (L* a* และ b*) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีผลให้ค่า L* ความสว่าง และ a* (สีแดง) ของผลิตภัณฑ์ลดลง ($p<0.05$) แต่การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นร้อยละ 60 มีคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส ความนุ่ม และความชอบรวมสูงที่สุด จากนั้นทำการศึกษาการใช้น้ำสกัดดอกอัญชัน ใบเตย และขมิ้น แทนน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) พบว่า เส้นก๋วยจั๊บญวณสดผสมน้ำอัญชันมีค่า L* a* และ b* (สีเหลือง) มีค่าใกล้เคียงกับน้ำเปล่าซึ่งสูงกว่าทรีตเมนต์อื่น ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า การใช้น้ำใบเตยทำให้เส้นก๋วยจั๊บญวณมีคะแนนการยอมรับในทุกด้านสูงที่สุด

คำสำคัญ: ก๋วยจั๊บญวณเส้นสด แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ น้ำสมุนไพร

คำนำ

เส้นก๋วยจั๊บ (ก๋วยจั๊บญวน ต้มเส้น ข้าวเปียก) เป็นเส้นที่มีลักษณะคล้ายขนมจีนแต่มีขนาดใหญ่กว่า แตกต่างจากเส้นขนมจีนตรงที่แป้งไม่ผ่านการหมัก เส้นก๋วยจั๊บนี้ใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนประกอบหลัก มีการผสมแป้งมันและแป้งข้าวเหนียวบ้าง (ครัวรสเด็ด, 2558) ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาจากข้าวเจ้าหอมนิล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พันธุ์พ่อ) กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์แม่) ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีใยอาหารที่อยู่ในรำข้าวสูงจึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวขัดทั่วไป จึงเหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ดวงจันทร์, 2557) จากคุณสมบัติของข้าวไรซ์เบอร์รี่ เมื่อนำแป้งของข้าวไรซ์เบอร์รี่มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ก๋วยจั๊บญวณเส้นสด จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

---

[1]สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000
[1] Research and Development Institute, Nakhon Phanom University, Muang District, Nakhon Phanom 48000
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160
[2] Department of Electrical Engineering, Faculty of Industry and Technology Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Phangkhon, Sakon Nakhon, 47160
[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000
[3] Department of Mechanical industial, Faculty of Industry, Nakhon Phanom University, Muang District, Nakhon Phanom 48000

ให้กับผู้บริโภคได้ อีกทั้งยังเพิ่มคุณค่าทางอาหารในก๋วยจั๊บญวณเส้นสดด้วยสมุนไพรต่างๆ เช่น ขมิ้นซึ่งมีสารประกอบที่สำคัญ ที่เรียกว่าเคอร์คูมิน มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและต้านอนุมูลอิสระ (จินดาพร, 2551) ใบเตย (*Pandanus amaryllifolius*) มีสรรพคุณทางยาช่วยลดไข้ บรรเทาอาหารไม่ย่อย และอาการท้องอืด (Nor และคณะ, 2008) อัญชัน (butterfly pea) มีสารแอนโทไซยานินซึ่งสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (เกียรติศักดิ์, 2535) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยจั๊บญวณเส้นสดจากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ และน้ำสมุนไพร เป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากข้าวไรซ์เบอรี่ ได้เส้นก๋วยจั๊บที่มาจากแป้งข้าวที่ดีต่อสุขภาพ และเพื่อเพิ่มคุณค่าจากสมุนไพรได้แก่ ใบเตย อัญชัญ และขมิ้น จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้สำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตเส้นก๋วยจั๊บ ส่วนผสมได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เกลือ และน้ำ ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน เติมน้ำเดือด จากนั้นนวดส่วนผสมจนเนียน พักแป้งไว้ 20 นาที นำก้อนแป้งที่ได้เข้าเครื่องรีด ขึ้นรูปให้เป็นแผ่น โดยใช้เครื่องขึ้นรูปให้เป็นแผ่น ความหนาที่เบอร์ 7 และขึ้นรูปแผ่นแป้งให้เป็นเส้นก๋วยจั๊บจะได้ก๋วยจั๊บญวณเส้นสด (ดัดแปลงมาจาก นุชรินทร์, 2552)

ศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยจั๊บญวณเส้นสด โดยแปรปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 60 80 และ 100

การเตรียมน้ำสมุนไพร คัดเลือกดอกอัญชัน ใบเตย และขมิ้น ล้างน้ำทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำมาบดด้วยเครื่องปั่นอาหาร โดยใช้อัตราส่วน 1: 1 (สมุนไพร 100 กรัมต่อน้ำสะอาด 100 กรัม) กรองด้วยกระชอน และผ้าข้าวบาง แยกกากออก

ศึกษาน้ำสมุนไพรที่ใช้ทดแทนน้ำในการผลิต ประกอบด้วย น้ำเปล่า (ชุดควบคุม) น้ำอัญชัน น้ำใบเตย และน้ำขมิ้น โดยการทดแทนน้ำเปล่าด้วยน้ำสมุนไพรในสูตรการผลิต

การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Color Reader) รายงานเป็นค่าสี L*, a*, b* และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการใช้แบบทดสอบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scaling) ในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รส, ความนุ่ม และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน การเตรียมตัวอย่างสำหรับชิมทำได้โดยนำเส้นก๋วยจั๊บล้างน้ำ ต้มในน้ำเดือด 5 นาที ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส และล้างน้ำอีกครั้ง ทำให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาเสริฟแก่ผู้ทดสอบชิม

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design; RCBD ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test; DMRT ที่ระดับ $\rho \leq 0.05$

ผลและวิจารณ์ผล**

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยจั๊บญวณเส้นสดจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และน้ำสมุนไพร ขั้นแรกทำการศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยจั๊บญวณเส้นสด โดยแปรปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 60 80 และ 100 พบว่าก๋วยจั๊บญวณเส้นสดจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ได้มีสีม่วงเข้ม เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ส่งผลให้เส้นสดที่ได้มีความเข้มของสีเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลการวัดค่าสี (L* a* และb*) พบว่าค่าความสว่าง L* และค่าสีด้านสีแดง a* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) (Table 1) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ที่ร้อยละ 60 มีคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รส, ความนุ่ม และความชอบรวมสูงที่สุด ค่าคะแนนที่ 8.30, 7.86, 8.13, 8.10, 8.16 และ 8.16 ตามลำดับ ($p<0.05$) (Table 2) จากนั้นทำการศึกษาน้ำสมุนไพรที่ใช้ทดแทนน้ำในการผลิต ประกอบด้วย น้ำเปล่า (ชุดควบคุม) น้ำอัญชัน น้ำใบเตย และน้ำขมิ้น พบว่าในชุดควบคุม และก๋วยจั๊บญวณเส้นสดที่ผสมน้ำอัญชัน จะมีค่าความสว่าง (L*) ที่มีค่าสูง และค่าสี a* และ b* ของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างในทุกสูตร ($p<0.05$) (Table 3) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า และก๋วยจั๊บญวณเส้นสดที่ผสมน้ำใบเตย มีคะแนนการยอมรับในทุกด้านสูงที่สุด ($p<0.05$) คะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รส, ความนุ่ม และความชอบรวมสูงที่สุด ได้ค่าคะแนนที่ 7.96, 8.06, 8.46, 8.40, 8.56 และ 8.33 ตามลำดับ ($p<0.05$) (Table 4)

สรุปผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยจั๊บญวณเส้นสดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ น้ำสมุนไพร ในขั้นตอนแรกศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 60 ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงสุดและเมื่อนำสูตรก๋วยจั๊บญวณเส้นสดจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 60 มาศึกษาน้ำสมุนไพรที่ใช้ทดแทนน้ำในการผลิต พบว่าก๋วยจั๊บญวณเส้นสดที่ผสมน้ำใบเตยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสูงสุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยนครพนม ที่ให้งบประมาณภายใต้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 สนับสนุนการวิจัยการทำวิจัยในครั้งนี้ และสาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์, 2535, การสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน *Clitoria ternatea L.*, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ครัวรสเด็ด, 2558, เมนูอร่อย อาหารเวียดนาม, บริษัทพิมพ์ดี จำกัด, กรุงเทพฯ.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2557, ข้าวต้านเบาหวาน อาหารที่คุณเลือกได้, วารสารอาหาร., เมษายน-มิถุนายน, 44(2): 15-18.

จินดาพร คงเดช, 2551, การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและสารต้านอนุมูลอิสระจากพืช เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องสำอางค์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นุชรินทร์ กาฬเนตร อุราวรรณ มุลสุรินทร์ นภมณี มงคลประเสริฐ และ กิตติพร สุพรรณผิว, 2552, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บจากแป้งข้าวกล้องเสริมงาดำ, วารสารการเกษตรราชภัฏ, 8(2) : 15-25.

Nor, F.M., Mohamed, S., Idiris, N.A. and Ismail, R., 2008, Antioxidative properties of *Pandanus amaryllifolius* leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies, Food Chemistry, 110, 319–327.

Table 1 Color of riceberry flour in the wet Vietnam paste.

Riceberry flour	Color		
(%)	L*	a*	b*ns
60	33.40[c] ±0.30	10.13[c]± 0.30	2.70± 1.12
80	29.16[b]± 0.42	8.86[b] ±0.55	3.26± 0.45
100	24.36[a]± 0.25	7.06[a] ±0.06	2.66 ±0.15

Mean in a column with a different letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 2 Sensory evaluation of riceberry flour in the wet vietnam paste.

Riceberry flour (%)	Attributes					
	appearance	color	smell	taste	soft	total liking
60	$8.30^{c} \pm 0.98$	$7.86^{c} \pm 0.93$	$8.13^{c} \pm 1.04$	$8.10^{c} \pm 1.18$	$8.16^{b} \pm 0.94$	$8.16^{c} \pm 1.01$
80	$7.23^{b} \pm 1.45$	$6.73^{b} \pm 1.20$	$7.40^{b} \pm 1.37$	$7.13^{b} \pm 0.97$	$7.30^{a} \pm 1.14$	$7.30^{b} \pm 1.31$
100	$6.16^{a} \pm 1.53$	$6.00^{a} \pm 1.43$	$6.70^{a} \pm 1.17$	$8.10^{c} \pm 1.32$	$6.76^{a} \pm 1.38$	$6.63^{a} \pm 1.40$

Mean in a column with a different letters are significantly different ($p<0.05$)

Score = 1 = Dislike very much, 9 = Like very much

Table 3 Color of wet Vietnam paste from Riceberry flour and herbal Juice.

Juice of herbs	Color		
	L*	a*	b*
Water (control)	$33.00^{b} \pm 0.92$	$10.06^{d} \pm 0.35$	$3.30^{b} \pm 0.40$
Anchan	$40.46^{c} \pm 1.50$	$1.43^{a} \pm 0.57$	$1.16^{a} \pm 0.25$
Pandan	$30.30^{a} \pm 0.10$	$8.53^{c} \pm 0.50$	$4.76^{c} \pm 0.30$
Turmeric	$29.9^{a} \pm 0.70$	$6.1^{b} \pm 0.17$	$16.0^{d} \pm 0.53$

Mean in a column with a different letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 4 Sensory evaluation of wet Vietnam paste from Riceberry flour and herbal Juice.

Juice of herbs	Attributes					
	appearance	color	smell	taste	soft	total liking
Water (control)	$7.36^{ab} \pm 0.99$	$7.60^{b} \pm 0.85$	$7.80^{b} \pm 0.99$	$7.80^{b} \pm 1.09$	$7.66^{ab} \pm 0.99$	$7.36^{b} \pm 1.24$
Anchan	$8.26^{c} \pm 0.90$	$8.26^{c} \pm 1.04$	$7.36^{b} \pm 1.37$	$7.70^{b} \pm 1.05$	$7.30^{a} \pm 1.14$	$7.76^{bc} \pm 1.22$
Pandan	$7.96^{bc} \pm 1.29$	$8.06^{bc} \pm 1.08$	$8.46^{c} \pm 0.73$	$8.40^{c} \pm 0.96$	$8.56^{c} \pm 0.56$	$8.33^{c} \pm 0.75$
Turmeric	$6.96^{a} \pm 1.47$	$6.36^{a} \pm 1.09$	$6.50^{a} \pm 1.33$	$6.70^{a} \pm 1.20$	$7.86^{b} \pm 1.00$	$6.50^{a} \pm 1.19$

Mean in a column with a different letters are significantly different ($p<0.05$)

Score = 1 = Dislike very much, 9 = Like very much

ผลของผงเปลือกมะม่วงต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเค้ก
Effect of Mango Powder Peel on the Physical-chemical and Sensory Quality of Cakes

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

The objective of this research was to study effect of mango powder peel on quality of cakes. The green mango (*Mangifera indica* L.) variety "Falan" powder peel was added in cakes at different percentages (0, 1, 4 and 7%). Increasing the level of mango peel powder from 1% to 7% significantly ($p \leq 0.05$) increased the gumminess and firmness. The apparent springiness, L*, total phenolic content, antioxidant and sensory evaluation of baked cakes increased with increasing mango peel power levels. Cakes mixed with mango powder peel at 7% were higher in total phenolic content and antioxidant than those of cake with lower powder percentage whereas the springiness, L* value, texture and overall acceptance of samples showed a reverse trend. Sensory evaluation of odor, taste, texture and overall acceptance results indicated that cake with 1 % mango peel powder was not significantly difference from the control.
Keywords: mango fruit peel powder, antioxidant activity, total phenolic content, cakes

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงต่อคุณภาพของเค้ก โดยเสริมผงเปลือกมะม่วงดิบพันธุ์ฟ้าลั่นปริมาณร้อยละ 0, 1, 4 และ 7 จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มผงเปลือกมะม่วงจากร้อยละ 1 ถึง 7 ค่าความหยุ่นตัวและความแน่นเนื้อของเค้กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ลักษณะการสปริงตัวของเค้ก ค่าความสว่าง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและการประเมินทางประสาทสัมผัสของเค้กเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมผงเปลือกมะม่วง เค้กที่มีผงเปลือกมะม่วงปริมาณร้อยละ 7 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าชุดการทดลองอื่น ในขณะที่ค่าสปริงตัวของเค้ก ค่าความสว่าง ความแน่นเนื้อ และการยอมรับโดยรวมของเค้กแสดงผลตรงข้ามกัน อย่างไรก็ตามการประเมินทางประสาทสัมผัสชี้ให้เห็นว่าการเติมผงเปลือกมะม่วงที่ร้อยละ 1 ผู้ประเมินให้คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากชุดควบคุม
คำสำคัญ: ผงเปลือกมะม่วง สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอล เค้ก

คำนำ*

มะม่วง (*Mangifera indica*) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมสำหรับผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติหวานหอม สีสันสวยงามน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังจัดเป็นผลไม้ที่สำคัญและศักยภาพทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถปลูกได้ทั่วไปทุกภาคของประเทศ ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ ตลาดการส่งออกที่สำคัญในแถบยุโรป ในปี 2558 ปริมาณการส่งออกมะม่วงทั้งรูปผลสด และการแปรรูป มีปริมาณ 65,423,080 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 3,149,918,622 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) เปลือกมะม่วงเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH (IC50) เท่ากับ 2.32 กรัม/มิลลิกรัม และมีสารประกอบฟีนอลรวมเท่ากับ 72.8 มิลลิกรัมของกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ปฏิวิทย์และคณะ, 2554) ในอาหารหลายชนิดนิยมนำเปลือกผลไม้หรือสารสกัดจากผลไม้ผสมลงไป เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่น เปลือกผลองุ่น (Sayago-Ayerdi และคณะ, 2009) ซึ่งเปลือกเหล่านี้มีสารต้านอนุมูลอิสระและไฟเบอร์ผสมในวัตถุดิบหรือแฮมเบอเกอร์ไก่ (Mildner-Szkudlarz และคณะ, 2011) ขนมปังข้าวไรท์ บิสกิสข้าวสาลี เป็นต้น (Mildner-Szkudlarz และคณะ, 2013) พงศธร และศศิธร (2551) ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกผลไม้ 8 ชนิด ได้แก่ มังคุด มะม่วง กล้วยหอม ทุเรียน ลองกอง มะละกอ ส้ม และ

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi , Bangkok 12130

สับปะรด พบว่าเปลือกมังคุด และเปลือกมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ 2, 2-Diphenly-1-Picrylhydrazyl (DPPH) และอนุมูลอิสระ 2, 2'-Azobis (3-Ethylbenzthiazoline-6-Sulfonic Acid) Diammonium Salt (ABTS) สูงกว่าเปลือกผลไม้ชนิดอื่น ดังนั้นเปลือกมะม่วงดิบจึงเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกที่ควรเสริมในเค้กซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มักจะมีลักษณะหวานและผ่านกระบวนการอบ ผลิตจากแป้ง น้ำตาล ไข่ เนย นม เป็นต้น (เศรษฐพงศ์, 2546) และนิยมรับประทานเป็นของหวาน และฉลองในเทศกาลต่าง ซึ่งรับประทานมากไปอาจเป็นผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงเปลือกมะม่วงต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเค้ก

อุปกรณ์และวิธีการ*

นำเปลือกมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่นล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า 2 ครั้ง และล้างด้วยสารละลายด่างทับทิม และสารละลายคลอรีน 10 ppm จากนั้น อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 17 ชั่วโมง วัดความชื้น (ไม่เกิน 6 %) บดจนเป็นผงละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 212 ไมครอน จะได้ผงเปลือกมะม่วง (อาภรณ์ และคณะ, 2555) นำผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 1 4 และ 7 โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ไปผสมกับแป้งเค้กโดยมีส่วนผสมดังนี้ ไข่ไก่ (120 กรัม) น้ำตาล (53 กรัม) เกลือ (0.17 กรัม) น้ำ (23 กรัม) นมข้นจืด (27 กรัม) สารเสริม SP (10 กรัม) ผงฟู (0.67 กรัม) และเนยสด (53 กรัม) การผลิตเค้กดัดแปลงตามวิธารของ ประดิษฐ์ (2556) จากนั้นนำเค้กที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser หัววัด P/36R ความเร็วในการวัด 1.0 mm/s ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin Ciocalteu Colorimetric Method (ดัดแปลงจาก วิไลพร, 2551) การทดสอบฤทธิ์ต่อสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 1,1-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) (ดัดแปลงจาก บังอร และ ศิริลักษณ์, 2549) และการวิเคราะห์ความชอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสาคัญ 0.05 ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบความชอบ (Hedonic scale) มีระดับคะแนน 1- 9 แบ่งระดับความชอบได้ดังนี้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ปัจจัยที่ทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผล*

เค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 1 4 และ 7 มีค่าความเหนียวและความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงเปลือกมะม่วงที่เพิ่มขึ้นในทางตรงข้ามความยืดหยุ่นมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงในเค้ก โดยเค้กที่มีผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 7 มีค่าความเหนียวและความแน่นเนื้อมากที่สุดเท่ากับ 148.42 กิโลกรัม และ 274.53 นิวตันต่อวินาที และมีค่าความยืดหยุ่นต่ำสุด เท่ากับ 0.69 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมผงเปลือกมะม่วงในเค้กร้อยละ 0 มีความเหนียวและความแน่นเนื้อน้อยที่สุดเท่ากับ 103.97 กิโลกรัม และ 132.95 นิวตันต่อวินาที และมีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุดเท่ากับ 0.86 มิลลิเมตร Gomez และคณะ (2010) รายงานว่าปริมาตรของเค้กนั้นสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.9 (r= 0.73) Grigelmo-Miguel และคณะ (1999) พบว่าความแข็งของมัฟฟินเพิ่มขึ้นเมื่อมีไฟเบอร์รวมอยู่ในเนื้อเค้ก โดยทั่วไปปริมาณความชื้นที่สูงจะส่งผลให้เค้กนิ่ม โดยเค้กที่ไม่มีผงเปลือกมะม่วงจะมีความชื้นสูง ดังนั้นเค้กจึงมีความยืดหยุ่นสูง และน้ำก็อาจไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่ส่งผลต่อความแน่นเนื้อ ยังมีปัจจัยอื่นด้วยเช่น กลูเตน แป้ง น้ำตาล และปริมาณไขมันเป็นต้น ที่ส่งผลให้เค้กมีความแข็ง (Chao-Chi Chuang และ Yeh, 2006) เค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 มีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด คือ 78.4 เค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 7 มีค่าความสว่าง (L*) น้อยที่สุด คือ 59.29 เนื่องจากผงเปลือกมะม่วงมีสีเขียว การเพิ่มผงเปลือกมะม่วงจึงส่งผลให้ค่าความสว่างลดลงตามปริมาณผงเปลือกมะม่วงที่เพิ่มขึ้น เค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 4 และ7 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าเค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 และ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และพบว่าเค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 7 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด ในขณะที่เค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดต่ำสุด โดยการเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในเปลือกมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่สูง (พงศธร และศศิธร, 2551) การเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้การยับยั้งอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารต้านอนุมูลอิสระจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น มีการสังเคราะห์ และมีการสลายตัว ซึ่งในการสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระจะมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง คือ แสง อุณหภูมิ คาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์ แร่ธาตุ และ น้ำ ซึ่งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงเป็นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติที่อยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส และทึบแสง ซึ่งลักษณะของการเก็บรักษาอาจเป็นสาเหตุให้ร้อยละของการยับยั้งอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลง (จิราพร, 2555) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม

จำนวน 30 คน พบว่าเค้กเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 และ 1 มีคะแนนทดสอบทางด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิต แต่ให้คะแนนด้านสีกับเค้กที่ไม่เสริมผงเปลือกมะม่วงมากที่สุด ในขณะที่การเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 4 และ 7 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีรสขมจากเปลือกของมะม่วงและสีที่คล้ำลงของเค้กคะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมจึงต่ำกว่าเค้กที่ไม่เสริมผงเปลือกม่วง

สรุป

การเสริมผงเปลือกมะม่วงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 7 ส่งผลให้ความเหนียวและความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความยืดหยุ่น และความสว่างลดลง ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะการเสริมผงเปลือกมะม่วงที่ร้อยละ 7 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด แต่ผู้บริโภคให้คะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามการเสริมผงเปลือกมะม่วงในเค้กร้อยละ 1 ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเค้กที่ไม่เสริมผงเปลือกมะม่วง โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สนับสนุนเงินทุนงบรายได้ ประจำปี 2560 ในการทำวิจัย และการนำเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง**

เศรษฐพงศ์ เผ่าวัฒนา, 2546, ของหวานๆพื้นฐานทำเค้ก, พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพ : สำนักพิมพ์บ้านและสวน.
.
จิราพร เพลินจิตต์, 2555, Stability of phenolic-acids in subcritical water, สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บังอร วงศ์รัก และ ศิริลักษณ์ ปิยสุวรรณ, 2549, ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย ทิพวรรณ ผาสุก และราตรี มงคลไทย, 2554, เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, คณะวิทยาศาสตร์เละเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

ประดิษฐ์ คำหนองไผ่, 2556, บทปฏิบัติการเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ขนมอบ, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

พงศธร ล้อสุวรรณ จิตศิริ ราชตนะพันธุ์ และศศิธร จันทนวรางกูร, 2551, สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ครั้งที่ 46

วิไลพร ปองเพียร, 2551, การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟักแม้ว, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

สานักงานเศรษฐกิจการเกษตรม 2558, ปริมาณการส่งออกมะม่วง http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php

อาภรณ์ สาระจันทร์ ภุมรินทร์ ขันสัมฤทธิ์ และผกาวรรณ วงศ์นิกร, 2555, ผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วงต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในคุกกี้, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

Chao-Chi Chuang, G. and Yeh, I.A., 2006, Rheological Characteristics and Texture Attributes of Glutinous Rice Cakes Mochi, Journal of food engineering, 74: 314 – 323.

Gomez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E. and Caballero, P.A., 2010, Effect of Fiber Size on the Quality of Fiber-enriched Layer Cakes, LWT - Food Science and Technology, 43: 33-38.

Grigelmo-Miguel, N., Carreras-Boladeras, E. and Martin-Belloso, O., 1999, Development of high-fruit-dietary fiber muffins, European Food Research and Technology, 210: 123-128.

Mildner-Szkudlarz, S., Bajerska, J., Zawirska-Wojtasiak, R. and Gorecka, D., 2013, White grape pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits, Journal of the Science of Food and Agriculture, 93: 389-395.

Sayago-Ayerdi, S. G., Brenes, A. and Goni, I., 2009, Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers, LWT -Food Science and Technology, 42: 971-976.

Table 1 Gumminess, firmness and springiness of cakes containing mango peel powder 0, 1, 4 and 7%.

Mango peel powder cakes (%)	Gumminess (kg)	Firmness (Ns^{-1})	Springiness (mm)
0	103.97^{a}	132.95^{a}	0.86^{a}
1	130.44^{b}	170.19^{b}	0.85^{b}
4	132.41^{b}	228.55^{c}	0.76^{c}
7	148.42^{c}	274.53^{d}	0.69^{c}

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

Table 2 L* value, total phenolic content and antioxidant content of cakes containing mango peel powder 0, 1, 4, and 7%.

Mango peel powder cakes (%)	L*	Total phenolic content (mg GAE/100 g)	Antioxidant content (µg ascorbic acid/g)
0	78.47^{d}	0.31^{a}	6.22^{a}
1	67.87^{c}	0.50^{a}	72.83^{b}
4	63.62^{b}	1.87^{b}	92.12^{c}
7	59.29^{a}	3.41^{c}	103.71^{d}

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

Table 3 Sensory evaluation of cakes containing mango peel powder 0, 1, 4 and 7%.

Mango peel powder cakes (%)	Properties				
	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	8.10^{c}	7.30^{b}	7.83^{c}	7.73^{b}	7.83^{b}
1	7.06^{b}	7.63^{b}	7.50^{c}	7.50^{b}	7.73^{b}
4	6.13^{a}	6.10^{a}	6.16^{b}	5.90^{a}	6.13^{a}
7	6.81^{a}	5.70^{a}	5.36^{a}	5.43^{a}	5.60^{a}

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

ผลของมะรุมผงต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมนม
Effect of *Moringa oleifera* Powder on Physicochemical Properties of Milk Ice Cream

นวพร ลาภส่งผล[1] จีรนันทน์ สุขเกษม[1] ณัฐฑิฌา คเชนทรพรรค[1] และ ศรัณยา จังโส[2]
Lapsongphon, N.[1], Sukkasem, J.[1], Kchentornpak, N.[1] and Changso, S.[2]

Abstract

The purposes of this research were to investigate the effect of *Moringa oleifera* powder on physicochemical properties of milk ice cream. Moringa powders including moringa peel, pulp and seed (0, 1, and 2% ice cream basis) were added into milk ice cream formulation. Results showed that ice cream added with 1% moringa powder showed the highest overrun (P≤0.05), while all samples with moringa powder (1 and 2%) appeared to have lower melting rate as compared to the control (P≤0.05). Ice cream added with 2% moringa pulp showed the highest total phenolic content and DPPH free radical scavenging activity. Sensory evaluation showed rating score for color, odor, taste, texture and general acceptability of ice cream added with 1% moringa peel or 2% moringa pulp was comparable to its control (P>0.05).

Keywords: ice cream quality, *Moringa oleifera*, antioxidant

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของมะรุมผงต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมนม โดยการเติมมะรุมผง ได้แก่ เปลือก เนื้อ และเมล็ดมะรุม (ปริมาณ 0, 1 และ 2% โดยน้ำหนักไอศกรีม) ลงในในสูตรไอศกรีมนม ผลการทดลองพบว่า ไอศกรีมที่มีการเติมมะรุมผง 1% มีค่าโอเวอร์รันเพิ่มขึ้น (P≤0.05) ในขณะที่ตัวอย่างที่มีการเติมมะรุมผง (1 และ 2%) มีค่าอัตรา การละลายลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมมะรุมผง (P≤0.05) ไอศกรีมที่มีการเติมเนื้อมะรุมผง 2% มีปริมาณฟีนอ ลิคทั้งหมดและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าค่าความชอบ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของไอศกรีมที่เติมเปลือกมะรุมผง 1% หรือ เนื้อมะรุมผง 2% ไม่มีความ แตกต่างกันเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมมะรุมผง

คำสำคัญ: คุณภาพของไอศกรีม มะรุม การต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ไอศกรีมนมเป็นผลิตภัณฑ์ท์นมแช่แข็งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างมาก เนื่องจากมีรสชาติที่หวานและเย็น ไอศกรีมนมมีส่วนผสมหลักคือ น้ำ นมและผลิตภัณฑ์นม ส่วนผสมเพิ่มรสชาติและกลิ่น ซึ่งสามารถรับประทานได้ง่ายทั้งเด็กและผู้ใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามไอศกรีมนมให้พลังงานที่ค่อนข้างสูง อุดมด้วยสารต่างๆที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง ทำให้ปัจจุบันผู้บริโภคสมัยใหม่ได้ศึกษาและพัฒนาไอศกรีมเพื่อสุขภาพมากขึ้น เช่น ศึกษาพัฒนาไอศกรีมดอกโสน เพื่อเพิ่มเส้นใยในอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่ดีต่อสุขภาพ เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพมากขึ้น (นันทวรรณ, 2556) ศึกษาเสริมใบขลู่ผงเป็นส่วนประกอบของไอศกรีมไขมันต่ำ พบว่า การเติมใบขลู่ผง 1.0% ในไอศกรีมไขมันต่ำ ทำให้ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด มีผลทำให้ไอศกรีมปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและการยับยั้งอนุมูลอิสระ เพิ่มขึ้นมากกว่าไอศกรีมสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (วิชมณี และคณะ, 2558) เป็นต้น

มะรุม (*Moringa oleifera* Lam: MOL) เป็นพืชในวงศ์ Moringaceae ส่วนต่างๆของมะรุมสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ในฝักมะรุมพบว่ามีปริมาณเส้นใย และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูง เช่น กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดโอเลอิก เป็นต้น (Gopalakrishnanb และคณะ, 2016) ใบมะรุมพบว่ามีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง นิยมนำไปเป็นอาหาร

---

[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
[2] สาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 85 ถนนมาลัยแมน เมือง นครปฐม 73000
[2] Department of Food Management, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, 85 Malaiman Road, Muang, Nakhon Pathom, 73000

สัตว์ นอกจากนี้ยังพบว่ามี เบต้าแคโรทีน วิตามินซี ธาตุเหล็ก แคลเซียม และโพแทสเซียม ในปริมาณที่สูงเช่นกัน (Sreelatha และ Padma, 2009) ส่วนในเมล็ดมะรุมพบสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น catechin, epicatechin, และ quercetin เป็นต้น (Govardhan และคณะ, 2013) ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ ลดระดับน้ำตาล ลดคอเลสเตอรอล ต้านเชื้อแบคทีเรียและรา ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลายชนิด (Farooq และคณะ, 2012) เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมะรุมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดศึกษาความเป็นไปได้ในการนำส่วนต่างๆของฝักมะรุม มาเป็นส่วนผสมเพิ่มในการผลิตไอศกรีมนม เพื่อเสริมสารพฤกษเคมีซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมะรุมผงต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนม

อุปกรณ์และวิธีการ

นำฝักมะรุม ที่ซื้อได้จากร้านค้าแห่งหนึ่งในตลาด จังหวัดปทุมธานี ล้างทำความสะอาด จากนั้นแยกมะรุมออกเป็น 3 ส่วน คือ เปลือก เนื้อ และ เมล็ดมะรุม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้ไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 18 เมช ก่อนนำไปเติมลงในไอศกรีม

ศึกษาผลของมะรุมผงต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมนม โดยการเติมมะรุมผงได้แก่ เปลือก เนื้อ และเมล็ดมะรุม (ปริมาณ 0, 1 และ 2% โดยน้ำหนักไอศกรีม) ดัดแปลงจาก นันทวรรณ (2556) โดยมีวิธีการดังนี้ นำนมสดพาสเจอร์ไรส์รสจืด ผสมน้ำตาลทราย ผงมะรุม และสารให้ความคงตัว ให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ทำให้เย็นจนอุณหภูมิส่วนผสมถึง 55 องศาเซลเซียส แล้วปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสม ทำการพาสเจอร์ไรส์ โดยให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิให้ส่วนผสมมีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 นาที หลังจากนั้นนำมาลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว บ่มส่วนผสมในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง นำส่วนผสมที่บ่มแล้วมาปั่น เป็นเวลา 20 นาที ในขณะที่ปั่นไอศกรีมควบคุมอุณหภูมิให้ไม่เกิน 0 องศาเซลเซียส จากนั้นตักใส่กล่องภาชนะปิดสนิท นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและทดสอบทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของตัวอย่าง ได้แก่ ค่าโอเวอร์รันและอัตราการละลาย (Koxholt และคณะ, 2001)วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของไอศกรีม ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000) ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดด้วยวิธี Folin ciocalteu ดัดแปลงตามวิธีการของ Kähkönen และคณะ (1999) และฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดัดแปลงตามวิธีการของ Burits และ Bucar (2000) โดยก่อนการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดและฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ทำสกัดตัวอย่างด้วยเอทานอล 95% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้กระจกนาฬิกาปิด และทำการคนตัวอย่างทุก ๆ 10 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำส่วนใสที่ได้มาปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล 95% ได้ตัวอย่างสารสกัดที่ต้องการวิเคราะห์ วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการใช้แบบทดสอบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scaling) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบในช่วงอายุ 19-22 ปี จำนวน 50 คน

ทำาการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ยกเว้นการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบลอคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design; RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test; DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผล**

ผลการวิเคราะห์ค่าโอเวอร์รัน (Table 1) พบว่า ไอศกรีมที่มีการเติมมะรุมผง (เปลือก เนื้อ และเมล็ดมะรุม) ปริมาณ 1% มีค่าโอเวอร์รันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าโอเวอร์รันที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมา มะรุมผงที่ปริมาณ 1% ช่วยส่งเสริมการสร้างร่างแหของเม็ดไขมัน (fat coalescence) ให้แข็งแรงขึ้น มีผลทำให้ไอศกรีมมีโครงสร้างที่สามารถจับกับอากาศและกักเก็บได้ดีระหว่างการตีปั่นของไอศกรีม ส่งผลทำให้ปริมาตรของอากาศในไอศกรีมเพิ่มขึ้น (Murtaza และคณะ, 2004) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มปริมาณการเติมเป็น 2% พบว่าการเติมเปลือกและเมล็ดมะรุมผงมีผลทำให้ค่าโอเวอร์รันเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะการเติมมะรุมผงที่ปริมาณ 2% เป็นปริมาณที่สูงเกินไป รบกวนการเกิดโครงสร้างร่างแหของเม็ดไขมัน ทำให้สามารถจับกับอากาศได้ลดลง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดและอัตราการละลายของตัวอย่างไอศกรีม (Table 1) พบว่า ทุกตัวอย่างไอศกรีมที่มีการเติมมะรุมผง (1 และ 2%) มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้น (36.10-36.80%) และค่าอัตราการละลายลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมมะรุมผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และการยับยั้ง

อนุมูลอิสระ DPPH ของไอศกรีมตัวอย่าง (Table 2) พบว่าไอศกรีมที่มีการเติมมะรุมผง (1 และ 2%) มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม โดยไอศกรีมที่มีการเติมเนื้อมะรุมผง 2% มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดคิดเป็น 518.96 μg Gallic acid eq./g และ 1,566.85 μg Trolox eq./g ตามลำดับ

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 3) พบว่า เมื่อเติม เปลือก เนื้อ และเมล็ดมะรุมผงลงในในสูตรไอศกรีมนม มีผลทำให้ค่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง อาจเนื่องจากมะรุมผงทั้ง 3 ส่วนมีผลทำให้ไอศกรีมมีรสชาติขมฝาดขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าไอศกรีมสูตรที่มีการเติมเปลือกมะรุมผง 1% และ เนื้อมะรุมผง 2% ไม่มีความแตกต่างกันด้านความชอบโดยรวมเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมมะรุมผง ($P>0.05$)

สรุปผล

จากการทดลองพบว่ามีความเป็นไปได้ในประยุกต์ใช้มะรุมผงมาเป็นส่วนผสมในไอศกรีมนม โดยไอศกรีมที่มีการเติมมะรุมผง มีแนวโน้มทำให้ค่าโอเวอร์รันเพิ่มขึ้น ค่าอัตราการละลายลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าไอศกรีมที่มีการเติมเนื้อมะรุมผง 2% มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ไอศกรีมที่เติมเนื้อมะรุมผง 2% มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ ไอศกรีมที่เติมเปลือกมะรุมผง 1% ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 สูตรนี้มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมมะรุมผง ($P>0.05$)

คำขอบคุณ

คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการนำเสนอผลงานในครั้งนี้

Table 1 %Overrun, total soluble solid and melting rate of ice cream added moringa powder.

Sample	%Overrun	%TSS	%Melting rate
Control	$43.31^{de}\pm0.42$	$34.61^{e}\pm0.28$	$37.041^{a}\pm0.23$
Peel 1%	$46.16^{b}\pm0.43$	$36.10^{d}\pm0.12$	$32.44^{b}\pm0.80$
Peel 2%	$43.77^{d}\pm0.11$	$36.96^{a}\pm0.23$	$32.62^{b}\pm0.32$
Pulp 1%	$52.51^{a}\pm0.30$	$36.59^{bc}\pm0.22$	$32.65^{b}\pm0.02$
Pulp 2%	$45.48^{c}\pm0.30$	$36.63^{abc}\pm0.13$	$32.15^{b}\pm0.32$
Seed 1%	$52.64^{a}\pm0.38$	$36.28^{cd}\pm0.25$	$32.98^{b}\pm0.13$
Seed 2%	$43.13^{e}\pm0.09$	$36.80^{ab}\pm0.34$	$31.36^{b}\pm0.31$

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

Table 2 Total phenolic content (μg Gallic acid eq./g) and DPPH radical scavenging activity of ice cream added moringa powder.

Sample	μg Gallic acid eq./g	μg Trolox eq./g
Control	$318.72^{f}\pm1.63$	$20.99^{e}\pm0.54$
Peel 1%	$370.26^{e}\pm0.34$	$55.63^{d} \pm 1.80$
Peel 2%	$515.61^{a}\pm0.23$	$1,474.07^{b}\pm2.99$
Pulp 1%	$410.57^{c}\pm3.46$	$56.98^{d}\pm0.76$
Pulp 2%	$518.96^{a}\pm1.26$	$1,566.85^{a}\pm1.34$
Seed 1%	$397.26^{d}\pm3.59$	$53.33^{d}\pm1.89$
Seed 2%	$457.76^{b}\pm2.84$	$1,378.83^{c}\pm0.16$

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

Table 3 Sensory evaluation of ice cream added moringa powder.

Sample	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptance
Control	7.84[a]±0.74	7.60[a]±1.09	7.74[a]±0.99	7.68[a]±0.87	7.95[ab]±0.95
Peel 1%	7.62[ab]±0.85	7.58[a]±0.64	7.54[ab]±0.86	7.58[ab]±0.67	7.76[bc]±0.69
Peel 2%	7.46[b]±0.89	7.22[b]±0.89	7.24[bc]±1.27	7.18[c]±1.21	7.52[cd]±0.91
Pulp 1%	7.58[ab]±0.86	7.14[b]±1.13	7.26[bc]±1.05	7.24[bc]±1.10	7.30[d]±1.13
Pulp 2%	7.40[b]±0.93	7.32[ab]±0.89	7.26[bc]±1.07	7.14[c]±1.13	7.90[ab]±0.69
Seed 1%	7.50[b]±0.71	7.28[ab]±1.07	7.06[c]±1.15	7.44[abc]±0.76	7.38[d]±0.75
Seed 2%	6.98[c]±1.19	6.70[c]±0.84	6.18[d]±1.08	6.80[d]±0.95	6.68[e]±1.02

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

เอกสารอ้างอิง

นันทวรรณ ฉวีวรรณ์, 2556, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดอกโสน, สถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, อยุธยา

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร และ นิสานารถ กระแสร์ชล, 2558, ผลของการใช้ใบขลู่ผงเป็นส่วนประกอบของไอศกรีมไขมันต่ำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3)(พิเศษ): 249-252.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis. 16th ed. Washington DC, The Association of Official Analytical Chemists.

Burits, M. and Bucar, F., 2000, Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil, Phytotherapy Research, 14: 323-328.

Farooq, F., Rai, M., Tiwari, A., Khan, A.A. and Farooq, S., 2012, Medicinal properties of Moringa oleifera: An overview of promising healer, Journal of Medicinal Plants Research, 6(27): 4368-4374.

Gopalakrishnanb, L., Doriyaa, K., Kumar, D.S. 2016, Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application, Food Science and Human Wellness, 5: 49-56.

Govardhan Singh, R.S., Negi, P.S., Radha, C. 2013, Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour, Journal of Functional Foods, 5: 1883-1891.

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.

Koxholt, M.M.R., Eisenmann, B., and Hinrichst, J., 2001. Efftect of the fat globule size on the meltdown of ice cream, Journal of Dairy Science, 84: 31-37.

Murtaza, M.A., Din, M.U., Huma, N., Shabbir, M.A. and Mahmood, S., 2004, Quality Evaluation of Ice Cream Prepared with Different Stabilizers/emulsifier Blends, International Journal of Agriculture & Biology, 6: 65-67.

Sreelatha, S. and Padma, P.R., 2009, Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity, Plant Foods for Human Nutrition, 64: 303-311.

การผลิตน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดเสริมโปรไบโอติก
Production of Probiotic Orange Juice Blended with Carrot and Pineapple Juice

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] และ เจริญ เจริญชัย[1]
Tanganurat, P.[1] and Charoenchai, C.[1]

Abstract

Production of probiotic orange juice blended with carrot and pineapple Juice at different ratios of 60:30:10, 80:10:10 and 50:30:20 was conducted. Physicochemical and sensory analyses were evaluated. Marginal changes in pH, acidity, total soluble solids were observed. Sensory analyses showed that blended juice in ratio of 50:30:20 had highest acceptability score (above 8.0). Then, the inoculation of probiotic (*Lactobacillus plantarum*) in juice was produced. No significant of vitamin C content was found between probiotic juice (61.51 mg/L) and non-inoculated juice. The acidity increased and pH of the juices decreased during the storage time. This probiotic juice contains a viable cell concentration of 9.0 log CFU/ml after storage for 7 days at refrigerated temperature.
Keywords: probiotic juice, orange, carrot, pineapple

บทคัดย่อ

การผลิตน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดโดยผสมน้ำส้ม แครอท และสับปะรด ในอัตราส่วน 60:30:10, 80:10:10 และ 50:30:20 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัส ตรวจสอบค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่าน้ำผลไม้ผสมที่อัตราส่วน 50:30:20 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดย รวมมากที่สุด (มากกว่า 8.0) จึงนำมาผลิตเป็นน้ำผลไม้เสริมเชื้อโปรไบโอติก (*Lactobacillus plantarum*) พบว่าปริมาณ วิตามินซีของน้ำผลไม้โปรไบโอติก (61.51 mg/L) ไม่แตกต่างจากน้ำผลไม้ควบคุมที่ไม่มีการเติมเชื้อโปรไบโอติก ปริมาณกรดทั้งหมด เพิ่มขึ้นและค่า pH ของน้ำผลไม้ลดลงระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณเชื้อโปรไบโอติกที่มีชีวิตในน้ำผลไม้เป็น 9.0 log CFU/ml หลัง จากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น
คำสำคัญ: น้ำผลไม้โปรไบโอติก ส้ม แครอท สับปะรด

คำนำ

ปัจจุบันตลาดผลิตภัณฑ์สินค้าโปรไบโอติกโดยส่วนใหญ่จะเป็ผลิตภัณฑ์ที่มาจากนม และเพื่อเป็นการเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภค ที่แพ้น้ำนมและผู้ที่รับประทานมังสวิรัติจึงน่าจะขยายตลาดผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกให้กว้างขึ้น โดยจุลินทรีย์โปรไบโอติกจะต้องเป็นเชื้อที่มีชีวิตอยู่ได้ในผลิตภัณฑ์ สามารถเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ และต้องมีจำนวนเชื้อในผลิตภัณฑ์ไม่น้อยกว่า 8-9 log CFU/ml (Lupien-Meilleur และคณะ, 2016) ถึงจะส่งผลดีต่อร่างกาย และโปรไบโอติกมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันและระบบย่อย อาหาร (Vasudha **และ** Mishra, 2013) และน้ำผลไม้เป็นเครื่องดื่มที่นิยมกันทุกเพศทุกวัย มีประโยชน์และดีต่อสุขภาพ แครอทเป็น รากผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของบต้าแคโรทีนและนิยมนำมาผลิตน้ำผักผลไม้ (Demir et al., 2000) สับปะรดเป็น ผลไม้ ที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากรสชาติที่ดึงดูดใจและทำให้รู้สึกสดชื่น มักนำมาผสมกับเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ (De Carvalho **และคณะ**, 2007) ส้มนับว่าเป็นผลไม้ที่มีการบริโภคกันทั่วโลก มีรสชาติที่ดี และเป็นแหล่งวิตามินซี รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระด้วย (Jan และ Masih, 2012) ทั้งยังไม่ค่อยมีการศึกษามากนักเกี่ยวกับการนำจุลินทรีย์โปรไบโอติกมาเสริมลงในน้ำผลไม้ซึ่งมีสภาวะไม่เหมาะ- สมกับการเจริญเติบโตของเชื้อมากนัก เนื่องจากมีค่าความเป็นกรดและสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในระดับสูง ดังนั้นอัตราการอยู่รอด ของโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญของงานวิจัย (Nualkaekul และ Charalampopoulos, 2013) ด้วยเหตุนี้จึงสนใจ ศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เสริมโปรไบโอติก ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลไม้ และเป็นผลิตภัณฑ์ทาง เลือกสำหรับผู้บริโภคที่แพ้น้ำนมและผู้ที่รับประทานมังสวิรัติ

[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

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนของน้ำส้ม ผสมแครอทและสับปะรด

ล้างผลไม้และปอกเปลือก นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นแยกกากแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง ผสมน้ำส้ม แครอท และสับปะรด ในอัตราส่วน 60:30:10 , 80:10:10 , 50:30:20 จากนั้นพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 15 วินาที วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ pH ด้วยพีเอชมิเตอร์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยใช้ Hand Refractometer และปริมาณกรดทั้งหมด (Titratable Acidity,TA) ในรูปของกรดซิตริกตามวิธี AOAC (1997) และทดสอบ การยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์น้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9 point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน และวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD)

การทดลองที่ 2 การศึกษาการผลิตน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดเสริมโปรไบโอติก

เขี่ยเชื้อ *L. plantarum* ลงในอาหาร MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำโคโลนีเดี่ยวถ่ายลงใน MRS broth บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงเซลล์และล้างเซลล์ด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 0.9% จำนวน 2 ครั้ง ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm 5 นาที จากนั้นเทส่วนใสทิ้งและเติมน้ำผลไม้แล้วเขย่าผสม โดยเชื้อเริ่มต้น 7 log cfu/ml ได้หัวเชื้อ และเติมหัวเชื้อ 1% (v/v) ใส่ลงในน้ำผลไม้สูตรที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุดจากการทดลองที่ 1 โดยเปรียบเทียบระหว่าง น้ำผลไม้สูตรควบคุมกับสูตรที่มีการเสริมโปรไบโอติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยสุ่มตัวอย่างในช่วงวันที่ 1 และ 7 มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี วางแผนการทดลองแบบ CRD ดังนี้ pH ด้วยพีเอชมิเตอร์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำโดยใช้ Hand Refractometer และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกตามวิธี AOAC (1997) วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยวิธี In-house method based on Compendium of Methods for Food Analysis และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9 point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน และวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ และศึกษาการเหลือรอดของเชื้อ *L. plantarum* ในวันที่ 1 ,3 และ 7 ด้วยวิธี pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar นำไปบ่มที่ อุณหภูมิ 37°C เป็น ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผล***

1. คุณสมบัติทางเคมีและประสาทสัมผัสของน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดในอัตราส่วนต่างๆ

จากการทดลองทำเครื่องดื่มน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ 60:30:10, 80:10:10, 50:30:20 นำมาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH (Table 1)

Table 1 Chemical characteristics of blend juice at different ratio.

Orange:Carrot:Pineapple	TSS (°Brix)	%TA	pH
60:30:10	8.3^{a}	0.54^{c}	4.68
80:10:10	8.2^{a}	0.63^{b}	4.62
50:30:20	7.1^{b}	0.68^{a}	4.56

Different letters indicate statistically significant differences p ≤ 0.05 among columns.

จากตารางพบว่าน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดของน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่น้ำผลไม้อัตราส่วน 60:30:10 มีค่า TSS มากที่สุดเท่ากับ 8.3 °Brix และในอัตราส่วน 80:10:10 และอัตราส่วน 50:30:20 มีค่า TSS เท่ากับ 8.2 และ 7.1 °Brix ตามลำดับ ซึ่งเป็นน้ำผลไม้ที่ไม่มีการเติมน้ำตาล โดยทั่วไปแล้วน้ำผลไม้พร้อมดื่มจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 11-12 °Brix (Jan และ Masih, 2012) ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก น้ำส้มผสมแครอทและสับปะรด อัตราส่วน 50:30:20 มีค่ามากที่สุดคือ 0.68% ซึ่งมีค่ามากที่สุด ($P \leq 0.05$) อาจเนื่องจากอัตราส่วนของน้ำสับปะรดในสูตรนี้มากที่สุด และส่งผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด อย่างไรก็ตาม pH ของน้ำผลไม้ทั้งสามสูตรไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่า pH อยู่ที่ระหว่าง 4.56-4.68 และผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ต่อผลิตภัณฑ์น้ำส้มผสมแครอทและสับปะรด 3 สูตร แสดงดัง Table 2

Table 2 Sensory quality attributes of blend juice.

Orange:Carrot:Pineapple	Color	Flavor	Taste	Overall acceptance
60:30:10	7.53[a]	7.30[a]	7.23[b]	7.47[b]
80:10:10	7.37[a]	7.50[a]	7.30[b]	7.40[b]
50:30:20	7.83[a]	7.37[a]	7.77[a]	8.40[a]

Different letters indicate statistically significant differences p ≤ 0.05 among columns.

จากการประเมินความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดแสดงผลการทดสอบในด้านสีและกลิ่นไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนความชอบในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมของน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดที่อัตราส่วน 50:30:20 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด (P≤0.05)

2. คุณสมบัติทางเคมีและประสาทสัมผัสของน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดเสริมโปรไบโอติก

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ อัตราส่วนที่ 50:30:20 จึงนำมาศึกษาการผลิตน้ำผลไม้ผสมเชื้อโปรไบโอติก *L. plantarum* และทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและประสาทสัมผัสในวันที่ 1 และวันที่ 7 และทำการทดสอบคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาในวันที่ 1, 3 และ 7 ของการเก็บรักษาในตู้เย็น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด ค่า pH และปริมาณวิตามินซี แสดงดัง Table 3

Table 3 Chemical characteristics of uninoculated (control) and probiotic blend juice during storage at refrigerated temperature.

Blend juice	Ascorbic acid (ppm)	Storage time (days)	pH	%TA	TSS ($^{\circ}$Brix)
Control	59.07[a]	1	3.44[a]	0.84[a]	9.27[a]
		7	3.07[b]	1.09[b]	9.23[a]
Probiotic juice	61.51[a]	1	3.44[a]	0.90[a]	9.53[a]
		7	3.02[b]	1.14[b]	9.37[a]

Different letters indicate statistically significant differences p ≤ 0.05 among columns.

จากการทดสอบคุณภาพทางเคมี พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในวันที่ 1 และ 7 และปริมาณวิตามินซี ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ของน้ำผลไม้ที่เสริมและไม่เสริมโปรไบโอติก สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำผลไม้ทั้งสองชนิดในวันที่ 1 และ 7 พบว่า เมื่อเก็บรักษาน้ำผลไม้นานขึ้นส่งผลให้ค่า pH ลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) ในตัวอย่างทั้งสองชนิด เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Jan และ Masih (2012) ที่กล่าวว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เป็นเวลา นานมากขึ้นทำให้ค่า pH ลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจาก น้ำผลไม้ทั้งสองชนิดในวันเดียวกันแสดงให้เห็นว่าการเสริมโปรไบโอติกในน้ำผลไม้และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำผลไม้ทั้งสองชนิดมากนัก

Table 4 Sensory quality attributes of blend juice during storage at refrigerated temperature.

Blend juice	Color	Flavor	Taste	Overall acceptance
Day 1	ns	ns	ns	ns
Control	7.16	7.16	6.96	7.10
Probiotic juice	7.33	7.06	7.23	7.20
Day 7	ns	ns	ns	ns
Control	7.66	7.43	7.56	7.70
Probiotic juice	7.53	7.46	7.60	7.80

ns: non significant (P>0.05) among column

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติก แสดงดัง Table 4 พบว่า เครื่องดื่มน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดเสริมโปรไบโอติกในวันที่ 1 และ 7 ของการเก็บรักษา ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน (P > 0.05) ทุกด้าน โดยได้คะแนนในระดับปานกลาง

3. อัตราการเหลือรอดของเชื้อ *L. plantarum* ในเครื่องดื่มน้ำส้มผสมแครอทและสับปะรดเสริมโปรไบโอติก

การตรวจสอบการรอดชีวิตของโปรไบโอติกในวันที่ 1 ,3 และ**7** ของการเก็บรักษา พบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นเชื้อ *L. plantarum* มีจำนวนมากขึ้น ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษามีปริมาณเชื้อสูงที่สุดคือ 9 log CFU/ml จากเชื้อเริ่มต้น 6.6 log CFU/ml ซึ่งเป็นจำนวนมากกว่าระดับที่กำหนดให้เป็นระดับที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย แสดงให้เห็นศักยภาพของการเป็นเครื่องดื่มโปรไบโอติกที่ไม่ใช่นม ทั้งยังพบว่าผลไม้ยังเป็นแหล่งของพรีไบโอติก อุดมไปด้วยวิตามิน เกลือแร่ สารต้านอนุมูลอิสระ ไฟเบอร์ และไม่มีสารก่อให้เกิดการแพ้ (Vasudha และ Mishra, 2013) นอกจากนี้ยังมีคุณภาพทางประสามสัมผัสเป็นที่ยอมรับของ ผู้ทดสอบชิมไม่ต่างจากน้ำผลไม้ควบคุม (P>0.05) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของ Luckow และ Delahunty (2004) ชี้ให้เห็นว่า การเติม *L. plantarum* อาจส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ผิดปกติ และรสชาติที่เปรี้ยวขึ้นเมื่อผสมเชื้อนี้ลงในน้ำ ผลไม้ ทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำส้มชุดควบคุมมากกว่าน้ำส้มที่เติมโปรไบโอติก แต่ถ้ามีการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ของน้ำ ผลไม้โปรไบโอติกแก่ผู้บริโภค พบว่า สามารถช่วยเพิ่มความพึงพอใจของผู้บริโภคได้เพิ่มขึ้น

สรุปผล

น้ำผลไม้ผสมที่อัตราส่วน 50:30:20 (ส้ม:แครอท:สับปะรด) เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสดีที่สุดและเมื่อนำมาเสริมโปรไบโอติก *L. plantarum* พบว่าไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของน้ำผลไม้ทั้งในด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส และการเหลือรอดของเชื้อโปรไบโอติกในวันที่ **7** ของการเก็บรักษา พบว่ามีปริมาณเชื้อสูงที่สุด (9 log CFU/ml) ในอุณหภูมิตู้เย็น แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำผลไม้เสริมโปรไบโอติก

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 1997, Official method of analysis of AOAC international. Association of Official Analytical Chemists, 16^{th} ed., Washington, DC.

De Carvalho, J.M, Maia, G.A., De Figueredo, R.W., 2007, Development of a blended non-alcoholic beverage composed of coconut water and cashew apple juice containing caffeine, Journal of Food Quality, 30; 664-681.

Demir, N, Acar, J. and Baheci, K.S., 2000, The use of commercial pectinase in fruit juice industry. Part 3: Immobilized pectinase for mash treatment, Journal of Food Engineering, 47; 275-280.

Jan, A. and Masih, Er.D., 2012, Development and quality evaluation of pineapple juice blend with carrot and orange juice, International Journal of Scientific and Research Publications, 2(8): 1-8.

Luckow, T. and Delahunty, C., 2004, Which juice is 'healthier'? A consumer study of probiotic non-dairy juice drinks, Food Quality and Preference, 15: 751– 759.

Lupien- Meilleur, J., Roy, D. and Lagace, L., 2016, Viability of probiotic bacteria in a maple sap beverage during refrigerated storage, LWT-Food science and technology, 74; 160-167.

Nualkaekul, S. and Charalampopoulos, D., 2013, Survival of probiotics in fruit juices, SWU Science Journal, 29(2): 237-262.

Vasudha, S. and Mishra, H.N., 2013, Non dairy probiotic beverages, International Food Research Journal, 20(1); 7-15.

การใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดแคโรทีนอยด์: กรณีศึกษาในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
Accellerase-assisted Extraction Enhancing Carotenoids: A Case Study in Red Aril of Gac fruit

ศรินญา สังขสัญญา[1] พิสุทธิ หนักแน่น[2] อรัญญา มิ่งเมือง[3] และ สิริฉัตร ชนะดัง[3]
Sangkasanya, S.[1], Naknaen, P.[2], Ditudompo, S.[2], Mingmuang A.[3] and Chanadang, S.[3]

Abstract
The objective of this study was to apply the commercial cellulose for promoting the carotenoids extraction from red aril of Gac fruit. Different concentrations (0.25-3%, w/w) of the commercial cellulase, (Accellerase 1500), were investigated. Three carotenoids, including lycopene, β-carotene and lutein, were determined. According to the results, higher lycopene content was observed in all the enzyme-treated samples compared to that of non-enzyme-treated sample (control sample 20.31 mg/g). However, no increase in either lutein or β-carotene was found after all the cellulose treatments. The suitable concentration of Accellerase 1500 was approximately 2% as evidenced by the highest contents of lycopene (38.52 mg/g) was obtained. Results suggested that cellulase treatment could be used for enhancing extraction efficiency of carotenoids from carotenoid-rich plant, particularly red aril from Gac fruit.
Keywords: Gac fruit, cellulase, carotenoid, red aril

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดแคโรทีนอยด์จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า (Accellerase 1500) ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันในช่วงร้อยละ 0.25-3 ต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ ไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และลูทีน จากผลการศึกษาพบว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลสในกระบวนการสกัดสามารถช่วยเพิ่มปริมาณไลโคปีน โดยตัวอย่างที่มีการใช้เอนไซม์ในกระบวนการสกัดมีปริมาณไลโคปีนสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการใช้เอนไซม์ในกระบวนการสกัด (ชุดควบคุม 20.31 mg/g) อย่างไรก็ตามการใช้เอนไซม์เซลลูเลสไม่มีผลต่อการสกัดเบต้าแคโรทีนและลูทีน สหรับความเข้มข้นที่เหมาะสมของเอนไซม์ Accellerase 1500 ในการสกัดแคโรทีนอยด์จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวพบว่าการใช้เอนไซม์ร้อยละ 2 ให้ปริมาณไลโคปีนสูงสุด (38.52 mg/g) ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มร้อยละผลได้ในการสกัดแคโรทีนอยด์จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว
คำสำคัญ: ฟักข้าว เอนไซม์เซลลูเลส แคโรทีนอยด์ เยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง

คำนำ
ฟักข้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Momordica cochinensis Spreng.* มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน พม่า ไทย ลาว บังกลาเทศ มาเลเซีย และฟิลิปปินส์ ฟักข้าวเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มแคโรทีนอยด์ โดยมีไลโคปีน และเบต้าแคโรทีนซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ และโรคเบาหวาน เป็นกลุ่มสารหลัก อีกทั้งยังมีกรดไขมันชนิดที่ช่วยในการดูดซึมสารไลโคปีน และเบต้าแคโรทีน โดยเยื่อเมล็ดของฟักข้าวมีปริมาณ เบต้าแคโรทีนสูงกว่าแครอทถึง 10 เท่า และมีไลโคปีนมากกว่ามะเขือเทศถึง 12 เท่า (Nhung และคณะ, 2004; Vuong และคณะ, 2006) สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Kubola และคณะ (2011) พบว่าฟักข้าวบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงมีปริมาณไลโคปีน 7.02 mg/g extract ปริมาณเบต้าแคโรทีน 8.90 mg/g extract และมีปริมาณลูทีน 6.50 mg/g extract

[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 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
[2] Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University
[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
[3] Center for Research and Development of Agricultural Industry, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srikharinwirot University

การสกัดสารกลุ่มแคโรทีนอยด์จากพืช นิยมสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ เอทานอล เมทานอล เฮกเซน อะซีโตน เตตระไฮโดรฟิวเรน และปิโตรเลียมอีเธอร์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ทำให้ได้ร้อยละผลผลิตที่ได้ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโครงสร้างเนื้อเยื่อของพืชมีการเรียงตัวที่แน่นทำให้ยากต่อการแทรกซึมเข้าไปของตัวทำละลายอินทรีย์ ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด การใช้เอนไซม์กลุ่มที่ย่อยผนังเซลล์ของพืช เช่น เอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์เพคติเนสจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยมและให้ผลที่ดี Ranveer และคณะ (2013) ทำการสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์เพคติเนสช่วยในการสกัด ผลการทดลองพบว่าการใช้เอนไซม์ทำให้ไลโคปีนที่สกัดได้เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ตัวทำละลายสกัดเพียงอย่างเดียวซึ่งจะเห็นได้ว่าเอนไซม์มีความสามารถในการช่วยการสกัดเพื่อให้ได้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า (Accellerase 1500) ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดแคโรทีนอยด์จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบและเอนไซม์

ฟักข้าวระยะสุกเต็มที่ ที่มีความสมบูรณ์ จากตลาดไท นำฟักข้าวที่ได้มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แยกเอาเฉพาะส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป และในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า หรือ Accellerase 1500 จากบริษัทสยามวิกตอรี่ จำกัด

2. การศึกษาผลของเอนไซม์เซลลูเลสทางการค้า (Accellerase 1500) ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากฟักข้าว

สกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงที่เตรียมได้จากขั้นตอนที่ 1 โดยมีปัจจัยในการศึกษา คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Accellerase 1500 ในช่วงร้อยละ 0.25-3 โดยมีชุดการทดลองควบคุม คือ ชุดการทดลองที่ไม่มีการใช้เอนไซม์ในการช่วยสกัด ขั้นตอนการสกัดจะใช้เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสีแดง 2 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 28 มิลลิลิตร ใส่ภาชนะกันแสงและนำไปโฮโมจีไนซ์ 1 นาที เตรียมเอนไซม์ Accellerase 1500 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 0.5, 1 , 2, และ 3 (ปริมาตร/ปริมาตร) 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาผสมกับตัวอย่างเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสีแดงที่เตรียมไว้ ในระหว่างทำการสกัดจะเป่าก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนออกจากภาชนะสกัดเป็นเวลา 20 วินาที พร้อมทั้งเขย่าโดยใช้ orbital shaker เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาเติมตัวละลายผสมระหว่าง เฮกเซน: อะซิโตน: เอทานอล (50: 25: 25) ที่ผสมด้วย BHT (เข้มข้นร้อยละ 0.05) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และนำไปเขย่าซ้ำอีก 30 นาที ถ่ายตัวอย่างลงในกรวยแยก เขย่าเป็นเวลา 3 นาที รอให้แยกชั้น เก็บส่วนใสชั้นบน ทำการสกัดซ้ำ นำส่วนที่สกัดได้ทั้งหมดเก็บรักษาในภาชนะป้องกันแสง และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณแคโรทีนอยด์ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (ดัดแปลงจาก Lavecchia และ Zuorro, 2008; Kha และคณะ, 2014) โดยใช้สารมาตรฐานของ β-carotene, lycopene และ lutein (Sigma Aldrich, USA)

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 12.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลอง

ปริมาณแคโรทีนอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ ลูทีน ไลโคปีน และเบต้าแคโรทีน ที่สกัดได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงของฟักข้าวที่มีการใช้เอนไซม์ Accellerase 1500 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในการช่วยสกัด แสดงดัง Figures 1-3 ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์ Accellerase 1500 ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณลูทีนและเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้ ($p \geq 0.05$) แต่กลับมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้ โดยเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์ Accellerase 1500 เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$)

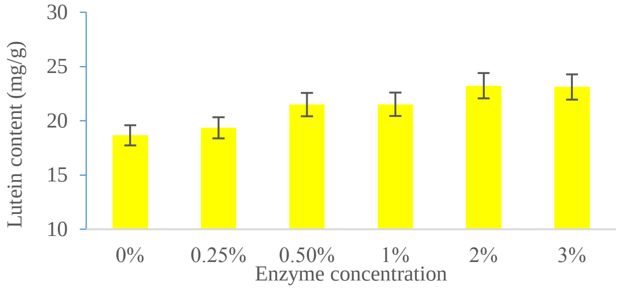


Figure 1 Lutein content in Gac aril as affected by Accellerase 1500 treatments with various concentrations

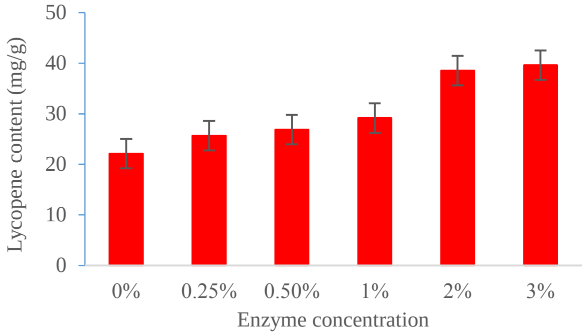


Figure 2 Lycopene content in Gac aril as affected by Accellerase 1500 treatments with various concentrations

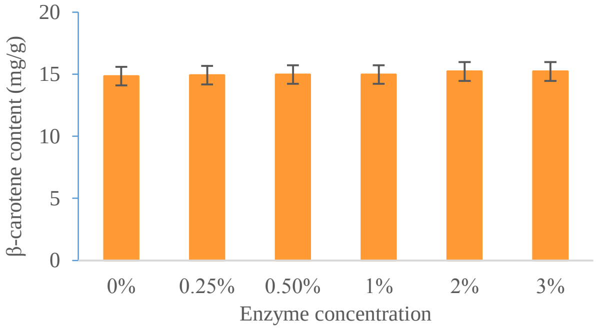


Figure 3 β-carotene content in Gac aril as affected by Accellerase 1500 treatments with various concentrations

โดยระดับความเข้มข้นที่ทำให้สามารถสกัดไลโคปีนได้ปริมาณสูงสุด คือ การใช้เอนไซม์ Accellerase 1500 ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 อย่างไรก็ตามเอนไซม์ Accellerase 1500 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ให้ปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้เอนไซม์ Accellerase 1500 ในการช่วยสกัดแคโรทีนอยด์จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว คือ เอนไซม์ Accellerase 1500 เข้มข้นร้อยละ 2 ซึ่งจะให้ปริมาณไลโคปีนสูงสุด (38.52 mg/g)

วิจารณ์

เอนไซม์กลุ่มที่ย่อยผนังเซลล์ของพืช ได้แก่ เอนไซม์ในกลุ่มเซลลูเลส ถูกนำมาใช้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชต่างๆ โดยเอนไซม์เซลลูเลสจะทำหน้าที่ในการย่อยเซลลูโลสในพืช ซึ่งเอนไซม์เซลลูเลสที่นิยมใช้มักเป็นชนิดผสมของ Endo-β-glucanase, Exo-β-glucanase และ β-glucosidase ซึ่งแต่ละตัวมีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสที่ตำแหน่งที่แตกต่างกัน โดย Endo-β-glucanase จะย่อย β-1, 4-glycosidic linkage แบบสุ่ม ผลจากการย่อยทำให้สายโมเลกุลของเซลลูโลสสั้นลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่หมู่รีดิวซ์จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ได้ผลผลิต คือ กลูโคส และ โอลิโกเมอร์ ส่วน Exo-β-glucanase ทำหน้าที่ย่อยเซลลูโลสด้าน non-reducing end เอนไซม์นี้สามารถย่อยเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble cellulose)ได้ผลิตภัณฑ์เป็น cellobiose และ β-glucosidase ทำหน้าที่ย่อย cellobiose และ cello-oligosaccharide ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลูโคส เช่นเดียวกันกับในการวิจัยครั้งนี้ ภายหลังย่อยด้วยเอนไซม์ Accellerase 1500 ผนังเซลล์ของเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงของฟักข้าวจะอ่อนตัวนิ่มลง ทำให้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัดสามารถแทรกซึมเข้าไปได้ง่าย จึงทำให้สกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดไลโคปีนออกมาได้มากขึ้น (Figure 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ranveer และคณะ (2013) ซึ่งได้ทำการสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศโดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสและเพคติเนสที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่าการใช้เอนไซม์สามารถเพิ่มปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้เมื่อเทียบกับการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์สกัดเพียงอย่างเดียว โดยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้น

ร้อยละ 1.5 สามารถสกัดสารไลโคปีนเพิ่มจาก 200 µg/g เป็น 880 µg/g และเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 สามารถสกัดสารไลโคปีนเพิ่มจาก 200 µg/g เป็น 1,000 µg/g

สรุปผล

การใช้เอนไซม์กลุ่มย่อยผนังเซลล์พืชทางการค้า เอนไซม์เซลลูเลส Accellerase 1500 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงของฟักข้าวได้เพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 18.21 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีการใช้เอนไซม์ในการช่วยสกัด ซึ่งไลโคปีนที่สกัดได้จัดเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีความว่องไวในการทำลายหรือต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้ถือเป็นเป็นประโยชน์ต่อกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตสารสกัดจากธรรมชาติ ที่ต้องการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแหล่งพืชต่างๆ ให้ได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด ด้วยวิธีการที่เน้นความเป็นธรรมชาติ (green chemistry protocol) อย่างการใช้เอนไซม์ในการช่วยสกัดในครั้งนี้ ถือได้ว่าความสำเร็จของงานวิจัยครั้งนี้จะช่วยเพิ่มความคุ้มทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ได้

เอกสารอ้างอิง

Kha, T.C., Phan-Tai, H., Nguyen, M.H., 2014, Effects of pre-treatments on the yield and carotenoid content of Gac oil using supercritical carbon dioxide extraction, Journal of Food Engineering, 120: 44-49.

Lavecchai, R., Zuorro, A., 2008, Improved lycopene extraction from tomato peels using cell-wall degrading enzymes, European Food Research and Technology, 228, 153-158.

Nhung, D.T., Bung, P.N., Ha, N.T. and Phong, T.K., 2010, Changes in lycopene and beta carotene contents in aril and oil of gac fruit during storage, Food Chemistry, 121: 326-331.

Ranveer, R.C., Patil, S.N., Sahoo, A.K., 2013, Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste, Food and Bioproducts Processing, 91: 370-375.

Vuong, L.T., Franke, A.A., Custer, L.J., Murphy, S.P., 2006. *Momordica cochinchinensis* Spreng. (gac) fruit carotenoids reevaluated, Journal of Food Composition and Analysis, 19: 664–668.

ผลของการแปรรูปด้วยความดังสูงยิ่งต่อคุณภาพของน้ำลำไย
Effect of Ultra-High Pressure Processing on Longan Juice Qualities

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

Abstract

The aim of this research was to determine the effect of ultra-high pressure processing (400 and 500 MPa, temperature at 25°C and 50°C, and time at 20 min) on physicochemical and microbiological qualities of longan juice. It was found that the color parameters including *L** (lightness), *a** (reddish) and *b** (yellowish), pH, total titratable acidity (% citric acid) and total soluble solids of all pressurized juices were similar to the fresh one (control sample). Pressurization at 25°C with both pressure levels could maintain significantly higher contents of total phenolic compounds and ascorbic acid of longan juice than pressurization at 50°C. For microbiological assessments, results showed that total aerobic bacteria, fecal coliforms, yeasts and molds were not detected in all pressurized batches. Thus, this result indicated that ultra-high pressure process could be an alternative to conventional thermal processing for production of high-quality longan juice.

Keywords: longan juice, ultra-high pressure processing, bioactive compounds, physicochemical qualities

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ผลของการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง (400 และ 500 เมกกะปาสคาล ที่อุณหภูมิ 25 และ 50 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที) ต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพ และด้านจุลชีววิทยาของน้ำลำไย พบว่า ค่าสี *L** (ความสว่าง) ค่า *a** (ความเป็นสีแดง) ค่า *b** (ความเป็นสีเหลือง) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำลำไยที่ถูกแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกับน้ำลำไยสด (ตัวอย่างชุดควบคุม) การแปรรูปที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยความดันทั้งสองระดับ สามารถคงรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และกรดแอสคอร์บิคในน้ำลำไยได้สูงกว่าการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา พบว่า จำนวนแบคทีเรียที่ชอบอากาศทั้งหมด ฟีคอลคอลิฟอร์ม ยีสต์และราตรวจไม่พบในน้ำลำไยที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งทั้งหมด ดังนั้นผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งสามารถใช้ทดแทนการแปรรูปด้วยความร้อนเพื่อให้ได้น้ำลำไยที่มีคุณภาพสูง

คำสำคัญ: น้ำลำไย การแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง สารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คุณภาพด้านเคมีกายภาพ

บทนำ

ลำไย (*Euphoria longana* Lam.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตภาคเหนือตอนบน แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน เชียงราย และแม่ฮ่องสอน เนื้อลำไยจะมีรสหวาน มีกลิ่นหอม ไม่มีรสเปรี้ยว มีความหวานประมาณ 16-20 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 6.7-6.9 (พิทยา และปิยธิดา, 2559) จากงานวิจัยของ Rangkadilok และคณะ (2005) พบว่า เนื้อลำไยมีสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดอยู่ในปริมาณที่สูง อาทิเช่น กรดแกลลิก กรดเอลลาจิก และคอริลาจิน นอกจากนั้นยังพบว่าเนื้อลำไยยังอุดมไปด้วยสารอาหาร และสารสำคัญต่าง ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไฟเบอร์ กรดอะมิโน แร่ธาตุ และกรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) ในแพทย์แผนจีนนิยมใช้ลำไยในการบรรเทาอาการปวดระบบประสาท และอาการปวดบวม (Yang และคณะ, 2011) จากรายงานวิจัยของ Rangkadilok และคณะ (2011).พบว่า สารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของลำไย มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง รวมทั้งมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราบางชนิด ลำไยสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด อาทิเช่น เนื้อลำไยในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

[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 **

เนื้อลำไยอบแห้งสีทอง และลำไยอบแห้งทั้งเปลือก รวมทั้งนำไปเป็นส่วนประกอบในขนมหวาน และผลิตภัณฑ์ขนมอบในรูปแบบต่าง ๆ (พิทยา และปิยธิดา, 2559)

ปัจจุบันประเทศไทยสามารถปลูกลำไยได้เกือบทั่วประเทศ เป็นเหตุให้เกิดภาวะผลิตผลล้นตลาดทำให้ราคาของผลผลิตตกต่ำอย่างมาก ดังนั้นการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์จากลำไยจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยขยายตลาดของลำไยให้มากขึ้น เช่น การแปรรูปน้ำลำไยจากผลสด ซึ่งยังไม่มีการจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป (พิทยา และปิยธิดา, 2559) โดยทั่วไปการแปรรูปลำไยจะใช้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น แต่ปัญหาที่พบคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพ และรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาดังกล่าว คือ การนำกระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งมาทดแทนกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เพื่อช่วยถนอมสี กลิ่น และรสชาติเดิมของอาหาร รวมทั้งยังรักษาคุณค่าทางโภชนาการ และทำลายจุลินทรีย์ได้ (Yi และคณะ, 2017) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งต่อคุณภาพด้านเคมีกายภาพ และด้านจุลชีววิทยาของน้ำลำไยจากผลสด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำลำไยจากผลสดทำได้โดยการนำผลลำไยสดมาคว้านเอาเมล็ดออก แกะเอาเนื้อออกมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ก่อนนำไปคั้นด้วยเครื่องสกัดน้ำผลไม้ จากนั้นนำน้ำลำไยที่สกัดได้ (150 มิลลิลิตร) บรรจุลงในถุงไนลอน/พอลิ-เอเทอลีน แล้วทำการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งที่ระดับความดัน 400 และ 500 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 25 และ 50 องศา-เซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที ด้วยเครื่อง ‘Food Lab’ model 900 high pressure rig (Stansted Fluid Power; Stansted, UK) นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ต่อไป

วิเคราะห์ค่าสี *L** (ค่าความสว่าง), *a** (ค่าความเป็นสีแดง) และ *b** (ค่าความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus, USA) วิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา รวมทั้งฟีคอลโคลิฟอร์ม (U.S. Food and Drug Administration, 2001) วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (Sartorius PB-20, Germany) วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (% กรดซิตริก) ตามวิธี AOAC (2000) วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่อง Hand Refractometer (ATAGO, Japan) วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds) และกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Lambda Bio-20, Perkin Elmer, USA) และ 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) ตามวิธีที่อ้างอิงในงานวิจัยของ Chaikham และ Apichartsrangkoon (2012) รวมทั้งวิเคราะห์หาจำนวนแบคทีเรียที่ใช้อากาศทั้งหมด ฟีคอลโคลิฟอร์ม ยีสต์ และรา ตามวิธี BAM method (U.S. Food and Drug Administration, 2001)

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทาการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Table 1 Physicochemical properties of fresh and pressurized longan juices.

Samples	Color parameters			pH	TA (%)	TSS (°Brix)
	*L**	*a**	*b**			
Fresh juice	59.79±0.60^{a}	0.18±0.03^{a}	5.56±0.10^{a}	6.73±0.04^{a}	0.22±0.03^{a}	17.65±0.04^{a}
HPP 400 MPa/25°C	59.92±0.54^{a}	0.17±0.06^{a}	5.60±0.12^{a}	6.70±0.05^{a}	0.24±0.01^{a}	17.67±0.06^{a}
HPP 400 MPa/50°C	60.03±0.47^{a}	0.18±0.05^{a}	5.53±0.09^{a}	6.75±0.04^{a}	0.22±0.01^{a}	17.68±0.05^{a}
HPP 500 MPa/25°C	60.12±0.62^{a}	0.19±0.02^{a}	5.57±0.13^{a}	6.72±0.03^{a}	0.21±0.02^{a}	17.65±0.03^{a}
HPP 500 MPa/50°C	59.46±0.50^{a}	0.17±0.04^{a}	5.55±0.12^{a}	6.70±0.02^{a}	0.23±0.03^{a}	17.64±0.04^{a}

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different ($p>0.05$). Means were the determination of triplications. HPP is high pressure processing or pressurization, TA is total titratable acidity and TSS is total soluble solids.

ผลและวิจารณ์ผล

จาก Table 1 พบว่า ตัวอย่างน้ำลำไยที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งทุกชุดการทดลองมีค่าความสว่าง (*L**) ค่าความเป็นสีแดง (*a**) ค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับน้ำลำไยที่ไม่ผ่านการแปรรูป โดยตัวอย่างทั้งหมดที่มีค่าต่าง ๆ อยู่ในช่วง 59.46-60.12, 0.17-0.19, 5.53-5.60, 6.70-6.75, 0.21-0.24 เปอร์เซ็นต์ และ 17.64-17.68 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu และคณะ (2016) และ Yi และคณะ (2017) ในน้ำฟักทอง และน้ำแอปเปิ้ล ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งที่ความดันระดับ 500 เมกกะปาสคาล เป็นระยะเวลา 5 นาที และ 600 เมกกะปาสคาล เป็นระยะเวลา 3 นาที ตามลำดับ

Table 2 Bioactive compounds and microbial counts in fresh and pressurized longan juices.

Samples	Bioactive compounds		Microbial counts (CFU/ml)		
	TPC (mg GAE/100 ml)	AA (mg/100 ml)	Total aerobic bacteria	Fecal coliforms	Yeasts & molds
Fresh juice	84.02±2.18^{a}	38.16±2.03^{a}	1.62±0.25^{a}×10^{6}	5.73±1.04^{a}×10^{3}	3.90±0.42^{a}×10^{4}
HPP 400 MPa/25°C	86.74±2.20^{a}	31.62±1.75^{b}	ND ^{b}	ND ^{b}	ND ^{b}
HPP 400 MPa/50°C	80.02±1.54^{b}	26.69±2.21^{c}	ND ^{b}	ND ^{b}	ND ^{b}
HPP 500 MPa/25°C	85.63±1.75^{a}	32.27±3.12^{b}	ND ^{b}	ND ^{b}	ND ^{b}
HPP 500 MPa/50°C	80.41±1.15^{b}	25.48±1.80^{c}	ND ^{b}	ND ^{b}	ND ^{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. HPP is high pressure processing or pressurization, TPC is total phenolic compounds, AA is ascorbic acid and ND is no detectable.

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และกรดแอสคอร์บิก ในตัวอย่างน้ำลำไยสด และน้ำลำไยที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งทุกชุดการทดลองแสดงใน Table 2 โดยพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำลำไยที่ผ่านการแปรรูปด้วยระดับความดัน 400 และ 500 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าไม่แตกต่างกับน้ำลำไยสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่น้ำลำไยที่แปรรูปด้วยระดับความดันเดียวกัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง และมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอสคอร์บิก พบว่า ตัวอย่างทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกน้อยกว่าน้ำลำไยชุดควบคุม โดยเฉพาะการแปรรูปที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกต่ำที่สุด ($p<0.05$) การทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของคณะผู้วิจัยก่อนนี้ในเครื่องดื่มน้ำใบย่านางผสมน้ำผึ้ง (Chaikham และ Prangthip, 2015)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา พบว่า ตัวอย่างน้ำลำไยที่ไม่ผ่านการแปรรูปมีปริมาณแบคทีเรียที่ใช้อากาศทั้งหมด ฟีคอลโคลิฟอร์ม ยีสต์และรา เท่ากับ $1.62\pm0.25\times10^{6}$, $5.73\pm1.04\times10^{3}$ และ $3.90\pm0.42\times10^{4}$ CFU/ml ตามลำดับ เมื่อนำไปผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง พบว่า น้ำลำไยทุกชุดการทดลองตรวจไม่พบจุลินทรีย์ชี้วัดทุกชนิด (Table 2) จึงสรุปได้ว่าน้ำลำไยจากผลสดที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งที่ 400 และ 500 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 25 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีความปลอดภัยต่อการบริโภค

สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่า น้ำลำไยจากผลสดที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งที่ 400 และ 500 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 25 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีคุณภาพด้านเคมี และด้านกายภาพไม่แตกต่างกับตัวอย่างน้ำลำไยสด แต่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลง แต่อย่างไรก็ตามการแปรรูปที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถรักษาสารดังกล่าวได้ดีกว่าการแปรรูปที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นจากผลการทดลองยังพบว่าสภาวะการแปรรูปที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทำให้น้ำลำไยมีความปลอดภัยต่อการบริโภค เนื่องจากตรวจไม่พบจุลินทรีย์ชี้วัดต่าง ๆ ได้แก่ แบคทีเรียที่ใช้อากาศทั้งหมด ฟีคอลโคลิฟอร์ม ยีสต์และรา

เอกสารอ้างอิง

พิทยา ใจคำ และปิยธิดา สุดเสนาะ, 2559, ผลของการแปรรูปด้วยความร้อนต่อคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47(2)(พิเศษ): 625-628.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International (17th ed.), AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.

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.

Liu, F., Zhang, X., Zhao, L., Wang, Y. and Liao, X., 2016, Potential of High-Pressure Processing and High-Temperature/Short-Time Thermal Processing on Microbial, Physicochemical and Sensory Assurance of Clear Cucumber Juice, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 34: 51–58.

Rangkadilok, N., Tongchusak, S., Boonhok, R., Chaiyaroj, S.C., Junyaprasert, V.B., Buajeeb, W., Akanimanee, J., Raksasuk, T., Suddhasthira, T. and Satayavivad, J., 2012, *In Vitro* Antifungal Activities of Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) Seed Extract, Fitoterapia, 83: 545–553.

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, 56:1387–1392.

U.S. Food and Drug Administration, 2001, Bacteriological Analytical Manual (BAM), Department of Health and Human Services, New Hampshire Avenue, Washington, DC.

Yang, B., Jiang, Y., Shi, J., Chen, F. and Ashraf, M., 2011, Extraction and Pharmacological Properties of Bioactive Compounds from Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) Fruit - A Review, Food Research International, 44:1837–1842.

Yi, J., Kebede, B.T., Dang, D.N.H., Buve, C., Grauwet, T., Van Loey, A., Hu, Z. and Hendrickx, M., 2017, Quality Change During High Pressure Processing and Thermal Processing of Cloudy Apple Juice, LWT-Food Science and Technology, 75: 85-92.

การเปรียบเทียบการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่
Comparison rice vinegar production from Hom-nil rice and Riceberry rice

สุนันท์ นวลเพ็ง[1]
Nuanpeng, S.[1]

Abstract

The aim of this research was to comparison rice vinegar production from Hom-nil rice and Riceberry rice by *Acetobacter pasteurianus* AP1108. The first part was to study Sato production by Long-pang (Chinese yeast cake) at various concentration of 0.5 1.0 2.0 and 3.0% (w/w). The result indicated that the optimum concentration of Long-pang were 0.5 and 2.0% (w/w) resulting in the ethanol concentration of 100.54 and 93.68 g/L, respectively. After that, vinegar fermentation was produced by varies inoculum size of 1 5 and 10% (v/v) under agitation rate at 200 rpm or static conditions. The fermentation of Hom-nil rice and Riceberry rice revealed that the optimum inoculum size was 10% (v/v) with acetic acid concentration of 76.17 and 67.29 g/L, respectively in 6 days of fermentation time. The result found that fermentation of Hom-nil rice gave the acetic acid higher than those Riceberry rice.

Keywords: rice vinegar, Hom-nil rice, Riceberry rice, *Acetobacter pasteurianus* AP1108

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่โดย *Acetobacter pasteurianus* AP1108 ในการศึกษานี้จะผลิตสาโทจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่ โดยแปรผันปริมาณลูกแป้งที่ 0.5 1.0 2.0 และ 3.0% (w/w) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณลูกแป้งสำหรับการผลิตสาโทจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่ คือ 0.5 และ 2.0% (w/w) และสามารถผลิตเอทานอลได้ 100.54 และ 93.68 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาหมักน้ำส้มสายชูโดย *A. pasteurianus* AP1108 ทำการแปรผันปริมาณกล้าเชื้อเป็น 1 5 และ 10% (v/v) ที่อัตราการกวน 200 รอบต่อนาทีและในสภาวะนิ่ง พบว่า การหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่ ปริมาณเชื้อ 10% สามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุด คือ 76.17 และ 67.29 กรัมต่อลิตร ตามลำดับโดยใช้เวลาในการหมักน้ำ 6 วัน เมื่อเปรียบเทียบการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวหอมนิลและการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวไรซ์เบอรี่ พบว่า หมักน้ำส้มสายชูจากข้าวหอมนิลสามารถหมักน้ำส้มสายชูได้กรดอะซิติกสูงกว่าข้าวไรซ์เบอรี่

คำสำคัญ: น้ำส้มสายชูหมักจากข้าว ข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอรี่ *Acetobacter pasteurianus* AP1108

คำนำ*

น้ำส้มสายชู เป็นผลิตภัณฑ์ที่มนุษย์ใช้บริโภคกันมาเป็นเวลานานแล้วโดยใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหารเป็นสารปรุงแต่งรส ช่วยในการถนอมอาหารนอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการบริโภคในรูปแบบของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพน้ำส้มสายชูมีคุณประโยชน์หลายด้านเช่นการรับประทานน้ำส้มสายชูควบคู่ไปกับอาหารจะช่วยลดค่าดัชนีไกลซีมิก (Leeman และคณะ,2005) ช่วยลดระดับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคสและอินซูลินหลังการรับประทานอาหารทำให้ความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานลดลง (Johnston และคณะ, 2004) ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ในเลือดของหนูทดลอง (Fushimi และคณะ, 2006) มีผลต่อการลดน้ำหนัก เนื่องจากช่วยลดความอยากอาหาร (Ostman และคณะ, 2005) เป็นต้น น้ำส้มสายชูสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลายชนิดเช่น ผลไม้ ธัญพืช แป้ง และแอลกอฮอล์ เป็นต้น ประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกข้าวมากกว่า 58 ล้านไร่ ผลผลิตกว่า 25.5 ล้านตัน อย่างไรก็ตามเกษตรกรขายได้เฉลี่ยตันละ 8000 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ดังนั้นการยกระดับราคาข้าวโดยการนำมาแปรรูปให้ได้สินค้าที่มูลค่าสูงขึ้น จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร ข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวหอมนิล เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยพบสารกลุ่มฟินอลิก แอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง Arjinajarnและคณะ (2017) รายงานว่าในข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบ cyanidin 3-glucoside และ peonidin-3-glucoside 13.24 และ 5.33 mg/g ตามลำดับ ซึ่งช่วยการป้องกันโรคตับอักเสบการอักเสบ และการช่วยให้เซลล์ลดการตายลง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิต

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000
[1]Program in Biotechnology, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University 64 Thaharn Road, Muang, Udon Thani 41000, Thailand ***

น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่ และเพื่อเพิ่มมูลค่าและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพให้เป็นทางเลือกใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ*

1. จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชู

สายพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ *Acetobacter pasteurianus* AP1108 ได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.วิชัย เสริมผล คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย

2. อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

อาหารที่ใช้ในการเตรียมกล้าเชื้อเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูหมักประกอบด้วย ยีสต์สกัด (Yeast extract) 5 กรัม เปปโตน (Peptone) 5 กรัม กลูโคส (Glucose) 5 กรัม และ กลีเซอรอล (Glycerol) 5 กรัม เติมน้ำให้ครบ 1000 มิลลิลิตร และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C 15 นาที

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่ จากร้านศาลาข้าวไทย บ้านเลื่อม อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี จากร้านศาลาข้าวไทย บ้านเลื่อม อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี และลูกแป้งจากจังหวัดอุดรธานี

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 การผลิตสาโทจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่

นำข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่ 1 กิโลกรัม เติมน้ำ 1,300 มิลลิลิตร จากนั้นนำข้าวหอมนิลไปหุง 45 นาที จนข้าวสุกพอดี จากนั้นนำข้าวมาผึ่งให้หายร้อน นำลูกแป้งที่เตรียมไว้ โดยแปรผันลูกแป้ง 0.5, 1, 2 และ 3% (w/w) โดยจะนำข้าวหอมนิลที่ผึ่งจนหายร้อนแล้ว นำข้าวหอมนิลไปชั่ง 150 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วปลอดเชื้อ จากนั้นโรยลูกแป้งให้ทั่วข้าวหอมนิลที่ชั่งลงภาชนะแล้ว ปิดฝาไม่ต้องสนิทมาก จากนั้นหมักสาโทเป็นเวลา 3 วัน จะได้น้ำต้อย จากนั้นทำการเติมน้ำ โดยใช้น้ำสะอาดต้มสุก เติมน้ำ 150 มิลลิลิตร ทำการเก็บตัวอย่างน้ำสาโท นำไปปั่นเหวี่ยง 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสไว้วิเคราะห์ปริมาณเอทานอล พีเอช ความเข้มข้นของน้ำตาลโดยวิธี DNS และใช้ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสาโทจากข้าวหอมนิลเพื่อนำไปหมักน้ำส้มสายชู

4.2 การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

4.2.1 การเตรียมกล้าเชื้อ

เตรียมอาหารเหลว YPG ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ถ่ายเชื้อ *A. pasteurianus* AP1108 ลงไป 1 ลูป ทำการเพาะเลี้ยงที่ 37 °C อัตราการกวน 200 รอบต่อนาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 660 nm จนเชื้อ *A. pasteurianus* AP1108 มีการเจริญสูงสุด

4.2.2 การหมักน้ำส้มสายชูแบบเขย่าและสภาวะนิ่ง

นำสาโทถ่ายลงขวดรูปชมพู่ ขวดละ 150 มิลลิลิตร จากนั้นให้เติมกล้าเชื้อ *A. pasteurianus* AP1108 แปรผันปริมาณเชื้อ 1 5 และ 10 % (v/v) จากไปนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C อัตราการกวน 200 รอบต่อนาที โดยเครื่องบ่มแบบเขย่าและภายใต้สภาวะนิ่งในตู้บ่ม เก็บตัวอย่างทุกๆ 12 ชั่วโมง และนำไปวิเคราะห์กรดด้วยการไทเทรต ด้วย 0.1 N NaOH และวัดการเจริญของเชื้อด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 660 nm

4.6 การวิเคราะห์

วิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS (Miller, 1959) pH โดยใช้พีเอชมิเตอร์ วิเคราะห์ความเข้มข้นเอทานอลโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas chromatography) Gas Chromatography GC-2014 บริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น ก๊าซฮีเลียมเป็นก๊าซพาหะ (carrier gas) คอลัมน์ (Column): Rtx-Wax ของบริษัท Restex ความยาว 30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร อุณหภูมิตำแหน่งที่ฉีดสาร (Injector) 150 °C อุณหภูมิของตัวตรวจวัด (Detector) 180 °C วิเคราะห์กรดด้วยการไทรเทรต (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000) อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 40 °C เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 10 °C/นาที จนถึงอุณหภูมิ 70 °C

ผลและวิจารณ์ผล**

1. ศึกษาการผลิตสาโทจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่

ผลการศึกษาการผลิตสาโท โดยแปรผันปริมาณลูกแป้ง 0.5 1.0 2.0 และ 3.0% (w/w) โดยใช้ข้าวหอมนิลเป็นวัตถุดิบ ภายหลังจากการเติมน้ำต้มสุก ความเข้มข้นของเอทานอลในระหว่างการหมักจากการแปรผันปริมาณลูกแป้งที่ 0.5 1.0 2.0 และ 3.0% (w/w) พบว่า สามารถผลิตเอทานอลได้ความเข้มข้นเท่ากับ 100.54 91.11 86.40 และ 102.07 g/L ตามลำดับ (ภาพที่ 1a) ในขณะที่การผลิตสาโทจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่า ได้ปริมาณเอทานอล 47.71 71.92 93.68 และ 84.33 g/L ตามลำดับ (ภาพที่ 1b) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณลูกแป้ง 2% (w/w) สามารถผลิตเอทานอลได้สูงสุด 93.68 g/L เมื่อทำการเปรียบเทียบการผลิตสาโทจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่ พบว่าข้าวหอมนิลจะสามารถย่อยให้ได้น้ำตาลสูงกว่าข้าวไรซ์เบอรี่ ส่งผลทำให้สามารถผลิตเอทานอลได้สูงกว่า โดยสาโทข้าวหอมนิลได้ความเข้มข้นของเอทานอล 100.54 g/L ที่ปริมาณลูกแป้ง 0.5% (w/w) ในขณะที่สาโทข้าวไรซ์เบอรี่ได้ความเข้มข้นของเอทานอล 93.68 g/L ที่ปริมาณลูกแป้ง 2% (w/w) ทั้งนี้เนื่องจากในข้าวหอมนิลมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงถึง 80.57% (w/w) และปริมาณอะไมโลส เพียง 7% (w/w) (ศูนย์การเรียนรู้วิถีเศรษฐกิจพอเพียงนวชีวัน, 2555) ในขณะที่ในข้าวไรซ์เบอรี่ คือ ปริมาณอะไมโลเพคติน 70.01% (w/w) และปริมาณอะไมโลส 15.6% (w/w) (จารุพรรณ ใบนาค และคณะ, 2558) ทำให้เมื่อถูกย่อยแล้วได้น้ำตาลต่ำกว่าข้าวหอมนิล

2. การศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่

ผลการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่ พบว่าการหมักในสภาวะการเขย่ามีประสิทธิภาพการหมักดีกว่าในสภาวะนิ่ง โดยน้ำส้มสายชูจากข้าวหอมนิล ที่ปริมาณเชื้อ 10% (v/v) ผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุด คือ 76.17 g/L ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอรี่ ที่ปริมาณกล้าเชื้อ 1% (v/v) สามารถผลิตกรดอะซิติกได้ 67.29 g/L เมื่อเปรียบเทียบกับการหมักในสภาวะนิ่ง ข้าวหอมนิล ที่ปริมาณเชื้อ 10% (v/v) ผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุด คือ 43.90 g/Lและข้าวไรซ์เบอรี่ สามารถผลิตได้เพียง 36.30 g/L ที่ปริมาณเชื้อ 10% (v/v) (ตารางที่ 1) จากผลการศึกษาพบว่าการหมักในสภาวะนิ่ง ทำให้ได้กรดอะซิติกต่ำกว่าในสภาวะที่มีการเขย่า ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ผลิตกรดอะซิติก ต้องการออกซิเจนในการเจริญและผลิตกรด ดังนั้นการเขย่าช่วยให้ประสิทธิภาพในการหมักสูงกว่าในสภาวะนิ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ มาลัย บุญรัตนกรกิจ และคณะ (2549) พบว่าการตั้งทิ้งไว้เฉยๆ ที่อุณหภูมิห้องสามารถหมักได้กรดน้ำส้มสูง 6.0 – 7.0% (v/v) ในเวลา 5 – 6 วัน เท่ากับ การหมักโดยใช้เครื่องเขย่าซึ่งใช้เวลาเพียง 4 วัน

สรุปผล

การผลิตสาโทจากข้าวหอมนิลสามารถผลิตเอทานอลได้สูงกว่าข้าวไรซ์เบอรี่ คือ 100.54 g/L โดยใช้ปริมาณลูกแป้ง 0.5% (w/v) และการหมักน้ำส้มสายชูโดยข้าวหอมนิล ในสภาวะที่มีการเขย่า ที่ 200 รอบต่อนาที สามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุด 76.17 g/L ในขณะที่การหมักน้ำส้มสายชูโดยข้าวไรซ์เบอรี่ สามารถผลิตได้เพียง 67.29 g/L ปริมาณกล้าเชื้อ 1% (v/v)

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ผศ.ดร.วิชัย เสริมผล คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จารุพรรณ ใบนาค, รัตนาพร วงศ์ภักดี, และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2558, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งผสมข้าวไรซ์เบอรี่, **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 46(3) (พิเศษ), 361-364.

มาลัย บุญรัตนกรกิจ, 2548, **คู่มืออบรมการทำน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลไม้,.** สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ศูนย์การเรียนรู้วิถีเศรษฐกิจพอเพียงนวชีวัน, 2555, ข้าวกล้องหอมนิลอินทรีย์ Certified Organic Aromatic Black (Hom-nin) Rice, 1 พฤษภาคม 2559, จาก http://www.nawachione.org/activity/knowledge center/hom-nin-rice/.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559, สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559, จาก http://www.oae.go.th/download/download_journal/2560/yearbook59.pdf.

สุนันทา วงศ์ปิยชน, 2551, การผลิตไวน์ข้าวจากเชื้อบริสุทธิ์ *Aspergillus oryzae* และ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ต่าง ๆ, กรุงเทพฯ: กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว.

Arjinajarna, P., Chueakula, ., Pongchaidecha, A., Jaikumkao, K., Chatsudthipong, V., Mahatheeranont, S.,

Norkaew, O., Chattipakorn, N. and Lungkaphin, A., 2017, Anthocyanin-rich Riceberry bran extract attenuates gentamicin-induced hepatotoxicity by reducing oxidative stress, inflammation and apoptosis in rats, Biomedicine and Pharmacotherapy, 92, 412–420.

Fushimi, T., Suruga, K., Oshima, Y., Fukiharu, M., Tsukamoto, Y. and Goda, T., 2006, Dietary acetic acid reduces serum cholesterol and triacylglycerols in rats fed a cholesterol-rich diet, British Journal of Nutrition, 95(5):916-924

Johnston, C.S., Kim, C.M. and Bullerm, A.J., 2004, Vinegar improves insulin sensitivity to a high-carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes, Diabetes Care, 27(1), 281-282.

Leeman, M., Ostman, E. and Bjorck, I., 2005, Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycaemic and insulinaemic responses in healthy subjects, European Journal of Clinical Nutrition; London, 59, 1266-1271.

Miller, G.L., 1959, Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar, Analytical Chemistry, 31(3):426–428.

Ostman, E., Granfeldt, Y., Persson, L. and Bjorck, I., 2005, Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects, European Journal of Clinical Nutrition, 59(9):983-988.

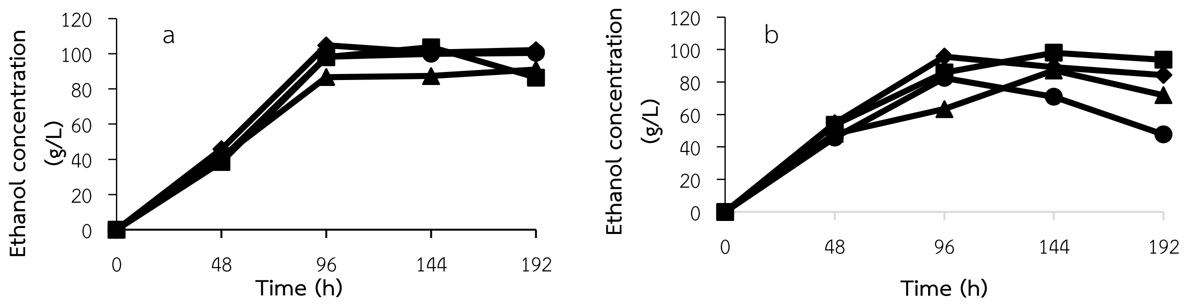


Figure 1 Ethanol concentration from Sato (a) Hom nil rice and (b) Riceberry at various Long-pang concentrations; 0.5% (w/w), ▲; 1% (w/w), ■; 2% (w/w) and ♦; 3% (w/w).

Table 1 Acetic acid production from Hom-nin and Riceberry rice at various inoculum size under static and agitation condition.

Rice	Incubation type	Inoculum (% v/v)	Acetic acid concentration (g/L)	time (h)
		1	43.20	144
Hom-nin	Static	5	36.70	144
		10	43.90	144
	Agitation at 200	1	52.42	144
	rpm	5	60.12	144
		10	76.17	144
		1	29.70	120
Riceberry	Static	5	21.50	144
		10	36.30	144
	Agitation at 200	1	67.29	144
	rpm	5	52.00	144
		10	58.12	144

การห่อหุ้มวิตามินอีในเม็ดบีดส์โซเดียมอัลจิเนตด้วยวิธีไฟฟ้าสถิต

Encapsulation of Vitamin E into Sodium Alginate Beads using Electrostatic Technique

ชนกพร อภิบุญ[1] พชรพร ฤทธิรณ[1] ศิรดา สังสินชัย[1] และชลิดา เนียมนุ้ย[1]

Apiboon, C.[1], Rittiron, P.[1], Sungsinchai, S.[1] and Niamnuy, C.[1]

Abstract

Vitamin E is a powerful antioxidant. It has been widely used in functional food additives, cosmetics and drugs, but it is sensitive to heat, light and oxygen. In this work, vitamin E was encapsulated into alginate beads using electrostatic technique. The studied parameters were wall material (sodium alginate, sodium alginate with sucrose, sodium alginate with gum arabic) and drying method (hot air drying and vacuum drying) at 50 °C. The yield, encapsulation efficiency, antioxidant activity and storage stability of encapsulated vitamin E were investigated. The results showed that encapsulation of vitamin E into sodium alginate with gum arabic beads gave the highest yield and encapsulation efficiency values of 87% and 86%, respectively. Vacuum drying of encapsulation of vitamin E into sodium alginate with sucrose resulted in the higher antioxidant activity and storage stability than hot air drying both before and after 15 days of storage.

Keywords: electrostatic technique, encapsulation, sodium alginate, vitamin E

บทคัดย่อ

วิตามินอีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้กันอย่างแพร่หลายในสารปรุงแต่งอาหาร เครื่องสำอางและยา แต่วิตามินอีมีความไวต่อความร้อน แสงและออกซิเจน ในงานวิจัยนี้ วิตามินอีถูกห่อหุ้มเป็นเม็ดอัลจิเนตโดยใช้เทคนิคไฟฟ้าสถิต ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ สารห่อหุ้ม (โซเดียมอัลจิเนต โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซูโครส และโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก) และวิธีการอบแห้ง (การอบแห้งแบบลมร้อน และการอบแห้งแบบสุญญากาศ) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยทำการศึกษาร้อยละผลได้ ประสิทธิภาพการห่อหุ้ม กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาของวิตามินอีที่ถูกห่อหุ้มแล้ว ผลการทดลองพบว่าวิตามินอีในเม็ดบีดส์โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก มีร้อยละผลได้และประสิทธิภาพการห่อหุ้มมากที่สุดร้อยละ 87 และ 86 ตามลำดับ การอบแห้งแบบสุญญากาศของวิตามินอีในเม็ดบีดส์โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซูโครสมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาสูงกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษา 15 วัน

คำสำคัญ: การห่อหุ้ม โซเดียมอัลจิเนต เทคนิคไฟฟ้าสถิต วิตามินอี

คำนำ

วิตามินอีมีหน้าที่สำคัญคือ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยชะลอหรือยับยั้งการเสื่อมสภาพของเซลล์ มีฤทธิ์เป็นสารต้านมะเร็ง (Sheng และคณะ, 2013) โครงงานนี้ทำการศึกษาวิธีป้องกันวิตามินอีจากการเสื่อมสภาพและมีสภาพพร้อมใช้ในการเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยใช้การห่อหุ้ม (encapsulation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่อนุภาคหรือหยดขนาดเล็กถูกล้อมรอบด้วยการเคลือบ (coat) หรือเก็บไว้ภายใน (embed) ในโครงสร้างที่เป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อให้ได้ลักษณะอนุภาคที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ เทคนิคที่ใช้ในการห่อหุ้มมีหลายเทคนิคที่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง เช่น การห่อหุ้มด้วยวิธีไฟฟ้าสถิตเป็นเทคนิคการห่อหุ้มที่น่าสนใจ เพราะเป็นเทคนิคที่ง่าย สะดวกสบาย และใช้สารห่อหุ้มในปริมาณน้อย ซึ่งสารที่ใช้ในการห่อหุ้มจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการห่อหุ้ม รวมถึงความคงตัวของวัสดุที่ถูกห่อหุ้มในระหว่างการเก็บรักษา โดยสารเคลือบที่นิยมใช้ในการห่อหุ้ม ได้แก่ สารเคลือบประเภทคาร์โบไฮเดรต เช่น โซเดียมอัลจิเนต ซูโครส และกัมอารบิก เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำโซเดียมอัลจิเนต 1 กรัม และน้ำปราศจากไอออน 89 มิลลิลิตร ผสมกันและตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำให้สารละลายกลายเป็นเนื้อเจล จากนั้นเติมวิตามินอี 10 กรัม ลงไปในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต นำสารละลายที่ผสมแล้วไปทำการ

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900 **

โฮโมจิไนซ์ ด้วยความเร็ว 20,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำมาเข้าเครื่องอัลตร้าโซนิคเป็นเวลา 3 นาที ทำการเตรียมอิมัลชันด้วยวิธีข้างต้น แต่เปลี่ยนสารละลายที่ใช้เป็นโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซูโครส และโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิกในอัตราส่วน 1:2 (w/w) ผสมในน้ำปราศจากไอออน 87 มิลลิลิตร จะได้อิมัลชันทั้งหมด 3 ชนิด คือโซเดียมอัลจิเนต โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซูโครส และโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก นำอิมัลชันแต่ละตัวอย่างที่ได้มาใส่ในกระบอกฉีดยาขนาด 20 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร และต่อกับเข็มขนาด 22G×1″ ทำการห่อหุ้มด้วยวิธีไฟฟ้าสถิตด้วยความต่างศักย์ 6.5 kV จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ให้ค่าอัตราการไหลของอิมัลชันเป็น 25.2 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง โดยให้ปลายของเข็มอยู่ห่างจากสารละลายตัวเก็บ (แคลเซียมคลอไรด์ 6 กรัม ละลายในน้ำปราศจากไอออน และปรับปริมาตรเป็น 300 มิลลิลิตร) ทำการกวนตลอดเวลา จากนั้นนำเม็ดบีดส์ที่ได้จากอิมัลชันทั้งสามชนิดมากรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ และนำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ร้อยละผลได้ ประสิทธิภาพการห่อหุ้มวิตามินอี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (จากวิธีของ Stojanovic และคณะ, 2012) ค่าความคงตัวก่อนและหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ที่สภาวะเร่ง 50 องศาเซลเซียส ในกล่องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ75 (จากวิธีของ Vasile และคณะ, 2016)

ผลและวิจารณ์ผล*

จากผลการทดลองใน Figure 1a พบว่าเม็ดบีดส์วิตามินอีในโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิก มีร้อยละผลได้มากที่สุดคือร้อยละ 87 รองมาคือเม็ดบีดส์วิตามินอีในโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซูโครส และโซเดียมอัลจิเนต มีร้อยละผลได้เท่ากับร้อยละ 74 และ 66 ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลของประสิทธิภาพการห่อหุ้มวิตามินอีใน Figure 1b พบว่าโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิกมีประสิทธิภาพการห่อหุ้มสูงมากที่สุดร้อยละ 86 รองมาคือโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซูโครส และโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 73 และ 65 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกัมอารบิกเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้ส่วนผสมสามารถผสมกันได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยกักเก็บน้ำไว้ภายในผลิตภัณฑ์ได้ดี (Krishnan และคณะ, 2005)

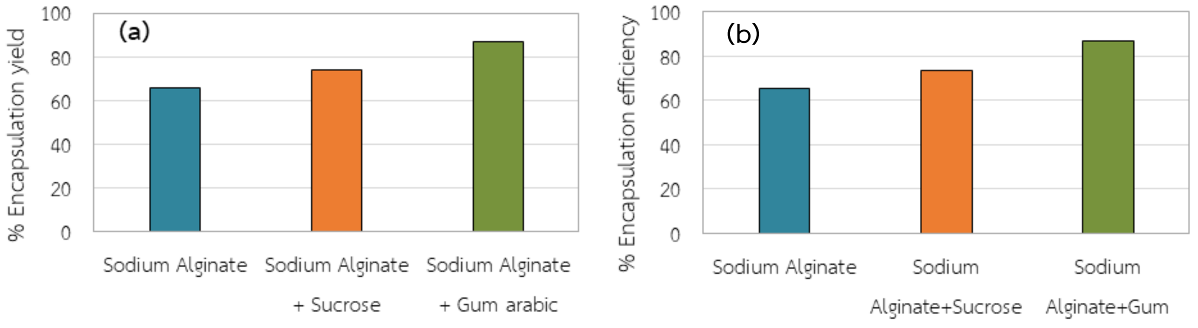


Figure 1 Percent encapsulation yield (a) and percent encapsulation efficiency (b) of sodium alginate, sodium alginate with sucrose and sodium alginate with gum arabic

จากผลการทดลองใน Figure 2a พบว่าเทคนิคการอบแห้งแบบสุญญากาศมีค่าความคงตัวของวิตามินอีสูงกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน เมื่อพิจารณาชนิดของสารห่อหุ้ม พบว่าสารห่อหุ้มที่ประกอบด้วยซูโครสมีค่าความคงตัวหลังการอบแห้งสูงที่สุด โดยมีค่าความคงตัวของวิตามินอีของตัวอย่างที่อบแห้งแบบลมร้อนและแบบสุญญากาศอยู่ที่ร้อยละ 52.5 และ 59 ตามลำดับ ขณะที่กัมอารบิกหลังการอบแห้งแบบลมร้อนและแบบสุญญากาศมีค่าความคงตัวต่ำที่สุดที่ร้อยละ 20 และ 45 ตามลำดับ จาก Figure 2b พบว่า ซูโครสมีค่าความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาดีกว่าสารห่อหุ้มชนิดอื่นๆ และเทคนิคการอบแห้งแบบสุญญากาศให้ค่าความคงตัวในการเก็บรักษาดีที่สุด อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ไม่ผ่านการอบแห้งจะมีความคงตัวในการเก็บรักษาที่ต่ำที่สุด

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของตัวอย่างก่อนและหลังการเก็บรักษา 15 วัน (Table 1) พบว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการอบแห้งมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด แต่เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงมากที่สุด เมื่อพิจารณาเทคนิคการอบแห้งพบว่า การอบแห้งแบบสุญญากาศให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน และเมื่อพิจารณาที่ชนิดของสารห่อหุ้มพบว่า ซูโครสมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดทั้งก่อนและหลังเก็บรักษา 15 วัน

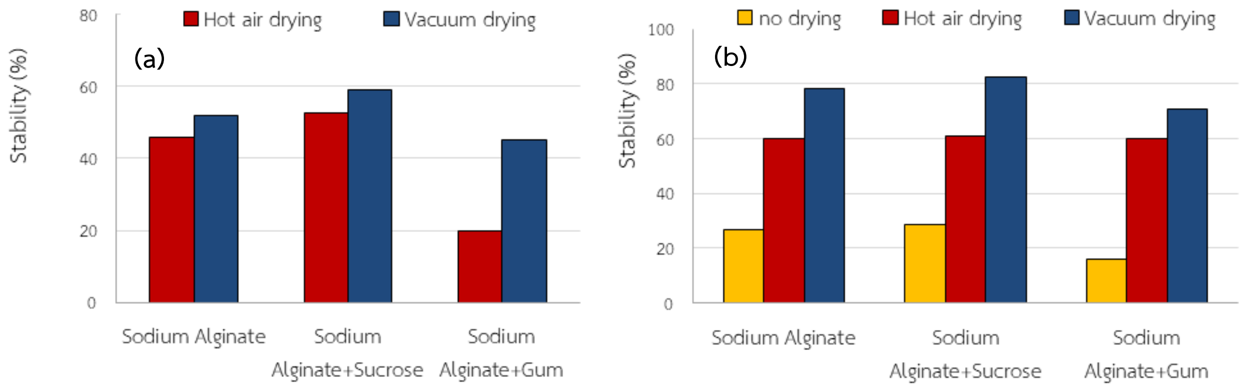


Figure 2 Stability of sodium alginate, sodium alginate with sucrose and sodium alginate with gum arabic after drying (a) and after 15 days of storage.

Table 1 Antioxidant activity of samples determined at 10% moisture content by ABTS assay.

Sample	Drying method	Antioxidant activity (μmol Trolox/g dry sample)	
		Before storage	After 15 days
Sodium Alginate	-	21.06[b]	7.87[d]
Sodium Alginate + Sucrose	-	20.79[c]	8.11[a]
Sodium Alginate + Gum Arabic	-	30.38[a]	7.47[h]
Sodium Alginate	Hot air	8.78[h]	7.58[g]
Sodium Alginate + Sucrose	Hot air	9.59[g]	7.96[c]
Sodium Alginate + Gum Arabic	Hot air	8.46[i]	8.04[b]
Sodium Alginate	Vacuum	10.55[f]	7.76[f]
Sodium Alginate + Sucrose	Vacuum	12.76[d]	8.10[a]
Sodium Alginate + Gum Arabic	Vacuum	11.72[e]	7.81[e]

Data are means. Values in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของตัวอย่างก่อนและหลังการเก็บรักษา 15 วัน (Table 2) พบว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการอบแห้งมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดก่อนการเก็บรักษา แต่ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระนี้จะลดลงมากที่สุดเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาผ่านไป 15 วัน เมื่อพิจารณาเทคนิคการอบแห้งก่อนการเก็บรักษาพบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน แต่เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาผ่านไป 15 วัน พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาชนิดของสารห่อหุ้มพบว่า ซูโครสมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ใน Table 1

Table 2 Antioxidant activity of samples determined at 10% moisture content by FRAP assay.

Sample	Drying method	Antioxidant activity (mmol Fe(II)/g dry sample)	
		Before storage	After 15 days
Sodium Alginate	-	3.29[b]	1.03[c]
Sodium Alginate + Sucrose	-	3.49[b]	1.14[a]
Sodium Alginate + Gum Arabic	-	4.53[a]	0.76[d]
Sodium Alginate	Hot air	1.40[d]	1.06[bc]
Sodium Alginate + Sucrose	Hot air	1.61[cd]	1.18[a]
Sodium Alginate + Gum Arabic	Hot air	1.15[d]	0.80[d]
Sodium Alginate	Vacuum	1.73[cd]	1.08[b]
Sodium Alginate + Sucrose	Vacuum	2.14[c]	1.18[a]
Sodium Alginate + Gum Arabic	Vacuum	1.67[cd]	0.80[d]

Data are means. Values in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับกัมอารบิกมีความสามารถในการห่อหุ้มวิตามินอีได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีผลได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับโซเดียมอัลจิเนต และโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซูโครส การอบแห้งเม็ดบีดส์ด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบสุญญากาศให้ค่าความคงตัวและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน และวิตามินอีในเม็ดบีดส์โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซูโครสหลังการอบแห้งและการเก็บรักษาให้ค่าความคงตัวและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Krishnan, S., Kshirsagar, A.C., and Singhal, R.S., 2005, The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent, Carbohydrate polymers, 62(4): 309-315.

Sheng, X., Fan, L., He, C., Zhang, K., Mo, X., and Wang, H., 2013, Vitamin E-loaded silk fibroin nanofibrous mats fabricated by green process for skin care application, International Journal of Biological Macromolecules, 56: 49-56.

Stojanovic, R., Belscak-Cvitanovic, A., Manojlovic, V., Komes, D., Nedovic, V. and Bugarski, B., 2012, Encapsulation of thyme (*Thymus serpyllum* L.) aqueous extract in calcium alginate beads, Journal of the Science of Food and Agriculture, 92: 685-696.

Vasile, F.E., Romero, A.M., Judis, M.A. and Mazzobre, M.F., 2016, *Prosopis alba* exudate gum as excipient for improving fish oil stability in alginate–chitosan beads, Food Chemistry, 190: 1093-1101.

การประยุกต์ใช้แป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ร่วมกับน้ำมันพืชทดแทนมันหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์
Application of Pregelatinized Banana Flour and Rice Bran Oil in Frankfurter Sausages

กมลพรรณ แก้วเกร็ด[1]และ สุดา ชูถิ่น[1]
Kaewkred, K.[1], and Choothin, S.[1]

Abstract

The objective of this research was to study effect of pre-gelatinized banana flour and rice bran oil in frankfurter sausage. Banana gel and rice bran oil were pre-emulsified and used as fat substitute at the ratios 50:25:25 (SBO 25), 0:50:50 (SBO 50), 0:60:40 (SBO 60) and 0:70:30 (SBO 70), respectively compared with control (100% pork back fat). Result showed the suitable formula was SBO 25 (50:25:25) with the highest acceptability score and not differed from the control formula. Increasing of addition PBO, resulting in weight loss, increased ($p \leq 0.05$). The color measurement showed that the values of L* decreased, a* increased ($p \leq 0.05$), and b* values were not significantly different. The texture properties indicated that the sharing force and firmness of the frankfurter sausage were decreased with addition of PBO. Substitution of PBO increased, the contents of moisture, fiber, ash, carbohydrate, and water of the frankfurter sausage were increased, fat decreased, while the content of protein was not significant difference. The analysis of water activity and pH showed the water activity increased, while pH decreased ($p \leq 0.05$) during storage for 30 day

Keywords: frankfurter sausage, fat replacer, pregelatinized banana flour

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ และน้ำมันรำข้าวทดแทนไขมันหมูในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยทดแทนมันหมูด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ และน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วน 50:25:25 (SBO25), 0:50:50 (SBO50), 0:60:40 (SBO60) และ 0:70:30 (SBO70) ตามลำดับ นำมาเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (มันหมู 100%)พบว่าไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ทดแทนมันหมูด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ และน้ำมันรำข้าวที่ 50:25:25 (SBO25) ได้รับการยอมรับโดยมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสไม่ต่างจากสูตรที่ใช้มันหมู (control) ไส้กรอกที่ทดแทนมันหมูด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ และน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อวัดค่าสีพบว่า ค่า L* ลดลง และค่า a* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า b* ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ค่าเนื้อสัมผัสพบว่า ความแน่นเนื้อ และค่าแรงเฉือนมีค่าลดลง เมื่อทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์และน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ ปริมาณความชื้น เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรตเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณโปรตีนไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณไขมันลดลง ปริมาณน้ำอิสระเพิ่มสูงขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลง $p \leq 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษา 30 วัน

คำสำคัญ: ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สารทดแทนไขมัน แป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์

คำนำ**

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป โดยเฉพาะไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย แต่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 25-30 (Claus and others 1990) เมื่อรับประทานเป็นประจำอาจส่งผลให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดโรคความดันโลหิตสูง หรืออาจเกิดภาวะคอเลสเตอรอลในเลือดสูงกว่าปกติ และเกิดโรคอ้วน ม ล ศิ ริ (2545) ได้กล่าวถึงสารทดแทนไขมันเป็นสารผสมอาหารที่ใช้ทดแทนไขมัน เพื่อผลิตอาหารลดไขมันหรืออาหารลดพลังงาน สารเหล่านี้จะมีพลังงานน้อยกว่าไขมันหรือไม่ให้พลังงานเพราะไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย การใช้สารทดแทนไขมันจะต้องทำให้อาหารนั้นมีลักษณะเป็นครีม มีความมัน ความลื่น หรือสามารถนำความร้อนได้เหมือนมีไขมัน

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา **
[1]Division of Food Science and Technology, Faculty of Science, Bansomdejchaopraya Rajabhat University **

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยรู้จักกันดีและนำมาใช้เป็นอาหารบริโภค โดยกล้วยหลายชนิดสามาถเพาะปลูก และเจริญเติบโตได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะกล้วยน้ำว้าเป็นกล้วยที่มีการปลูกมากเป็นอันดับหนึ่งในเมืองไทย เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยชนิดอื่นๆ กล้วยน้ำว้าจัดเป็นกล้วยที่ปลูกง่าย โตเร็ว ทนต่อโรค ซึ่งมีผลผลิตตลอดปี และการผลิตกล้วยน้ำว้าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นการแปรรูปกล้วยน้ำว้าให้อยู่ในรูปของแป้งจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปัญหาผลผลิตล้นตลาดได้ (เบญจมาศ, 2538)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จำนำกล้วยน้ำว้ามาผลิตเป็นแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ เพื่อนำไปทดแทนไขมันหมูบางส่วนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ เพื่อลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ และเพิ่มทางเลือกสำหรับการบริโภค ทั้งยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการต่อผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการเตรียมแป้งกล้วยน้ำว้าพรีเจลาทิไนซ์ โดยใช้อัตราส่วน 10 % ชั่งแป้งกล้วย 10 กรัม ต่อน้ำ 90 มิลลิลิตร นำไปเคี่ยวบนไฟอ่อนจนแป้งกล้วยเกิดลักษณะเจลและทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปทดแทนไขมันในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยศึกษาอัตราส่วนของแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ และน้ำมันรำข้าวที่นำมาทดแทนไขมันหมู อัตราส่วนการทดแทน แสดงใน Table 1

Table 1 The Ratio of Pregelatinized Banana Flour and Rice Bran Oil to Fat replacer.

Formular	SBO 0	SBO 25	SBO 50	SBO 60	SBO 70
Pork batter (%)	100	50	-	-	-
Pregelatinized Banana Flour (%)	-	25	50	60	70
Rice Bran Oil (%)	-	25	50	40	30

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กายภาพ ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำโดยใช้แบบสอบถาม 9-Point Hedonic Scale โดย 9 หมายถึงชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงชอบน้อยที่สุด ประเมินความขอบทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

การสูญเสียน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไส้กรอกก่อนสุก หลังจากนั้นนำไปรมควันที่อุณหภูมิ 55°C นาน 1 ชั่วโมง นำออกมาต้มจนอุณหภูมิใจกลางไส้กรอกเท่ากับ 70°C นำไปชั่งน้ำหนักตัวอย่างไส้กรอกสุก แล้วคำนวณ % cooking loss

การทดสอบเนื้อสัมผัส หั่นตัวอย่างไส้กรอกให้มีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร นำไปวัดความแน่นเนื้อ (Firmness) โดยเลือกใช้หัววัด Spherical probe วัดด้วยเครื่อง texture analyzer (รุ่น TA.XT Plus ประเทศอังกฤษ)

การทดสอบค่าสี ทำการวัดสีเปลือกนอก และเนื้อภายในของไส้กรอก แสดงค่าออกมาในรูปของ L*, a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (รุ่น CR-100 ยี่ห้อ Minalta ประเทศญี่ปุ่น)

การวิเคราะห์คองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต โดยวิธีของ AOAC (2000) ค่าความเป็นกรดด่างวิเคราะห์ โดยชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปโฮโมจิไนซ์เป็นเวลา 1 นาที นำมาวัดค่าด้วยเครื่อง pH meter และปริมาณน้ำอิสระวัดค่าโดยเครื่องวัดค่า water activity (รุ่น Series3 ยี่ห้อ Aqualab สหรัฐอเมริกา)

วิเคราะห์ความแปรรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบความแตกต่างโดย Duncan’s Multiple Rang Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5

ผลและวิจารณ์ผล*

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตร SBO25 โดยมีคะแนนในทุกด้านไม่ต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และผู้บริโภคให้การยอมรับ

เมื่อลดปริมาณไขมันลงโดยการทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ และน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นกว่าสูตรต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)ตามระดับการทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ และน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการทดแทนไขมันในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลต่อระบบอิมัลชัน และมีผลต่อการยึดเกาะจึงส่งผลให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์มีความแน่นเนื้อน้อยลงและถูกตัดขาดได้ง่ายขึ้น (ชุติมา และคณะ, 2548)

ค่าสี พบว่า เมื่อทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์และน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ ค่า L* ลดลง และค่า a* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงสีของไส้กรอกอาจเป็นผลมากจากการสูญเสียน้ำระหว่างการทำให้สุกจึงทำให้อิมัลชั่นของเนื้อมีความเข้มข้นส่วนที่เป็นของแข็งเพิ่มขึ้นจึงมีสีคล้ำลง (ดารณี, 2544) ซึ่งผลการสูญเสียน้ำหนัก เนื้อสัมผัส และค่าสี แสดงใน Table 2

Table 2 Cooking loss, texture and color qualities of Frankfurter sausages.

Formula	Cooking loss	Firmness	a*	b*	L*
SBO 0	8.69±0.01^{e}	331.67±6.24^{a}	9.40±0.20^{c}	14.43±0.32^{b}	69.10±0.43^{a}
SBO 25	9.23±0.01^{d}	220.33±2.83^{b}	11.43±0.11^{b}	16.53±0.28^{a}	65.50±0.10^{b}
SBO 50	11.06±0.02^{c}	185.97±1.20^{c}	11.86±0.05^{a}	16.63±0.15^{a}	63.33±0.15^{c}
SBO 60	13.62±0.03^{b}	167.46±3.67^{d}	11.96±0.20^{a}	16.73±0.15^{a}	62.66±0.37^{d}
SBO 70	14.55±0.04^{a}	159.81±4.34^{e}	12.00±0.10^{a}	16.86±0.05^{a}	61.83±0.55^{e}

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า เมื่อทดแทนไขมันด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณความชื้น เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากในเนื้อสัตว์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพียงร้อยละ 1.2 (Lawrie, 1981) ส่วนแป้งกล้วยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตถึงร้อยละ 84.81 และปริมาณไขมัน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) ซึ่งปริมาณไขมันที่ลดลง เป็นผลมาจากแป้งกล้วยมีปริมาณไขมันร้อยละ 0.85 ซึ่งน้อยกว่าไขมันสัตว์ ซึ่งปริมาณไขมันที่ลดลงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ju Hui Choe et al., (2013) พบว่าเมื่อใช้หนังหมูและใยอาหารจากข้าวสาลี ทดแทนไขมันในไส้กรอกโดยใช้อัตราส่วนเพิ่มขึ้นทำให้ไขมันในไส้กรอกลดลง ซึ่งปริมาณไขมันที่ลดลงเป็นผลมาจากปริมาณไขมันในใยอาหารจากข้าวสาลีมีน้อยกว่าในไขมันหมู ผลการทดลองแสดงใน Table 3

Table 3 Proximate analysis of Frankfurter sausages.

Formular	SBO 0	SBO 25	SBO 50	SBO 60	SBO 70
% Moisture	58.56±0.14^{e}	59.62±0.10^{d}	63.29±0.48^{c}	65.35±0.09^{b}	67.97±0.26^{a}
% Protein^{ns}	14.15±0.38	14.01±0.39	14.21±0.37	13.59±0.09	13.56±0.35
% Fat	25.14±0.56^{a}	20.62±0.36^{b}	15.85±0.31^{c}	13.91±0.12^{d}	11.07±0.03^{e}
% ash	1.15±0.01^{e}	1.38±0.01^{d}	1.53±0.01^{c}	1.79±0.01^{b}	1.99±0.01^{a}
% Crude Fiber	0.56±0.01^{e}	0.75±0.02^{d}	0.87±0.02^{c}	0.96±0.01^{b}	1.11±0.01^{a}
% Carbohydrate	0.56±0.65^{c}	3.09±0.26^{b}	4.23±0.16^{a}	4.32±0.15^{a}	4.55±0.13^{a}
Water activity	0.984±0.001^{c}	0.988±0.001^{b}	0.990±0.001^{ab}	0.991±0.002^{a}	0.991±0.002^{a}

*ns not significantly different (P≤0.05)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าเมื่อทดแทนไขมันในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ค่า pH จะลดลงตามลำดับ ซึ่งค่า pH สอดคล้องกับอายุการเก็บรักษาซึ่งไส้กรอกในทุกสูตรมีอายุการเก็บได้นานสูงสุดประมาณ 7 วัน โดยค่า pH ที่ลดลงอาจเป็นผลมาจากปริมาณของแป้งกล้วยมีความสัมพันธ์กับแหล่งคาร์บอน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญของจุลินทรีย์ และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่า pH ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์จะมีค่าลดลง เป็นผลมาจากการผลิตกรดซึ่งเกิดมาจากจุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อน (ดารณี วไรดม วิจิตร, 2544) ผลแสดงใน Figure 1

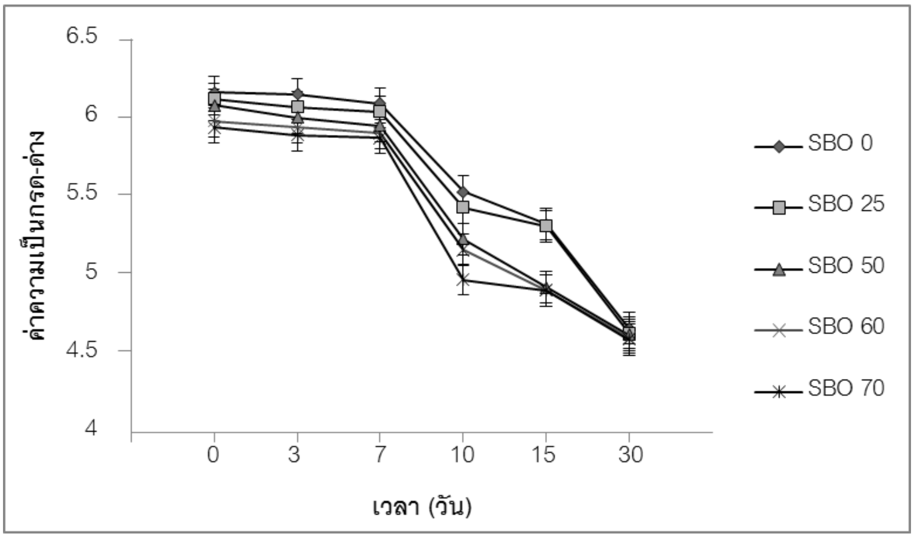


Figure 1 Chang in pH value of Frankfurter sausages.

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ลดปริมาณไขมันโดยทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์และน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วนต่างๆ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง การสูญเสียน้ำหนัก เนื้อสัมผัส และค่าสี ของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนถึงองค์ประกอบทางเคมี และการทดแทนไขมันด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ และน้ำมันรำข้าวนั้นสามารถช่วยลดปริมาณของไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลงได้ โดยไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตร SBO 25 ได้การยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ไม่เกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

ดารณี วโรดมวิจิตร, 2544, การลดไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์โดยใช้สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2538, กล้วย, พิมพ์ครั้งที่ 2, นครปฐม: ศูนย์ปฏิบัติการกลางมหาวิทยาลัยเกษตร คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลศิริ วีโรทัย, 2545, เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ, กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

AOAC, 2000, Association of official Analytical Chemists, 15th ed. Washington: AOAC.

Choe, J.H., Kim, H.Y., Lee, J.M., Kim Y.J. and Kim, C.J., 2013, Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers, Meat Science, 93, 849-854.

Lawrie, R., 1981, Developments in Meat Science-2, London and New Jersey : Applied Science.

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีทากูชิ

Optimization of the Beta-Glucan Extraction Conditions from Defatted Rice Bran in Lab Scale by Taguchi Method

พัตราพร ภูวดลไพศาล[1]

Phuwadolpaisarn, P.[1]

Abstract

Defatted rice bran is waste from oil extraction process of rice bran oil industry. It still has rich dietary fiber as same as rice bran. Thus, defatted rice bran is a good source for extraction of beta-glucan, beneficial soluble dietary fiber. The purpose of this work is to study on optimization of beta-glucan extraction conditions from defatted rice bran in scale lab. Five critical factors affecting the extraction process were studied such as water:defatted rice bran ratio, particle size, pH, temperature and time. In order to determine the optimal condition, a Taguchi experimental design approach was used: five variables (four levels) in L_{16} orthogonal array. The optimal beta-glucan extraction conditions obtained from the mean signal to noise ratio (S/N ratio) analysis were: water:defatted rice bran ratio equal to 20:1; particle size, 75-149 µm; pH, 4; temperature, 55°C and extraction time, 3 h. The confirmatory experiment conducted with the optimal conditions provided an beta-glucan content of 0.1987 ± 0.0027 %w/w and total beta-glucan of 5.2589 ± 0.0472 mg/100g defatted rice bran, corresponding to calculated values from Taguchi model.

Keywords: optimization, beta-glucan, defatted rice bran, Taguchi method

บทคัดย่อ

กากรำข้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำมันของอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันรำข้าว ที่ยังคงอุดมไปด้วยใยอาหารเช่นเดียวกับรำข้าว ดังนั้นกากรำข้าวจึงเป็นแหล่งที่ดีในการสกัดเบต้ากลูแคน ซึ่งเป็นใยอาหารละลายน้ำที่มีประโยชน์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวในระดับห้องปฏิบัติการ ปัจจัยสำคัญที่ศึกษามีทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ อัตราส่วนน้ำต่อกากรำข้าว ขนาดของกากรำข้าว พีเอช อุณหภูมิ และระยะเวลา ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเบต้ากลูแคน การหาสภาวะที่เหมาะสมออกแบบการทดลองด้วยวิธีทากูชิแบบ L_{16} orthogonal array โดยแปรผันปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย (4 ระดับปัจจัย) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเบต้ากลูแคน ซึ่งวิเคราะห์ได้จากค่าเฉลี่ยอัตราส่วนซิกเนลทูนอยส์ (S/N ratio) คือ อัตราส่วนน้ำต่อกากรำข้าวเท่ากับ 20:1 ขนาดของกากรำข้าวเท่ากับ 75-149 µm พีเอช 4 อุณหภูมิ 55°C และระยะเวลาในการสกัด 3 h เมื่อทำการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวที่สภาวะที่เหมาะสมทำให้ได้ปริมาณเบต้ากลูแคนเท่ากับ 0.1987 ± 0.0027 %w/w และปริมาณเบต้ากลูแคนทั้งหมดเท่ากับ 5.2589 ± 0.0472 mg/100g defatted rice bran ซึ่งยืนยันว่าสอดคล้องกับค่าที่ได้จากสมการของทากูชิ

คำสำคัญ: สภาวะที่เหมาะสม เบต้ากลูแคน กากรำข้าว วิธีทากูชิ

คำนำ

กากรำข้าว หรือ รำสกัดน้ำมัน (defatted rice bran) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าว ซึ่งผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100°C ถูกควบคุมระยะเวลาและความดัน มีโปรตีน (17.8%) และเส้นใย (9.1%) สูง และเหลือไขมันเพียงเล็กน้อย (0.9%) ส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ต้องการสะสมกล้ามเนื้อมากกว่าไขมัน (Thai Edible Oil Co., Ltd., 2005) แต่อย่างไรก็ตามยังมีกากรำข้าวอีกบางส่วนที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ ทั้งที่คุณค่าทางโภชนาการของกากรำข้าวเปรียบเทียบกับรำข้าวก่อนสกัดน้ำมันค่อนข้างใกล้เคียงกัน มีเพียงปริมาณไขมันเท่านั้นลดลง จึงทำให้กากรำข้าวที่สกัดน้ำมันออกเก็บรักษาได้นานกว่ารำข้าว กากรำข้าวที่ยังคงอุดมไปด้วยใยอาหาร จึงสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการสกัดเบต้ากลูแคน

[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***

เบต้ากลูแคนเป็นองค์ประกอบหลักของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ พบในผนังเซลล์ทั้งเนื้อเมล็ดและรำของธัญพืช โครงสร้างมีน้ำตาลดี-กลูโคสเพียงชนิดเดียวเป็นหน่วยย่อย สายตรงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิก (ประมาณร้อยละ 70) สลับด้วยพันธะเบต้า-1,3-ไกลโคซิดิก (ประมาณร้อยละ 30) โครงสร้างจึงมีลักษณะเป็นขั้นๆ น้ำตาลดี-กลูโคสที่เชื่อมต่อด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิกมีตั้งแต่ 3-20 โมเลกุล โดยส่วนใหญ่พบน้ำตาลดี-กลูโคสที่เชื่อมต่อ 3 และ 4 โมเลกุล ซึ่งพบร้อยละ 58-72 และ 20-34 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแตกต่างกันในธัญพืชแต่ละชนิด (Wood และคณะ, 1994) เบต้ากลูแคนเป็นสารที่มีความปลอดภัยสูง จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทั้งทางเภสัชวิทยา เครื่องสำอาง และเป็นส่วนผสมในอาหารสุขภาพ เช่น ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว ครีมกันแดด เนื่องจากช่วยให้ผิวกระชับ ยืดหยุ่น และลดการอักเสบของผิวหนังที่ถูกทำลายด้วยรังสี UV เป็นส่วนผสมในโยเกิร์ต เนื่องจากช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกส์ และใช้เป็นส่วนผสมในซอส น้ำสลัด ไอศกรีม ตามสมบัติทางกายภาพและเคมี (Asif และคณะ, 2010)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าว เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากรำข้าวมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่า โดยอาศัยวิธีทากูชิในการออกแบบการทดลอง ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดจำนวนการทดลองที่จะศึกษาลง ทำให้ประหยัดเวลา ลดต้นทุน อีกทั้งยังได้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ (Box และคณะ, 1988) สำหรับปัจจัยที่จะศึกษามีทั้งหมด 5 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการสกัดเบต้ากลูแคน (Benito-Román และคณะ, 2011) ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำต่อกากรำข้าว ขนาดอนุภาคของรำข้าว พีเอช อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัด

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดเบต้ากลูแคนโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย นำกากรำข้าว จากบริษัทน้ำมันบริโภคไทยจำกัด มาทำความสะอาดและกำจัดเอนไซม์เบต้า-กลูคาเนส โดยการต้มด้วยเอทานอลเข้มข้น 80% (กากรำข้าว 100 กรัม ต่อเอทานอล 1 ลิตร) ที่อุณหภูมิ 80°C นาน 1 h กรองแยกกากรำข้าวด้วยระบบสุญญากาศ และล้างด้วยเอทานอลอีก 1 ลิตร จำนวน 2 รอบ อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50°C ก่อนนำมาสกัดเบต้ากลูแคนที่อัตราส่วนระหว่างน้ำ (ml) ต่อกากรำข้าว (g) = A (A1, 5:1; A2, 10:1; A3, 15:1; A4, 20:1) ซึ่งกากรำข้าวมีขนาดอนุภาค (μm) = B (B1, <75; B2, 75-149; B3, 150-250; B4, mixed (กากรำข้าวที่ไม่ได้แยกขนาด)) จากนั้นปรับ pH = C (C1, 4; C2, 7; C3, 8; C4, 10) ด้วยสารละลาย HCl เข้มข้น 2 M หรือสารละลาย NaOH เข้มข้น 2 M) และทำการสกัดที่อุณหภูมิ (°C) = D (D1, 35; D2, 45; D3, 55; D4, 60) ที่ระยะเวลา (h) = E (E1, 1; E2, 3; E3, 5; E4, 7) นำไปเขย่าในเครื่อง incubator shaker ที่ความเร็วรอบ 200 rpm ปัจจัยที่ศึกษาทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยผันแปร 4 ระดับ จึงออกแบบการทดลองด้วยวิธีทากูชิแบบ L_{16} (4^5) array (Roy, 2001) มีทั้งหมด 16 การทดลอง แสดงดัง Table 1 ซึ่งแต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ

การแยกกากรำข้าวและตกตะกอนเบต้ากลูแคน กากรำข้าวแยกออกจากสารละลายด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 g จากนั้นนำส่วนสารละลายมาตกตะกอนโปรตีนที่ pH = 4.5 และปั่นเหวี่ยง ขั้นตอนสุดท้ายนำมาปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 2 M และปั่นเหวี่ยง จะได้สารละลายที่มีเบต้ากลูแคน ซึ่งจะตกตะกอนด้วยเอทานอลเข้มข้น 99.8% ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 1 คืน แยกตะกอนด้วยการปั่นเหวี่ยง อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50°C จะได้สารสกัดเบต้ากลูแคน เก็บสารสกัดใน desiccators เพื่อป้องกันความชื้น และนำไปหาปริมาณเบต้ากลูแคนภายใน 24 ชั่วโมง

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเบต้ากลูแคนโดยวิธีทากูชิ ประสิทธิภาพในการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวรายงานในรูปปริมาณเบต้ากลูแคน (Beta-glucan content, %w/w) และปริมาณเบต้ากลูแคนทั้งหมด (Total beta-glucan, mg/100g defatted rice bran) ซึ่งปริมาณเบต้ากลูแคนวิเคราะห์ได้จากชุดทดสอบ mixed linkage ß-glucan (Megazyme, Ireland) จากนั้นหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติตามวิธีทากูชิ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย S/N ratio ซึ่งอาศัยการวัดคุณภาพแบบ Larger is Better โดยค่าเฉลี่ย S/N ratio = $-10\log_{10}(MSD)$ ซึ่งค่า MSD คำนวณได้จาก MSD = $(1/Y_1^2 + 1/Y_2^2 + 1/Y_3^2 + \ldots)/N$ (Roy, 2001) ค่าเฉลี่ย S/N ratio ที่คำนวณได้ใช้พิจารณาปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ และใช้หาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัด

ผลและวิจารณ์ผล

การสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวที่สภาวะต่างๆ ทั้งหมด 16 การทดลอง แสดงดัง Table 1 พบว่าการทดลองที่ 16 ได้ปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัดและเบต้ากลูแคนทั้งหมดสูงสุด คือ 0.1899 ± 0.0069 %w/w และ 3.9313 ± 0.1121 mg/100g defatted rice bran ตามลำดับ ขณะที่การทดลองที่ 4 ได้ปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัดและเบต้ากลูแคนทั้งหมดต่ำสุด คือ 0.0346 ± 0.0016 %w/w และ 0.3208 ± 0.0277 mg/100g defatted rice bran ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองจาก Table

1 มาคำนวณหา S/N ratio จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย S/N ratio กับระดับของปัจจัยต่างๆ รายงานในรูปปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนทั้งหมด ดังแสดงใน Figure 1a และ b ตามลำดับ พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าว คือ ระดับปัจจัยที่มีค่า S/N ratio เฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อกากรำข้าว = 20:1 (A4) ขนาดอนุภาคกากรำข้าวอยู่ในช่วง 75-149 μm (B2) พีเอช = 4 (C1) อุณหภูมิ = 55°C (D3) และระยะเวลา = 3 h (E2) ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวด้วยวิธีทากูชิ มีเพียงการศึกษาจากเมล็ดข้าวบาร์เลย์ (Benito-Román และคณะ, 2011) ซึ่งพบว่าผลผลิตเบต้ากลูแคนสูงสุด สกัดได้จากเมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่มีขนาดเมล็ดข้าว 100 μm และใช้ระยะเวลาในการสกัด 3 h ซึ่งเป็นสภาวะที่ใกล้เคียงกับสภาวะที่ใช้สกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าว

การทำนายปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัดและปริมาณเบต้ากลูแคนทั้งหมดที่ได้จากการสกัดที่สภาวะที่เหมาะสมจากค่าเฉลี่ย S/N ratio โดยใช้สูตรของทากูชิ จะได้เท่ากับ 0.2050 %w/w และ 5.3832 mg/100g defatted rice bran ตามลำดับ เมื่อทำการทดลองจริงตามสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด พบว่าได้ปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัดเท่ากับ 0.1987 ± 0.0027 %w/w ซึ่งเกิดความคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่ทำนายไว้คิดเป็น 3.06% และปริมาณเบต้ากลูแคนทั้งหมดจากการทดลองจริงได้เท่ากับ 5.2589 ± 0.0472 mg/100g defatted rice bran ซึ่งเกิดความคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่ทำนายไว้ คิดเป็นร้อยละ 2.31 แสดงว่าค่าที่คำนวณจากสูตรและค่าที่ได้จากการทดลองจริงสอดคล้องกันเป็นอย่างดี นอกจากนี้ค่าเฉลี่ย S/N ratio สามารถนำมาใช้วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อการสกัดเบต้ากลูแคน โดยคำนวณจากผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย S/N ratio ของระดับปัจจัยที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดของปัจจัยนั้นๆ ค่าอิทธิพลของปัจจัยในการสกัดเบต้ากลูแคน แสดงดัง Table 2 และ 3 พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสกัดเบต้ากลูแคนในรูปปริมาณเบต้ากลูแคน คืออัตราส่วนระหว่างน้ำต่อกากรำข้าวและระยะเวลา ซึ่งมีร้อยละของค่าอิทธิพลใกล้เคียงกัน คือ 27.80 และ 26.71 ตามลำดับ รองลงมา คือ ขนาดอนุภาคของกากรำข้าวและพีเอชของน้ำที่ใช้สกัดซึ่งมีค่าร้อยละอิทธิพลใกล้เคียงกัน คือ 19.10% และ 21.28% ตามลำดับ สำหรับอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการสกัดเบต้ากลูแคนน้อยที่สุด เมื่อคิดร้อยละอิทธิพลของการสกัดเบต้ากลูแคนในรูปปริมาณเบต้ากลูแคนทั้งหมดในกากรำข้าว ซึ่งคำนวณจากน้ำหนักของสารสกัด จึงทำให้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสกัดแตกต่างกันเล็กน้อย พบว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อกากรำข้าวมีอิทธิพลสูงสุดเช่นเดียวกัน แต่มีค่าร้อยละของอิทธิพลมากกว่า คือมีค่าเท่ากับ 32.07% รองลงมาคือพีเอชและระยะเวลาซึ่งมีค่าร้อยละอิทธิพลใกล้เคียงกัน คือ 20.69% และ 19.77% ตามลำดับ และขนาดอนุภาคของกากรำข้าวและอุณหภูมิมีค่าร้อยละอิทธิพลใกล้เคียงกัน คือ 13.72% และ 13.75% ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อกากรำข้าวมีอิทธิพลต่อการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวมากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการสกัดเบต้ากลูแคนจากเมล็ดข้าวบาร์เลย์ พบว่าขนาดอนุภาคของเมล็ดข้าวมีอิทธิพลมากกว่า (Benito-Román และคณะ, 2011)

สรุปผล

การสกัดเบต้ากลูแคนที่สภาวะที่เหมาะสม (A4-B2-C1-D3-E2) ได้ปริมาณเบต้ากลูแคนทั้งหมดเท่ากับ 5.2589 ± 0.0472 mg/100g defatted rice bran ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ทำนายได้ แสดงให้เห็นว่ากากรำข้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าวที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดเบต้ากลูแคน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณบริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากรำข้าวมาใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Asif, A., Faqir, M. A., Tahir, Z., Haq, N. and Zaheer, A., 2010, Extraction and Characterization of ß-D-glucan from Oat for Industrial Utilization, International Journal of Biological Macromolecules, 46:304-309.

Benito-Román, O., Alonso, E. and Lucas, S., 2011, Optimization of the ß-glucan Extraction Conditions from Different Waxy Barley Cultivar, Journal of Cereal Science, 53:271-276.

Box, G., Bisgaard S. and Fung, C., 1988, An Explanation and Critique of Taguchi's Contributions to Quality Engineering, Quality and Reliability Engineering International, 4:123-131.

Thai Edible Oil Co.,Ltd., 2005, รำสกัดน้ำมัน TRJ, https://www.kingriceoilgroup.com/thai/product_03.php.

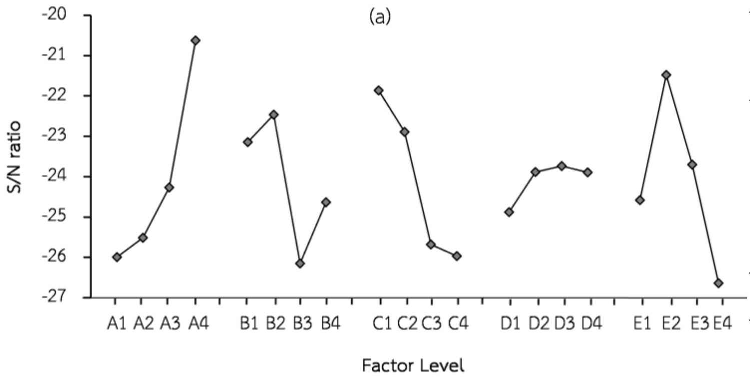
Roy, R. K., 2001, Design of Experiments Using the Taguchi Approach, John Wiley & Sons, Inc., Canada.

Wood, P. J., Weisz, J. and Blackwell, B. A., 1994, Structural Studies of (1/3) (1/4)-ß-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 Experimental $L_{16}(4^5)$ orthogonal array. Table includes beta-glucan content and total beta-glucan calculated for each of the sixteen trials

Experiments	Factor					Beta-glucan content	Total beta-glucan*
	A	B	C	D	E	(%w/w)	(mg/100g defatted rice bran)
1	5	mixed	4	35	1	0.0529 ± 0.0029	0.5163 ± 0.0026
2	5	150-250	7	45	3	0.0633 ± 0.0039	0.7903 ± 0.0295
3	5	75-150	8	55	5	0.0553 ± 0.0036	0.6131 ± 0.0292
4	5	<75	10	60	7	0.0346 ± 0.0016	0.3208 ± 0.0277
5	10	mixed	7	55	7	0.0450 ± 0.0044	1.1054 ± 0.0619
6	10	150-250	4	60	5	0.0581 ± 0.0018	1.2079 ± 0.0200
7	10	75-150	10	35	3	0.0637 ± 0.0016	1.0970 ± 0.0304
8	10	<75	8	45	1	0.0478 ± 0.0019	0.5590 ± 0.0035
9	15	mixed	8	60	3	0.0668 ± 0.0046	1.0957 ± 0.0143
10	15	150-250	10	55	1	0.0397 ± 0.0076	0.8091 ± 0.1329
11	15	75-150	4	45	7	0.0735 ± 0.0049	1.3636 ± 0.0576
12	15	<75	7	35	5	0.0754 ± 0.0036	1.0405 ± 0.0096
13	20	mixed	10	45	5	0.0758 ± 0.0018	1.0394 ± 0.0335
14	20	150-250	8	35	7	0.0420 ± 0.0029	0.5377 ± 0.0146
15	20	75-150	7	60	1	0.1255 ± 0.0068	2.8132 ± 0.1296
16	20	<75	4	55	3	0.1899 ± 0.0069	3.9313 ± 0.1121

* Total beta-glucan (mg/100g defatted rice bran) = beta glucan content (%w/w) x extracted gum (g))/100



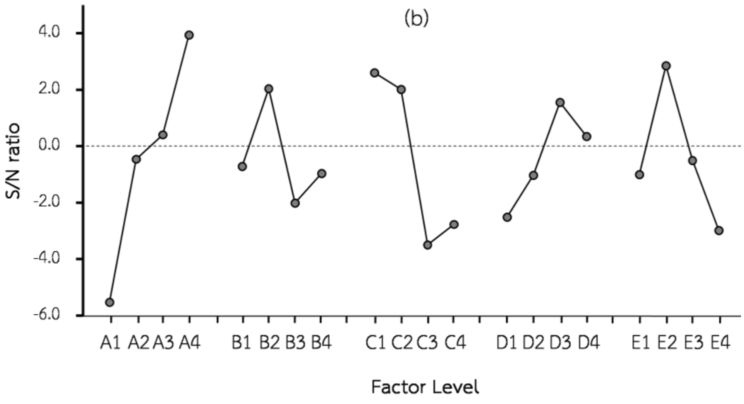


Figure 1 Effect of factors on the S/N ratio for beta-glucan extraction (a) beta-glucan content and (b) total beta-glucan.

Table 2 Influential factors on beta-glucan content

Level	Mean S/N ratio				
	A	B	C	D	E
1	-25.99	-23.14	-21.86	-24.88	-24.58
2	-25.52	-22.46	-22.89	-23.88	-21.48
3	-24.26	-26.16	-25.68	-23.74	-23.70
4	-20.62	-24.63	-25.97	-23.89	-26.64
(%)**	27.80	19.10	21.28	5.11	26.71

** Influence(%) = 100-(($\Sigma_{main\ effect}$ - main effect)/$\Sigma_{main\ effect}$)x100; $\Sigma_{main\ effect}$ = sum of main effect of factor; main effect = S/N $ratio_{maximum}$- S/N $ratio_{minimum}$

Table 3 Influential factors on total beta-glucan

Level	Mean S/N ratio				
	A	B	C	D	E
1	-5.52	-0.71	2.61	-2.50	-1.00
2	-0.46	2.04	2.01	-1.03	2.85
3	0.41	-2.01	-3.49	1.55	-0.50
4	3.94	-0.96	-2.76	0.35	-2.98
(%)**	32.07	13.72	20.69	13.75	19.77

** Influence(%) = 100-(($\Sigma_{main\ effect}$ - main effect)/$\Sigma_{main\ effect}$)x100; $\Sigma_{main\ effect}$ = sum of main effect of factor; main effect = S/N $ratio_{maximum}$- S/N $ratio_{minimum}$

การพัฒนาข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง

Development of Potato Cracker Added Ya-nang Leaf (*Tiliacora triandra* (Colebr.) Diels)

ดาวใจ สนิทกูล[1][1] ชุติมณฑ์ เหล่าผา[1] และ กษมา ชารีโคตร[1]

Sanitkool[1], D., Laopha[1], C., and Chareekhot[1], K.

Abstract

In this study, the development of potato cracker product added Ya-nang leaf was performed for added value of Ya-nang leaf. For product development process, the ratio of Ya-nang leaf powder to Ya-nang fresh juice composed of 0:0, 5:10, 5:20, 5:30, 10:10, 10:20 and 10:30 g was formulated. It was found that Ya-nang leaf powder to Ya-nang fresh juice with 5:30 g showed the highest consumer acceptance. The result showed that most of consumer rated the product at range of like immediately (7.10±1.12). The physical quality of potato cracker product added Ya-nang leaf describe by color value L* a* b* was 47.33, 0.16, 18.81, respectively. Moreover, swelling rate and density of the product was 11.00 และ 0.23 g/ml, respectively. The fried product contained 2.95 % moisture. The texture of the product described by hardness and facturability was 5.23 and 0.64 N. The product contained 1.99% moisture, 2.35% ash 32.17% fat, and 0.56% fiber. Storage life of product at room temperature was more than 16 days.

Keywords Cracker, Ya-nang leaf powder, Ya-nang fresh juice

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณผงใบย่านางต่อปริมาณน้ำคั้นใบย่านางสดที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่างนางเพื่อเพิ่มมูลค่าใบย่านาง โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างผงใบย่านางต่อน้ำคั้นใบย่านางสด 7 ระดับ ได้แก่ 0:0, 5:10, 5:20, 5:30, 10:10, 10:20 และ 10:30 กรัม พบว่า ปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำคั้นใบย่านางสดที่ระดับ 5:30 กรัม ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดที่ระดับชอบปานกลาง (7.10±1.12) และผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพของข้าวเกรียบหลังทอด ได้แก่ ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 47.33, 0.16, 18.81 ตามลำดับ อัตราการพองตัว และความถ่วงจำเพาะมีค่าเท่ากับ 11.00 และ 0.23 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสมีค่าความแข็งและความเปราะเท่ากับ 5.23 และ 0.64 นิวตัน ตามลำดับ โดยข้าวเกรียบหลังทอดมีความชื้นร้อยละ 2.95 และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมผงใบย่านางต่อน้ำคั้นสดใบย่านางที่ระดับ 5:30 กรัม ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และเยื่อใยร้อยละ 1.99 2.35 32.17 และ 0.56 ตามลำดับ และมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้มากกว่า 16 วัน

คำสำคัญ ข้าวเกรียบ, ผงใบย่านาง, ใบย่านางสด

บทนำ**

ข้าวเกรียบเป็นอาหารขบเคี้ยวที่มีลักษณะแผ่นบางพองกรอบ นิยมบริโภคกันมานาน ปัจจุบันแม้ว่าจะมีขนมขบเคี้ยวจำหน่ายในท้องตลาดมากมายที่ผลิตจากกระบวนการเอ็กทรูชัน ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทขบเคี้ยว ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะพองตัวกรอบ (พัชรา, 2554) แต่ข้าวเกรียบก็ได้รับการนิยมบริโภคกันพอสมควร ยิ่งกว่านั้นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบดูเหมือนว่าจะทำกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศ เพราะเป็นการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรประเภทผักผลไม้หรือเนื้อสัตว์ด้วยเทคโนโลยีแบบง่ายๆ ข้อดีอีกประการหนึ่งของข้าวเกรียบ คือ มีอายุการเก็บรักษานาน หากยังไม่นำมาทอดสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานหลายเดือน แต่เมื่อทอดแล้วจะเก็บไว้ได้นานประมาณ 2-3 สัปดาห์ ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ควรต้องมีการปรับปรุงคุณภาพ รสชาติ รูปแบบให้แปลกใหม่ เพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ดังเช่น ใบย่านางที่ผู้วิจัยได้นำมาเสริมในข้าวเกรียบที่มีมันฝรั่งเป็นส่วนผสม ซึ่งใบย่านางนับว่าเป็นผักที่มีประโยชน์อีกชนิดหนึ่ง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้ในการประกอบอาหารพื้นบ้านไทยหลายๆ ตำรับ ในใบย่านางมีวิตามินเอและซีสูง นอกจากนี้ยัง

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ. อุดรธานี 41000

[1] Science and Food Technology Program, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Rd. T.makaeng Muang, Udon Thani 41000, Thailand***

ประกอบด้วยสารอาหารสำคัญอื่นๆ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ไฟเบอร์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ไทอะมีน ไรโบฟลาวิน และไนอะซีน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำใบย่านางมาแปรรูป เพื่อที่จะได้เพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค ใบย่านางยังมีคุณค่าทางโภชนาทางร่างกายเป็นอย่างมาก และยังเป็นการช่วยส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมวัตถุดิบ

วิธีการเตรียมผงและน้ำใบย่านางก่อนนำไปเป็นส่วนผสมของข้าวเกรียบ โดยสำหรับใบย่านางผง นำไปย่านางสดมาล้างทำความสะอาดและหั่นฝอย อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำให้เย็นลงและปั่นให้เป็นผง ร่อนผ่านตะแกรงจะได้ ใบย่านางผง สำหรับน้ำคั้นใบย่านางจะนำใบย่างนางสดปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 10 20 และ 30 กรัม คั้นกับน้ำเปล่าที่ต้องเติมในส่วนผสมข้าวเกรียบ ก็จะได้เป็นน้ำคั้นใบย่างนางสำหรับเติมในแต่ละสูตร ทั้งหมด 7 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 The ingredient of potato cracker added Ya-nang leaf

ingredient	Formula (gram)						
	1	2	3	4	5	6	7
Starch	220	220	220	220	220	220	220
Salt	5	5	5	5	5	5	5
Sugar	5	5	5	5	5	5	5
Pepper	5	5	5	5	5	5	5
Garlic	20	20	20	20	20	20	20
Potato	180	180	180	180	180	180	180
Ya-nang powder	0	5	5	5	10	10	10
Ya-nang fresh leaf	0	10	20	30	10	20	30
Water	180	180	180	180	180	180	180
Weight	615	625	635	665	675	695	725

ที่มา : (ดัดแปลงจาก พิสมัย, 2556)

นำส่วนผสมทั้งหมด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง พริกไทย เกลือ น้ำตาล กระเทียมและมันฝรั่งบด ผสมให้เข้ากัน และเติมผงใบย่านางและน้ำใบย่านางตามอัตราส่วนของแต่ละสูตรผสมนวดจนเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นนำก้อนแป้งที่ได้ปั้นเป็นแท่งทรงกระบอก นำไปนึ่งในลังถึงที่อุณหภูมิน้ำเดือด เป็นเวลา 80 นาที และนำไปแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 1 คืน นำออกมาหั่นให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งต่อด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ข้าวเกรียบดิบ และนำไปทอดด้วยน้ำมันร้อนอุณหภูมิประมาณ 190 องศาเซลเซียส 5 วินาที จะได้ข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง เก็บในภาชนะปิดสนิทนำไปทำการทดลองต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณภาพและการวางแผนการทดลอง

นำข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านางมาการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์สี ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab Color Flex (รุ่น CX 1463) วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (**Brookfield)** รุ่น CT3 วิเคราะห์ความหนาแน่น และคุณค่าทางโภชนาการ (ไขมัน เถ้า เยื่อใย ความชื้น) ด้วยวิธี AOAC. (1995) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale; 1= ไม่ชอบมาก – 9 = ชอบมากที่สุด) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD)

ผลและวิจารณ์ผล*

การพัฒนาข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณผงใบย่านางและปริมาณใบย่านางสดที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทั้ง 7 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 คือ 0:0 กรัม, สูตรที่ 2 คือ 5:10 กรัม, สูตรที่ 3 คือ 5:20 กรัม, สูตรที่ 4 คือ 5:30 กรัม, สูตรที่ 5 คือ 10:10 กรัม, สูตรที่ 6 คือ 10:20 กรัมและสูตรที่ 7 คือ 10:30 กรัม โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพและ

ทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง พบว่า ปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสดที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านางที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดคือ ปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสด สูตรเสริมใบย่านางผงต่อน้ำใบย่านางสด 5:30 กรัม ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ ได้แก่ ด้านสี ค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 47.33 ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 0.16 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 18.81 การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณผงของใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสดสูงขึ้น จะทำให้ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผงของใบย่านางสดที่มีสีเขียวเมื่อผ่านการอบโดยใช้ความร้อน จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น จึงทำให้สีเขียวของใบย่านางเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ข้าวเกรียบจึงมีสีที่ต่างกัน แสดงให้เห็นว่าสีของผงใบย่านางและน้ำใบย่านางสด มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านางมีความสว่างลดลง อาจเนื่องจากปฏิกิริยาฟีโอไฟติไนเซชัน คือ แมกนีเซียมไอออนจะถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนอะตอมทำให้คลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน สีเขียวของพืชจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของฟีโอไฟติน (Funamoto, 2002) ทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง และค่าการพองตัวมีค่าเท่ากับ 11.00 และความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 0.23 กรัม/มิลลิลิตร โดยแสดงให้เห็นว่าปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสด ที่เติมลงไปทำให้การพองตัวและความหนาแน่นของข้าวเกรียบหลังทอดแตกต่างกัน และยังพบว่า อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบมีความสัมพันธ์กับความชื้นโดยการพองจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อถึงจุดๆหนึ่งที่ความชื้นมากขึ้นการพองตัวจะลดลง (ศรายุทธ์, 2556) โดยเนื้อสัมผัสมีค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 5.23 นิวตัน และค่าความเปราะเท่ากับ 0.64 นิวตัน ซึ่งการพองตัวมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความกรอบแข็งของข้าวเกรียบโดยข้าวเกรียบที่มีอัตราการพองตัวสูงมีผลให้โมเลกุลของแป้งที่ล้อมรอบที่ช่องโปร่งอากาศมีความหนาแน่นน้อย (Mohamed และคณะ, 1988) โดยแสดงให้เห็นว่าปริมาณผงและน้ำใบย่านางสด ที่เติมลงไปทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อข้าวเกรียบในขณะทอดลดลง (โนร์ฮามีมี, 2558)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านางมีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 2.95 และเมื่อนำข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านางสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่มีปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสด 5:30 กรัม เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม คือ สูตรที่ไม่มีปริมาณปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสด 0:0 กรัม อย่างไรก็ตามในสูตรที่มีปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสด 5:30 กรัม นั้นผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุดจากลักษณะของข้าวเกรียบทีมีสีเขียว มีกลิ่นของผงและน้ำใบย่านางสด ซึ่งสอดคล้องกับความชอบ ด้านสี ด้านความกรอบ ด้านรสชาติ ทำให้ความชอบโดยรวมเป็นที่ยอมรับมากที่สุด นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 1.99, 2.08 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าร้อยละ 2.35, 2.60 ตามลำดับ ปริมาณไขมันร้อยละ 32.17, 37.66 ตามลำดับ และปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.56, 0.47 ตามลำดับ โดยข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านางจะมีปริมาณเถ้าน้อยกว่าสูตรควบคุมและมีปริมาณไขมันน้อยกว่าสูตรควบคุม จะเห็นได้ว่าการเสริมปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสด ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง มีคุณภาพที่ดี อย่างไรก็ตามเส้นใยก็ไม่มีความแตกต่างกัน อาจเนื่องจากปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสด ที่ใส่ลงไปมีปริมาณน้อยเกินไป อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทอดข้าวเกรียบและเก็บรักษาในถุงพลาสติกสามารถเก็บได้นาน 16 วัน

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาข้าวเกรียบมันฝรั่งเสริมใบย่านาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณผงใบย่านางและปริมาณใบย่านางสดที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทั้ง 7 สูตร และเมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายและทางเคมี ร่วมกับคุณภาพลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่มีปริมาณผงใบย่านางต่อน้ำใบย่านางสด 5:30 กรัม นั้นผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุดจากลักษณะของข้าวเกรียบทีมีสีเขียว มีกลิ่นของผงและน้ำใบย่านางสด ซึ่งสอดคล้องกับความชอบ ด้านสี ด้านความกรอบ ด้านรสชาติ ทำให้ความชอบโดยรวมเป็นที่ยอมรับมากที่สุด และพบปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.47 ซึ่งสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิได้นาน 16 วัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยแลพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

โนร์ฮามีมี คีรี, 2558, การศึกษาสมบัติทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสดทอดที่เติมสมุนไพร ผสมข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด และพริกขี้หนู, วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, **7**(2), 129-136.

พัชรา สมสะอาด, 2554, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันเทศกลิ่นรสบาร์บีคิว, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

พิสมัย ดวงแก้ว, 2556, ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมน้ำกลีบดอกบัวแดงและเนื้อดอกบัวแดง, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ศรายุทธ์ จิตพัฒนากุล, 2556, การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวเกรียบหอยนางรมดิบแห้ง กลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี, วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

AOAC, 1995, Official Methods of Analysis, (16th ed.), Washington, DC: AOAC International.

Funamoto, Y., Yamauchi, N., Shigenaga, T., and Shigyo, M., 2002, Effects of heat treatment on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.), Postharvest Biology and Technology, 24(2): 163-170.

Mohamed, S., Abdullah, N. and Muthu, M.K., 1998, Expansion, oil absorption, elasticity and crunchiness of keropok (fried crips) in relation to the physic-chemical nature of starch flours, *In* Food Science and Technology Industrial Development, Proceedings of the Food Conference, (Maneepun, S., Varangoom, P. and Phithakpol, B., eds.), Thailand, 24-26 October 1988, pp. 108-113.

Table 2 Ratio of Podwer: fresh leaf Ya-nang on physical and chemical analysis of potato cracker added Ya-nang leaf.

Power : fresh leaf Ya-nang (gram)	L*	a* (NS)	b* (NS)	Swelling	Hardness (N)	Factorability (N)
0:0	56.61±0.91[a]	-0.34±0.62	20.17±2.91	3.11±0.46[d]	4.60±0.67	0.76±0.12[bc]
5:10	49.82±1.41[b]	0.52±0.33	19.98±0.36	3.09±1.21[d]	5.24±0.03	1.21±0.24[a]
5:20	49.24±1.37[b]	0.14±0.26	19.55±0.41	4.16±0.06[d]	6.45±0.00	1.00±0.00[ab]
5:30	47.33±1.79[bc]	0.16±0.30	18.81±0.16	11.00± 0.24[a]	5.23±1.02	0.64±0.12[c]
10:10	43.75±0.24[d]	1.07±0.09	18.44±0.19	8.18±0.01[b]	6.15±1.12	0.57±0.04[c]
10:20	46.05±0.60[cd]	1.17 ±0.52	20.16±1.04	8.08±0.22[b]	5.94±0.36	0.69±0.11[c]
10:30	45.75±0.14[cd]	0.74 ±0.45	18.88 ±0.12	5.85±0.89[c]	5.38±0.33	0.71±0.00[bc]

With a row, means not followed by the same letter are significantly different ($P \leq 0.05$). NS means statically non significance.

Table 3 Ratio of powder : fresh leaf Ya-nang on sensory evaluation of potato cracker added Ya-nang leaf.

Power : fresh leaf Ya-nang (gram)	Attribute			
	Color	Crispiness	Taste	Overall
0:0	5.26±1.72[b]	6.60±1.32[ab]	5.60 ±1.97[c]	5.90±1.34[b]
5:10	6.63±1.58[a]	7.03±1.03[a]	5.90±1.53[bc]	6.56±1.27[a]
5:20	6.80±1.49[a]	7.06±1.03[a]	6.46±1.35[ab]	6.66 ±1.12[a]
5:30	6.73±1.41[a]	7.13±1.07[a]	6.60±1.35[a]	7.10 ±1.12[a]
10:10	4.96±1.75[b]	6.36±1.35[b]	5.50±1.52[c]	5.80±1.12[b]
10:20	4.70±1.89[b]	6.40±1.32[b]	5.53±1.61[c]	5.90±1.29[b]
10:30	5.23±1.65[b]	6.83±1.20[b]	5.63 ±1.58[c]	5.93±1.25[b]

With a row, means not followed by the same letter are significantly different ($P \leq 0.05$). NS means statically non significance.

Table 4 Ratio powder: fresh leaf Ya-nang on chemical composition of potato cracker added Ya-nang leaf.

Power : fresh leaf Ya-nang (gram)	Chemical composition (percentage)			
	Moisture	Ash(NS)	Lipid(NS)	Fiber(NS)
0:0	2.08±0.19	2.60±0.12[a]	37.66±1.97[a]	0.47±0.41
5:30	1.99±0.44	2.35±0.02[b]	32.17±0.71[b]	0.56±0.14

With a row, means not followed by the same letter are significantly different ($P \leq 0.05$). NS means statically non significance.

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 625-628 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 625-628 (2561)

ผลของการอบแห้งกระเจี๊ยบเขียวต่อสารประกอบฟีนอลิกชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิ
Effect of Okra Drying on Phenolic Compound in Mixed Green Tea Okra and Jasmine

วัฒนา วิริวุฒิกร[1]
Wirivutthikorn, W.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effects of drying temperature (50, 60 and 70°C) on phenolic compounds of okra. Results showed that temperature at 50°C for okra drying affected on phenolic content was 96.39 mg/g gallic acid. Different ratio of okra, green tea and jasmine were performed into 4 experiments. Experiment 1: Green Tea to Jasmine 4: 1 ratio. Experiment 2: Green tea mixed with okra and Jasmine 3: 1: 1 ratio. Experiment 3: Green tea mixed with okra and green tea. Jasmine 2: 2: 1 ratio. Experiment 4: Green tea mixed with okra and jasmine 1: 3: 1 ratio was obtained. Physical properties (before drying) showed that L *, a *, b * were not significantly different. Chemical properties, i.e. moisture, water activity, phenolic compounds and percentage of free radical inhibition were statistically significant differences. ($P \leq 0.05$) Experiment 1 had the highest of phenolic compounds and antioxidant activity.

Keywords: okra, phenolic compound, green tea, jasmine

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิการอบกระเจี๊ยบเขียว (50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในการอบแห้งกระเจี๊ยบเขียว พบปริมาณฟินอลิก 96.39 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก เมื่อศึกษาอัตราส่วนกระเจี๊ยบเขียว ชาเขียวและมะลิที่แตกต่างกัน 4 อัตราส่วน 1) ชาเขียวต่อมะลิอัตราส่วน 4:1 2) ชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิอัตราส่วน 3:1:1 3) ชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิ อัตราส่วน 2:2:1 และ 4) ชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิอัตราส่วน 1:3:1 มีคุณสมบัติด้านกายภาพ เคมีก่อนการเก็บรักษา พบว่า ค่า L*,a*,b* ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ปริมาณความชื้น ค่า water activity ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ มีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการทดลองที่ 1 มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบเขียว สารประกอบฟีนอลิก ชาเขียว มะลิ

คำนำ**

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) เป็นสารที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันพบในพืชสามารถการป้องกันโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด และมะเร็ง (Balasundram และคณะ, 2006) ในการศึกษาครั้งนี้เลือกกระเจี๊ยบเขียวเนื่องจากมีกากใยอาหารสูงช่วยในระบบทางเดินอาหาร โฟเลตที่เป็นสาระสำคัญต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง และช่วยบำรุงสมองพบสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่สำคัญในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง มีสารเมือกพวกเพ็กติน และกัม ช่วยเคลือบแผลในกระเพาะอาหาร ชาเขียวเป็นพืชสมุนไพรที่ได้รับความนิยมสูงในปัจจุบันให้กลิ่นรสที่ดีมีประโยชน์ทางยา และยังพบสารสำคัญคือ แคทิชินช่วยลดและกำจัดคอเลสเตอรอลในลำไส้ และช่วยควบคุมน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับที่พอดี (Husain และ Gupta, 2015) แต่เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเมื่อผ่านการให้ความร้อนเกิดการสูญเสียได้มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี (ธีรพงษ์, 2556) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งกระเจี๊ยบเขียวต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิกที่ได้ และอัตราส่วนที่เหมาะสมชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิที่มีผลต่อคุณสมบัติด้านกายภาพ เคมีก่อนการเก็บรักษาเพื่อนำข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ไปใช้ในศึกษาการผลิตขั้นสูงต่อไป

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130**
[1] Division of Food Science and Technology Faculty of agricultural Technology Rajamangala University of Technology Thunyaburi Prachatipat Thanyaburi Pathumthani 12130**

อุปกรณ์และวิธีการ***

ขั้นตอนแรกคือ ศึกษาขั้นตอนการเตรียมกระเจี๊ยบเขียวเพื่อการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้หลังการการอบแห้งสิ้นสุดเก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และนำเก็บในกล่องพลาสติกปิดมิดชิด (ดัดแปลงจาก เฉลิมเกียติ และ ภัสรา, 2553) ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งกระเจี๊ยบเขียวต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิกในการผลิตชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวมี 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1,2 และ 3 อุณหภูมิ 50,60 และ 70 °ซ ตามลำดับ เลือกสภาวะที่เหมาะสมเพียงอุณหภูมิเดียวและนำมาผสมกับชาเขียวและมะลิแบ่งเป็น 4 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ชาเขียวต่อมะลิอัตราส่วน 4:1 การทดลองที่ 2,3 และ 4 ชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิ อัตราส่วน 3:1:1, 2:1:1 และ 1:3:1 ตามลำดับ (ดัดแปลงมาจาก เฉลิมเกียติ และ ภัสรา, 2553) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพกระเจี๊ยบเขียวอบแห้งผสมชาเขียวและมะลิก่อนการเก็บรักษา โดยการใช้วิธีการวัดค่าความสว่าง ค่าสีเขียวและค่าสีเหลือง ด้วยเครื่อง Minolta Color Reader CR.10 ปริมาณความชื้น (Moisture) และ Water Activity โดยใช้เครื่อง Model CX3TE, USA โดยวิธี AOAC (2000) ปริมาณสารประกอบฟินอลิก โดยวิธี Folin Ciocalteu และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ดัดแปลงมาจาก รวินิภา และ ศิริจันทร์, 2556)

ผลและวิจารณ์ผล****

ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งกระเจี๊ยบเขียว 50, 60 และ 70 °ซ ที่มีต่อปริมาสารประกอบฟีนอลิก และเลือกอุณหภูมิที่ดีที่สุดมาเพียง 1 อุณหภูมิ พบว่าผลการทดลองที่ได้ดังภาพที่ 1

50°c 60°c 70°c

Figure 1 Appearance of Okra Drying at Difference Temperatures

จากภาพที่ 1 สีของกระเจี๊ยบเขียวอบอุณหภูมิ 70°ซ สีคล้ำมากที่สุด เนื่องจากอุณหภูมิสูงมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลและมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิ 50°ซ พบปริมาณสารประกอยฟันอลิกสูงสุดคือ 96.39 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก ส่วนอุณหภูมิ 70°ซ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำสุดคือ 54.39 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก แสดงว่าความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ปริมาณสารประกอบฟินอลิกลดลง (ธีรพงษ์, 2556) ในการศึกษาขั้นต่อไปเลือกอุณหภูมิ 50°ซ ใช้ในการอบแห้งชาเขียว กระเจี๊ยบเขียว และมะลิโดยแปรการทดลองเป็น 4 การทดลอง ดังนี้การทดลองที่ 1ชาเขียวต่อมะลิอัตราส่วน 4:1 ส่วนการทดลองที่ 2,3 และ 4 ชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิอัตราส่วน 3:1:1, 2:2:1 และ 1:3:1 ตามลำดับ อบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50°ซ ดังภาพที่ 2

T1 T2 T3 T4

N.B. T1 green tea: jasmine 4:1
T2 green tea: okra: jasmine 3:1:1
T3 green tea: okra: jasmine 2:2:1
T4 green tea: okra: jasmine 1:3:1

Figure 2 Appearance of Mixed Green Tea, Okra and Jasmine Drying at Temperature 50°c

จาก Figure 2 จะเห็นได้ว่า ลักษณะภายนอกที่ปรากฏแตกต่างกัน โดย T1 และ T2 จะมีสีค่อนข้างเข้มกว่า T3 T4 ทั้งนี้เนื่องมาจากสัดส่วนที่ใช้ผสม การใช้ชาเขียวที่มากทำให้สีมีความเข้มมากขึ้น ก่อนการเก็บรักษาเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่า L* (ความสว่าง) –a* (สีเขียว) b* (สีเหลือง) ผลการทดลองพบว่าค่าที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิในการอบไม่สูงมาก สัดส่วนระหว่างชาเขียว กระเจี๊ยบเขียวและมะลิไม่แตกต่างกัน และเมื่อนำมาวัดร้อย

ละความชื้นและค่า water activity พบว่าทุกการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยความชื้น (Moisture) พบว่า การทดลองที่ 4 มีความชื้นมากที่สุด การทดลองที่ 1 มีความชื้นน้อยที่สุดและค่า Water Activity พบว่า การทดลองที่ 4 มีค่า Water Activity สูงที่สุด และการทดลองที่ 1 มีค่า Water Activity น้อยที่สุด Water Activity กับร้อยละความชื้นจะแปรผันตรงต่อกันโดยจะเห็นได้ว่าค่า Water Activity ทั้ง 4 การทดลอง มีค่าไม่เกินมาตรฐานอาหารที่มีความชื้นต่ำ คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 – 0.06 (ธีรพงษ์, 2556) และนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิกและร้อยละการยับยั้ง พบว่าผลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 1

Table 1 Chemical Properties of Mixed Green Tea Okra and Jasmine

Experiment	value	
	Phenolic compound* (mg/g gallic acid)	(% inhibition)*
green tea: jasmine 4:1	78.04[a]	91.40[a]
green tea: okra: jasmine 3:1:1	76.95[a]	87.16[d]
green tea: okra: jasmine 2:2:1	69.61[b]	88.17[c]
green tea: okra: jasmine 1:3:1	59.82[c]	89.89[b]

N.B. * mean significant at $P \leq 0.05$

จาก Table 1 จะเห็นได้ว่าปริมาณสารประกอบฟินอลิกและร้อยละของการยับยั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า การทดลองที่ 1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดและการทดลองที่ 4 มีปริมาณสารประกอบฟินอลิกน้อยที่สุด ฟินอลิกส่วนใหญ่พบได้ในชา (สุภาขวัญ และ อริสรา, 2556) ซึ่งทั้ง 4 การทดลองมีปริมาณสารประกอบฟินอลิกเป็นไปตามสัดส่วนของปริมาณชาเขียวที่ผสมลงไป จะเห็นได้ว่าสิ่งทดลองที่มีปริมาณชาเขียวมาก จะส่งผลให้มีปริมาณสารประกอบฟินอลิกสูง วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีด้านความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า การทดลองที่ 1 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบฟินอลิก ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มกรดฟีนอลิกที่มาจาก hydroxybenzoic acid กลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มสติลฟีน และกลุ่มลิกนินและโพลิเมอร์ของลิกนินโดยชาเขียวและกระเจี๊ยบเขียวอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Huang และคณะ, 2016)

สรุป

อุณหภูมิในการอบกระเจี๊ยบเขียวที่เหมาะสมคือ 50 °ซ ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด 96.39 มิลลิกรัม/กรัมกรดแกลลิก และอัตราส่วน ชาเขียวต่อมะลิอัตราส่วน 4:1 เป็นอัตราส่วนที่ทำให้มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนางสาวสุภาขวัญ มาก และนางสาวอริสรา เอ็งวงษ์ตระกูล นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ช่วยเรื่องขั้นตอนการดำเนินการวิจัยจนแล้วเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมเกียติ โภคาวัฒนา และ ภัสรา ชวประดิษฐ์, 2553, ชากระเจี๊ยบเขียว. [สืบค้น], http://amornpun.blogspot.com/2010/07/ladys-finger-okra-abelmoschus.htm [30 November /16].

ธีรพงษ์ เทพกรณ์, 2556, การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โพลิฟีนอล) ในระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและชาอู่หลงของจังหวัดเชียงราย, รายงานการวิจัย คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

รวินิภา ศรีมูล และ ศิริจันทร์ ตาใจ, 2556, ปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำผลไม้แปรรูปในจังหวัดจันทบุรี, รายงานการวิจัยคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี.

สุภาขวัญ มาก และ อริสรา เอ็งวงษ์ตระกูล, 2556, อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งกระเจี๊ยบเขียวต่อปริมาณสารประกอบฟิโนลิกในผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวอบแห้งแบบถาด, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

AOAC, 2000, Official Method of analysis, Verginia: The Association of official Analytical Chemists.

Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S., 2006, Phenolic Compounds in Plants and Agri-Industrial by-Products: Antioxidant Activity, Occurrence, and Potential Uses, Food Chemistry, 99(1): 191-203.

Huang, W.Y., Cai, Y.Z and Zhang, Y., 2016, Natural Phenolic Compounds from Medicinal Herbs and Dietary Plants: Potential Use for Cancer Prevention, Nutritional Cancer, 62(1): 1-20.

Husain, N. and Gupta, S., 2015, A Critical Study on Chemistry and Distribution of Phenolic Compounds in Plants, and Their Role in Human Health, Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 1(3): 57-60.

อิทธิพลของแสงสีต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp.
The Effect of Light on the Growth Inhibition of *Fusarium* sp.

อลิษา สุนทรวัฒน์[1] ชวนพิศ จิระพงษ์[1] ทัศนีย์วรรณ แพงศิริ[1] และ หนึ่งฤทัย โยปัญญา[1]
Soontornwat, A.[1], Jirapong, C.[1], Pangsiri, T.[1] and Yopanya, N.[1]

Abstract

This research aims to study the influence of various colors of light on the inhibition mycelium growth of *Fusarium* sp. The culture medium of *Fusarium* sp. was placed under various colors of lights such as red, green, yellow, and dark blue compared with the light and dark conditions as control for 7 days. It was found that the blue condition could inhibit the growth of *Fusarium* sp. at the lowest growth rate at diameter 37.62 mm compared with the other conditions. The study of the percentage of germination sunflower seed after non-inoculate and inoculate *Fusarium* sp. found highest percentage germination of non-inoculate seed under light condition than blue and dark condition. However, inoculating of sunflower seed under blue condition showed the most of percentage germination 12.67. Therefore, the dark blue light is the most effect to growth of *Fusarium* sp. and affect the germination of inoculate sunflower seeds.

Keywords: light, growth of sprouts, *Fusarium* sp.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาอิทธิพลของแสงสีต่างๆ ที่มีต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใย *Fusarium* sp. สาเหตุโรคพืช โดยศึกษาการเจริญของเส้นใยของเชื้อราภายใต้สภาวะแสงสีแดง สีเขียว สีเหลือง และสีน้ำเงิน โดยควบคุมสภาวะมืดและสว่าง เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าแสงสีน้ำเงินสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 37.62 มิลลิเมตร รองลงมาเป็นแสงสีแดง และแสงสีเขียว จากนั้นศึกษาผลของแสงสีต่างๆต่อการงอกของต้นอ่อนทานตะวันที่ปลูกและไม่ปลูกเชื้อรา *Fusarium* sp. พบว่าเมล็ดทานตะวันที่ไม่ปลูกเชื้อที่เพาะภายใต้สภาวะแสงสว่างมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด รองลงมาคือแสงสีน้ำเงิน และในที่มืด ส่วนเมล็ดทานตะวันปลูกเชื้อแล้วเพาะภายใต้แสงสีน้ำเงินมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด คือ 12.67 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ปลูกเชื้อและไม่ปลูกเชื้อมีค่าเท่ากับ ตามลำดับ ดังนั้นแสงสีนำเงินมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อ *Fusarium* sp. และมีผลทำให้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการปลูกเชื้อ *Fusarium* sp. มีความงอกมากขึ้น

คำสำคัญ: แสงสี การเจริญของต้นอ่อนพืช *Fusarium* sp.

คำนำ

ต้นอ่อนพืชเป็นผักทางเลือกใหม่ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากสารอาหารภายในเมล็ดที่กำลังงอกจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอาหารที่ร่างกายย่อยได้ง่าย ซึ่งพบว่าในต้นอ่อนทานตะวันมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ และยังมีวิตามินเอและวิตามินอีสูง (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2557) แต่มักพบปัญหาการเกิดเชื้อราในต้นอ่อนพืชระหว่างการเพาะปลูก ก่อให้เกิดเน่าเสียและส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค จึงทำให้มีการกำจัดหรือควบคุมการเจริญของเชื้อราโดยการใช้สารเคมี ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ซึ่งปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาหาวิธีการหรือเทคโนโลยีใหม่ทดแทนการใช้สารเคมี เช่น การรมด้วยแอมโมเนีย การใช้ความดันสูง การใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ รวมทั้งการฉายรังสีหรือการใช้ช่วงคลื่นแสง

การใช้ช่วงคลื่นแสงสีต่าง ๆ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นำมายับยั้งหรือชะลอการเจริญของเชื้อรา ซึ่งแสงที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญของต้นอ่อนพืชและสปอร์ของเชื้อรา โดยสีของแสงมีอิทธิพลต่อการสร้างสปอร์ การพัฒนาเส้นใย และการยับยั้งการงอกของเชื้อรา (Isaac, 1995) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยสีของแสงที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของต้นอ่อนพืช

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540 ประเทศไทย***
[1] Division of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakan 10540, Thailand***

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การศึกษาสีของแสงที่มีผลการชะลอการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. (ดัดแปลงวิธีจาก Velmurugan และคณะ, 2010)

วางชิ้นวุ้นเชื้อรา *Fusarium* sp.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรบนกึ่งกลางจานอาหารเพาะเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) จากนั้นเพาะเลี้ยงเชื้อราภายใต้สภาวะแสงสีที่แตกต่างกัน ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีเหลือง และสีน้ำเงิน โดยให้มืดและสว่างเป็นสภาวะควบคุม บ่มที่อุณหภูมิห้อง ทำการวัดอัตราการเจริญของเส้นใยเชื้อราวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (colony) ทุกวันเป็นเวลา 7 วัน)

2. การศึกษาสีของแสงต่อการเจริญของต้นอ่อนเมล็ดทานตะวันในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp.

นำเมล็ดทานตะวัน แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปลูกสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *Fusarium* sp. ลงในเมล็ด แล้วเพาะลงบนกระดาษเพาะเมล็ดในกล่องพลาสติกใส เป็นเวลา 8 วัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้สภาวะแสงสีน้ำเงิน โดยใช้ความมืดและแสงสว่างเป็นสภาวะควบคุม ทำการหาเปอร์เซ็นต์การงอกโดยตรวจสอบตรวจดูต้นกล้าปกติ ต้นอ่อนที่มียอด รากสมบูรณ์ และต้นกล้าผิดปกติ ต้นที่ไม่สามารถเจริญเป็นต้นปกติได้ แล้วนำค่าที่ได้คำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอกหรือการรอดชีวิต(\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกหรือรอดชีวิต}\times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

ผลและวิจารณ์ผล*

1.การศึกษาสีของแสงที่มีผลการชะลอการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp.

จากการศึกษาสีของแสงที่มีอิทธิพลต่อเชื้อราโดยทำการศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อราภายใต้สภาวะสีของแสงที่แตกต่างกัน (สีแดง สีเขียว สีเหลือง และสีน้ำเงิน) และใช้สภาวะที่มืดและที่สว่างเป็นชุดควบคุม พบว่าสีของแสงมีอิทธิพลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Fusarium* sp. มีแนวโน้มของอัตราการเจริญของเส้นใยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวัน แต่เมื่อเพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีน้ำเงิน เชื้อรามีอัตราการเจริญที่น้อยที่สุด เท่ากับ 37.62 มิลลิเมตร (Figure 1-2) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและแสงสีอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheng และคณะ 2012 กล่าวว่า การเจริญของเส้นใยจะถูกยับยั้งโดยแสงไฟ LED สีน้ำเงิน แสงก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อเชื้อราเช่นกัน เพราะแสงมีอิทธิพลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันของเชื้อรา เช่น การผลิต สารสี การสร้างสปอร์ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ อัตราการเจริญ และการใช้พลังงาน (Fanelli และคณะ, 2012) แสงที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงและระยะเวลาการให้แสง นอกจากนี้ การตอบสนองของแสงต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดด้วย (จวงจันทร์, 2529)

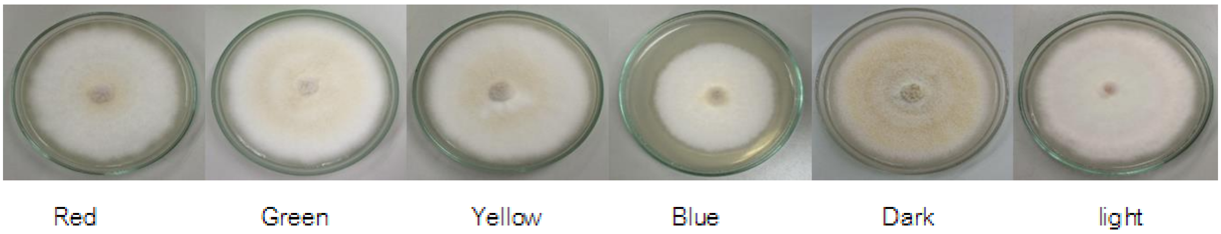


Figure. 1 Morphology of various *Fusarium* sp. in response to different light colures as indicated. The fungi were either grown on PDA medium for 7 days.

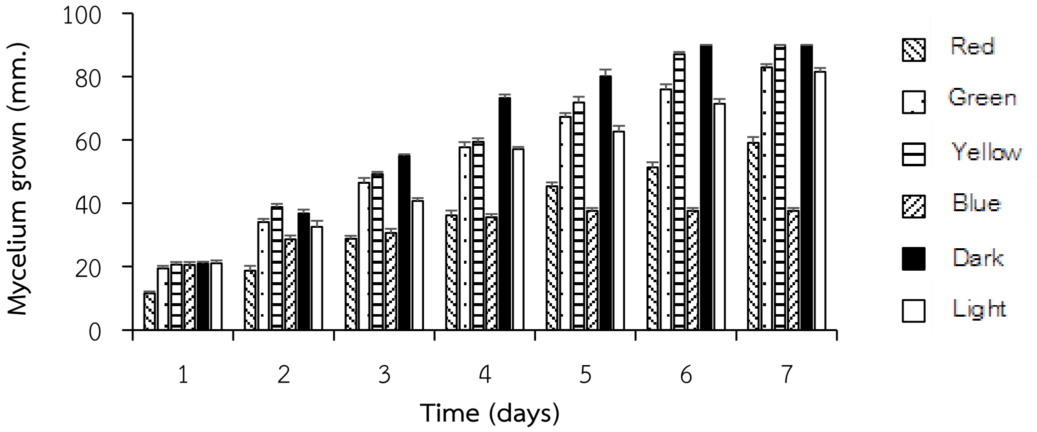


Figure. 2 Mycelium grown (mm.) to different light colures as indicated.

2. การศึกษาสีของแสงต่อการเจริญของต้นอ่อนเมล็ดทานตะวันในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp.

การศึกษาสีของแสงที่มีผลต่อความสามารถในการเจริญของเมล็ดเมล็ดทานตะวัน โดยเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดพันธุ์ที่ใส่เชื้อรา *Fusarium* sp. และไม่ใส่เชื้อรา *Fusarium* sp. โดยเพาะปลูกภายใต้แสงสีน้ำเงิน และใช้ในที่มืดและที่สว่างเป็นชุดควบคุม จากการทดลองพบว่า ในต้นอ่อนทานตะวันที่ไม่ใส่เชื้อมีความสามารถในการเจริญได้ดีที่สุดเมื่อเพาะปลูกในที่สว่าง และต้นอ่อนทานตะวันที่ใส่เชื้อสามารถเจริญได้ดีที่สุดเมื่อเพาะปลูกภายใต้แสงสีน้ำเงิน (60 และ 12.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกโดยมีเงื่อนไขในการใส่เชื้อเข้าไปภายในเมล็ดก่อนเพาะปลูก พบว่า เมื่อเพาะปลูกภายใต้แสงสีน้ำเงินจะมีเปอร์เซ็นต์การงอก และดัชนีการงอกที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบต้นอ่อนที่เพาะปลูกภายใต้สภาวะควบคุม (ในที่มืดและที่สว่าง) (Figure 3)

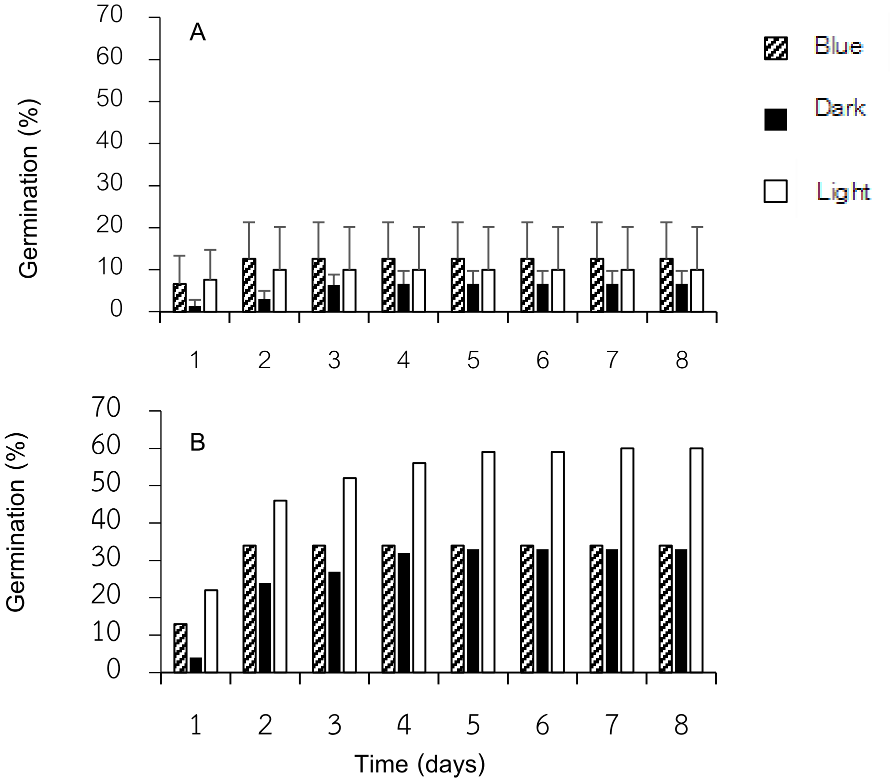


Figure.3 Germination (%) of sun flower seed to different light colures as indicated. A= inoculate *Fusarium* sp., B= non inoculate *Fusarium* sp.

สรุปผล

1. *Fusarium* sp. มีอัตราการเจริญของเส้นใยที่น้อยที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงภายใต้แสงสีน้ำเงิน
2. แสงสีน้ำเงินช่วยเพิ่มความสามารถในการงอกของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เกิดโรคจากเชื้อรา *Fusarium* sp. ได้ เมื่อเปรียบเทียบการเพาะเมล็ดในที่สภาวะควบคุม

คำขอบคุณ

สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, การงอกของเมล็ดพันธุ์, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 52 หน้า.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2557, ต้นอ่อนทานตะวัน แหล่งสารอาหารสุขภาพ, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.thaihealth.or.th/Content/26750-ต้นอ่อนทานตะวัน%20แหล่งสารอาหารสุขภาพ.html (15 มีนาคม 2558).

Cheng, C.W., Chen, C.K., Chang, C.J., and Chen, L.Y., 2012, Effect of colour LEDs on mycelia growth of *Aspergillus ficuum* and phytase production in photo-fermentations, Journal of Photochemistry and Photobiology, 81–86.

Fanelli F., Schmidt H.M., Haidukowski M., Susca A., Geisen R., Logrieco A., and Mule G., 2012, Influence of light on growth, conidiation and fumonisin production by *Fusarium verticillioides*, Fungal Biology 116: 241-248.

Isaac S., 1995, Moulds, mildews and other fungi are often found in shaded and dark situations-is their development influenced by light?, Department of Genetics and Microbiology, Life Sciences Building, University of Liverpool, P.O. Box 147, Liverpool L69 3BX.

Velmurugan P., Lee Y.H., Venil C.K., Lakshmanaperumalsamy P., Chae, J.C., and Oh, B.T., 2010, Effect of light on growth intracellular and extracellular pigment production by five pigment-producing filamentous fungi in synthetic medium, Journal of Bioscience and Bioengineering, 346–350.

ไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* sp. ในต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง
The Chitosan Antifungal Activity of *Aspergillus* sp. in Red Cabbage Sprouts

ชวนพิศ จิระพงษ์[1] ปิยนันท์ น้อยรอด[1] อลิษา สุนทรวัฒน์[1] ปัญจรัตน์ รัตนไพศาลสิน[1] และ สุกัญญา ทิมพิทักษ์[1]
Jirapong, C.[1], Noyrod, P.[1], Soontornwat, A.[1], Rattanapaisansin, P.[1] and Timpitak, S.[1]

Abstract

The fungi are an important problem in seed cultivation. *Aspergillus* sp. was isolated from red cabbage sprouts by tissue transplanting method. This fungus was cultured and tested inhibition on Potato Dextrose Agar (PDA) mixed with chitosan, in the concentration of 0, 100, 200, 300, 400 and 500 ppm. All of chitosan mixed in Potato Dextrose Agar (PDA) was most effective to inhibition *Aspergillus* sp. than control (0 ppm). Therefore, were using chitosan 0, 100 and 200 ppm to germinate red cabbage sprout. After 2 days planting, treatment used chitosan will help increasing the percentage of seed germination, height of sprouts and reduce the percentage of red cabbage. However, the fungus was found after 8 day of planting. In addition, this research not found infected *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* in red cabbage sprouts.
Keywords: chitosan, red cabbage, sprouts, *Aspergillus* sp.

บทคัดย่อ

เชื้อราที่เป็นปัญหาสำคัญในการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง จากการแยกเชื้อรา *Aspergillus* sp. แยกด้วยวิธี tissue transplanting เมื่อทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยไคโตซาน โดยการนำชิ้นรามาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ผสมด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 100, 200, 300, 400 และ 500 ppm พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมไคโตซานทุกความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าชุดควบคุม เมื่อทดสอบผลของไคโตซานต่อการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง โดยผสมไคโตซานที่ความเข้มข้น 0 100 และ 200 ppm พบว่าต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วงที่เพาะเลี้ยงโดยผสมไคโตซานที่ระยะเวลา 2 วัน ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดและความสูงของต้นอ่อน และลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วงได้ดี อย่างไรก็ตามตรวจพบการเจริญของเชื้อราหลังจากวันที่ 8 ในการเพาะเลี้ยงต้นอ่อน และไม่พบเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* ในต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง
คำสำคัญ: ไคโตซาน กะหล่ำปลีม่วง ต้นอ่อน *Aspergillus* sp.

คำนำ*

ผักเป็นแหล่งรวมของสารอาหารที่มีประโยชนและส่งผลดีต่อร่างกายของผู้บริโภค ในปัจจุบันต้นอ่อน (sprouts) กำลังได้รับความนิยมนำมารับประทานเป็นอย่างมาก จึงมีการเพาะปลูกต้นอ่อนกันอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น ต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนผักโขม ต้นอ่อนถั่วลันเตา (โต้วเหมี่ยว) และต้นอ่อนหัวไชเท้า (ไควาเระ) เป็นต้น สำหรับกะหล่ำปลีม่วง (Red Cabbage) มีชื่อวิทยาศาตร์ว่า *Brassica oleraceae* var. rubra เป็นพืชล้มลุก มีลักษณะคล้ายกะหล่ำปลีธรรมดา ต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วงมีลักษณะใบเป็นรูปหัวใจ ด้านบนของใบมีสีเขียวเข้ม ส่วนใต้ใบและลำต้นมีสีม่วงแดง มีวิตามินซีสูง ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน (ไทยรัฐออนไลน์, 2559) อีกทั้งยังมีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมองด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) *Escherichia coli* ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย (Lazze *et al*., 2004)

แต่ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งของต้นอ่อนที่พบคือ ปัญหาทางด้านจุลินทรีย์ที่เกิดจากการปนเปื้อนมาจากเมล็ดหรือน้ำที่ใช้เพาะปลูก ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่จะเป็น *Escherichia coli, Salmonella* spp. ยีสต์ และรา โดยเชื้อดังกล่าวจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภค เนื่องจากรับประทานแบบสดหรือรับประทานโดยไม่ได้ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน ทำให้เสี่ยงต่อโรคอาหารเป็นพิษได้ จากปัญหาด้านจุลินทรีย์จึงได้การนำไคโตซาน (chitosan) มาใช้ในการเพาะปลูกเพราะไคโตซานเป็นสารที่มี

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540 ประเทศไทย**
[1] Division of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakan 10540, Thailand**

คุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิด (Mourya *et al*., 2010) ที่ทำให้เมล็ดพันธุ์พืชเกิดการเน่าเสียและสามารถช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับต้นอ่อนพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และทำการตรวจวิเคราะห์เชื้อ *Escherichai coli, Salmonella* spp. ที่ปนเปื้อนมาจากต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดแยกเชื้อราจากต้นอ่อน

นำตัวอย่างต้นอ่อน ปริมาณ 1 กรัม ใส่ลงถุงพลาสติก เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ตีปั่นด้วยเครื่อง stomacher เป็นเวลา 60 วินาที แล้วนำไป spread plate โดยการปิเปตต์ 0.1 มิลลิลิตร ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC) ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมคนจนผิวหน้าอาหารแห้ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 72 ชั่วโมง และทำการแยกเชื้อให้เป็นเชื้อราบริสุทธิ์โดยวิธี tissue transplanting method

การทดสอบผลของสารไคโตซานต่อการเจริญเชื้อรา

นำสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 100, 200, 300, 400 และ 500 ppm มาละลายด้วยกรดอะซีติกและผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ปริมาตร 120 มิลลิลิตร นำชิ้นรามาวางบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้อง 3 – 4 วัน บันทึกขนาดของเชื้อราที่เจริญ

การศึกษาผลของสารไคโตซานต่อการเจริญของต้นอ่อน

<u>การเตรียมวัสดุปลูกที่ผสมสารไคโตซาน</u>

นำวัสดุปลูกใยสังเคราะห์ใส่ลงในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท เติมสารไคโตซานที่ความเข้มข้น 0, 100 และ 200 ppm ลงไปบนวัสดุปลูกใยสังเคราะห์ ตั้งทิ้งไว้ให้ไคโตซานซึมให้ทั่วสักครู่ นำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์กะหล่ำปลีม่วงมาแช่ด้วยน้ำอุ่น หรือน้ำธรรมดาเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะบนวัสดุปลูกที่ผสมกับสารไคโตซาน ปริมาณของเมล็ดพืชที่ใช้จำนวน 100 เมล็ดต่อ 1 กล่อง วางไว้ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 12 วัน

<u>การศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอก การเจริญของต้นอ่อนและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค</u>

ตรวจดูลักษณะของต้นอ่อนที่เจริญปกติ ใบยอด ลำต้น ราก ลักษณะของต้นอ่อนที่เจริญผิดปกติ เมล็ดที่ไม่เจริญ และความสูงของต้นอ่อน นำข้อมูลที่บันทึกได้มาวิเคราะห์หาค่า ดังนี้

เปอร์เซ็นต์การงอก = (จำนวนเมล็ดที่งอก x 100) / จำนวนเมล็ดที่เพาะ

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค = (จำนวนต้นอ่อนที่เกิดโรค x 100) / จำนวนเมล็ดที่เพาะ

ทำการตรวจหาปริมาณของเชื้อราที่เจริญบนต้นอ่อนโดยการ spread plate นับจำนวนของโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ DRBC และ ตรวจวัดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus* spp.

ผลและวิจารณ์ผล***

การคัดแยกเชื้อราจากต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง

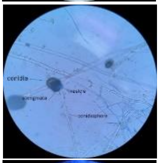
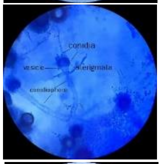
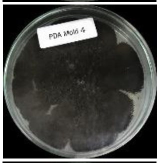
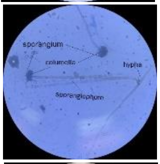
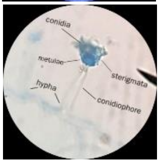
การคัดแยกเชื้อราที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วงพบเชื้อราจำนวนทั้งหมด 6 ไอโซเลท เมื่อเชื้อรามาทำการศึกษาโดยการทำ slide culture เพื่อคัดแยกเชื้อราพบ *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp. และ *Penicillium* sp. (ตารางที่ 1) ซึ่งสปอร์ราอาจจะติดมากับเมล็ดพันธุ์ผัก และวัสดุที่ใช้เพาะเลี้ยง ทำให้เกิดปัญหาการสูญเสียอัตราการงอกของเมล็ด โดยเชื้อราจะไปทำลายผิวภายนอกของเมล็ด (seed coat) เนื้อในเมล็ด และคัพภะของเมล็ด จึงทำให้เมล็ดไม่งอก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณพรัตน์ (2530) ที่ทำการศึกษาอิทธิพลความสุกแก่และการเก็บรักษาต่อความงอกและการทำให้เชื้อรา *Aspergillus fiavus* ของเมล็ดถั่วลิสงทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า เมล็ดถั่วลิสงทั้ง 4 สายพันธุ์ มีการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus fiavus* และพบสารอะฟลาทอกซิน จึงทำให้เกิดการสูญเสียอัตราการงอกของเมล็ด

การทดสอบผลของสารไคโตซานต่อการเจริญเชื้อรา

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมสารละลายไคโตซานตั้งแต่ความเข้มข้น 100 ppm ขึ้นไป มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ไม่แสดงข้อมูล) เนื่องจากไคโตซานเข้าไปสัมผัสปลายยอดของเชื้อราที่กำลังเจริญเติบโตและฝังตัวเข้าไปในผนังเซลล์ จากนั้นไคโตซานจะเหนี่ยวนำให้ปลายยอดเชื้อราที่กำลังเจริญเติบโตสร้างเอนไซม์ไคตินดีอะเซทิลเลส ซึ่งจะ

เปลี่ยนโครงสร้างไคตินของปลายยอดเชื้อราให้กลายเป็นไคโตซาน** ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ยากและตายในที่สุด (Prapagdee และคณะ, 2007)

Table 1 Fungi isolatd from spoiled red cabbage sprouts

Fungi in PDA	**In 40X**	
		- ลักษณะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โคโลนีของเชื้อจะเป็นสีเขียวเทา คล้ายฝุ่น - ลักษณะใต้กล้องจุลทรรศน์ มี conidia, sterigmata, vesicle และ hyphae แบบไม่มีผนังกั้น
		- ลักษณะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โคโลนีของเชื้อจะเป็นสีเขียว - ลักษณะใต้กล้องจุลทรรศน์ มี conidia, sterigmata, vesicle และ hyphae แบบไม่มีผนังกั้น
		- ลักษณะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โคโลนีของเชื้อจะเป็นสีเขียวเทา คล้ายฝุ่นดิน - ลักษณะใต้กล้องจุลทรรศน์ มี conidia, sterigmata, vesicle และ hyphae แบบไม่มีผนังกั้น
		- ลักษณะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โคโลนีของเชื้อจะเป็นเส้นใยสีดำ - ลักษณะใต้กล้องจุลทรรศน์ มี conidia, sterigmata, vesicle และ hyphae แบบไม่มีผนังกั้น
		- ลักษณะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเส้นใยสีขาว - ลักษณะใต้กล้องจุลทรรศน์มี sporangium, columella sporangiophore และhyphae แบบไม่มีผนังกั้น
		- ลักษณะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โคโลนีของเชื้อจะเป็นสีสีขาว ผิวเรียบ - ลักษณะใต้กล้องจุลทรรศน์ มี conidia, sterigmata, metulae และ conidiophore

การศึกษาผลของสารไคโตซานต่อการเจริญของต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง

การเพาะเลี้ยงต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วงในวัสดุเพาะเลี้ยงผสมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 ppm และ 200 ppm ที่อุณหภูมิ 30 – 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดและความสูงของต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วงสูงกว่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Figure 1a and 1b) เนื่องมาจากสารละลายไคโตซานมีประโยชน์ในการชักนำให้กระบวนการ photochemicals ในพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้นและไคโตซานสามารถชักนำให้พืชสร้างสารประกอบฟีนอลิค ส่งผลให้เมล็ดงอกมากขึ้นและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และในส่วนของเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของต้นอ่อนกะหล่ำม่วง พบว่า วัสดุเพาะเลี้ยงที่ผสมสารละลายไคโตซานช่วยชะลอการเกิดโรคของต้นอ่อนได้นานถึง 6 วันของการเพาะเลี้ยง (Figure 1c)

Table 2 Chitosan antifungal activity of *Aspergillus* sp. in red cabbage sprouts (CFU/g)

	Chitosan concentration (ppm)		
Days	0	100	200
0	1.88×10^5	-	-
2	5.03×10^5	4.33×10^5	3.90×10^5
4	4.72×10^5	3.76×10^5	3.68×10^5
6	5.57×10^5	5.13×10^5	4.55×10^5
8	TNTC	TNTC	TNTC
10	TNTC	TNTC	TNTC
12	TNTC	TNTC	TNTC

TNTC = Too Numerous To Count

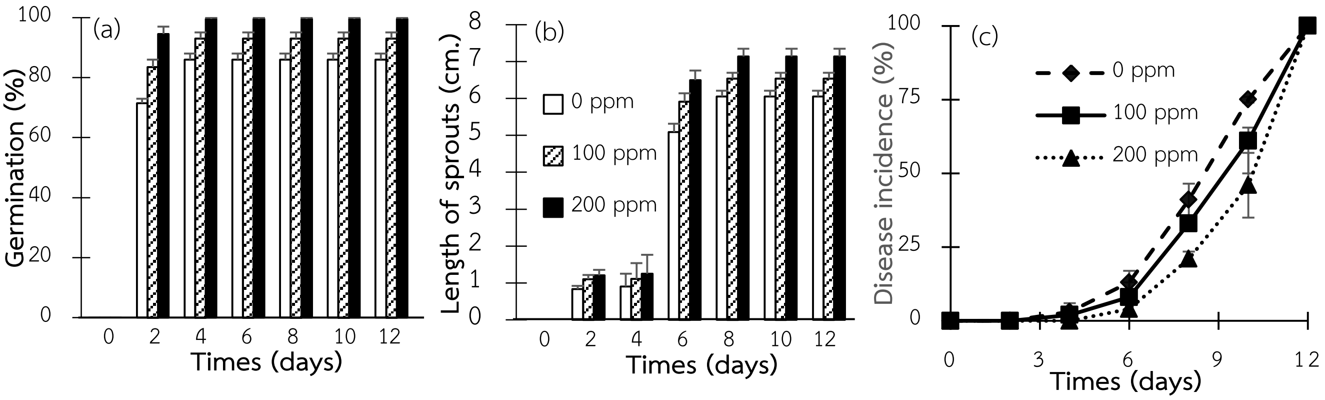


Figure 1 Percentage of germination (a), length (b) and disease incidence of red cabbage sprouts

จากการศึกษาปริมานเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในระหว่างการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนกะหล่ำปลีม่วง พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่ 100 และ 200 ppm มีประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดี (Table 2) นอกจากนี้ในไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* อาจมีสาเหตุมาจากการใช้น้ำที่ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์และทำการเพาะปลูกในวัสดุที่ปิดสนิท เนื่องจากสารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.1% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* ได้ โดยไคโตซานเป็นโมเลกุลซึ่งมีประจุบวกสามารถเกิดปฏิกิริยากับ cell membrane ของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบ จึงเกิดการรั่วไหลของโปรตีนและสารอื่นภายในเซลล์ ทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ (Rejane *et al*., 2001)

สรุปผล

เชื้อรา *Aspergillus* sp. เป็นที่เป็นปัญหาสำคัญในการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนกะหล่ำม่วง การใช้สารละลายความเข้มข้นของไคโตซานผสมลงในวัสดุปลูกตั้งแต่ 100 ppm มีประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราได้และไม่พบการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* อีกทั้งมีประสิทธิภาพในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดและความสูงของต้นอ่อนกะหล่ำม่วง ทำให้ต้นอ่อนแข็งแรงและช่วยลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในต้นอ่อนได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่สนับสนุนอาหารเลี้ยงเชื้อ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ไทยรัฐออนไลน์, 2559, 'กะหล่ำปลีม่วง' สีสันจัดจ้าน คุณค่าจัดเต็ม, [สืบค้น] https://www.thairath.co.th/content/701750 (1 กันยายน 2559)

ณพรัตน์ คูโพธิพันธ์, 2530, อิทธิพลของความสุกแก่และการเก็บรักษาต่อความงอกและการให้เกิดเชื้อรา *Aspergillus flavus* ของเมล็ดถั่วลิสง 4 พันธุ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Lazze, M.C., Savio, M., Pizzala, R., Cazzalini, O., Perucca, P., Scovassi, A.I., Stivala, L.A., and Bianchi, L., 2004, Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human celllines, Carcinogenesis, 25: 1427-1433.

Mourya, V.K., Inamdara, N.N. and Tiwarib, A., 2010, Carboxymethyl chitosan and its applications, Advanced Materials Letters, 1(1): 11-33.

Prapagdee, B., Kotchadat, K., Kumsopa, A. and Visarathanonth, N., 2007, The role of chitosan in protection of soybean from sudden death syndrome caused by *Fusarium solani* f. sp. Glycines, Bioresource Technology, 98(7): 1353-1358.

Rejane, C. Goy, Douglas de Britto, and Odilio B.G. Assis, 2009, A review of the antimicrobial activity of chitosan, Polymers, 19: 241-247.

จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบการปลูกกาแฟอาราบิก้าแบบวนเกษตร
Beneficial Microorganisms in Arabica Coffee Cultivated under Agroforestry System

กนกอร อัมพรายน์[1] รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์[1] อนันต์ พิริยะภัทรกิจ[1] วชิระพร สุภาวงศ์[1] ภัทรวดี เก่งกว่าสิงห์[1] ศศิพิมล อ่องสา[2]
และ นุชจรินทร์ จันทร์แจ่ม[3]
Amprayn, K.[1], Tangkoonboribun, R.[1], Piriyaphattarakit, A.[1], Supawong, V.[1], Kengkwasingh, P.[1], Ongsa, S.[2] and Junjam, N.[3]

Abstract

Fifty-eight isolates of beneficial microorganisms isolated from the cultivation soil of Arabica coffee (*Coffea arabica*) grown under an agroforestry system were screened for their multiple plant-growth promoting (PGP) traits. The best four isolates represented greatest activity of each PGP trait were selected to further study with 4 varieties of Arabica coffee (Catimor, Bourbon, hybrid H459/16, and hybrid H528/46). Testing results revealed that 12 out of 58 isolates performed multiple PGP traits. Four isolates, NFM-3, PSM-6, PSM-15 and KSM-9, were chosen for bioassay with 1-month coffee plantlets. After 6-weeks of soil inoculation, PSM-15 increased the shoots' height of Bourbon plantlets and NFM-3 enhanced the fresh weight of H528/46 plantlets, while KSM-9 enlarged diameter and raised the fresh weight of roots of H528/46 plantlets. From bacterial identification, 11 isolates were classified as *Burkholderia* and the other one was *Arthrobacter*. The 4 selected isolates were classified as *B. denitrificans* NFM-3, *B. arboris* PSM-6, *A. woluwensis* PSM-15 and *B. anthina* KSM-9.

Keywords: beneficial microorganisms, PGP bacteria, arabica coffee

บทคัดย่อ

นำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่แยกได้จากดินเพาะปลูกกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกแบบวนเกษตรจำนวน 58 ไอโซเลท มาทำการคัดเลือกเพื่อหาจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่หลากหลาย (Multiple PGP) และคัดเลือกจุลินทรีย์เด่นมาศึกษาลักษณะการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้า 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Catimor, Bourbon, ลูกผสม H459/16, และ H528/46 พบจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติ Multiple PGP จำนวน 12 ไอโซเลท และคัดเลือก 4 ไอโซเลท ได้แก่ NFM-3, PSM-6, PSM-15 และ KSM-9 ไปศึกษาอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้าอายุ 1 เดือน พบว่าหลังการปลูกเชื้อทางดิน 6 สัปดาห์ กาแฟพันธุ์ Bourbon มีความสูงเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการปลูกเชื้อ PSM-15 และกาแฟลูกผสมพันธุ์ H528/46 ที่ได้รับการปลูกเชื้อ NFM-3 มีน้ำหนักสดรากเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่ากาแฟพันธุ์ H528/46 มีขนาดรากใหญ่และมีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกเชื้อ KSM-9 ซึ่งเมื่อจัดจำแนกจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติ Multiple PGP ทั้งหมด พบว่า 11 ไอโซเลท อยู่ในสกุล *Burkholderia* มีเพียง 1 ไอโซเลท อยู่ในสกุล *Arthrobacter* และจุลินทรีย์ 4 ไอโซเลท ที่นำไปทดสอบคือ *B. denitrificans* NFM-3, *B. arboris* PSM-6, *A. woluwensis* PSM-15 และ *B. anthina* KSM-9

คำสำคัญ: จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ทางการเกษตร แบคทีเรียพีจีพี กาแฟอาราบิก้า

คำนำ**

กาแฟจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะกาแฟอาราบิก้าที่มีพื้นที่ปลูกหลักอยู่ในภาคเหนือที่มีแนวโน้มความต้องการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์และธุรกิจกาแฟชงสดที่เติบโตขึ้น แต่ปริมาณผลผลิตกาแฟอาราบิก้าที่ผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ ข้อเสียของการผลิตกาแฟอาราบิก้าของไทยคือ มีผลผลิตต่อไร่ต่ำมาก แต่ต้นทุนการผลิตสูง (ฟูอาดี้, 2559) การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้นจึงจำเป็นต้องเร่งกระทำ

[1] ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[1] Expert Center of Innovative Agriculture, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong Ha, Khlong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand
[2] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กทม. 10520
[2] Biology Department, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 1 Chalongkrung1, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
[3] สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กทม. 10900
[3] School of Environmental Science, Faculty of Environment, Kasetsart University, 50 Phahonyothin Rd., Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

ปัจจุบันระบบการเพาะปลูกกาแฟอาราบิก้ามีการปลูกภายใต้ร่มเงาไม้ยืนต้นหรือปลูกในสภาพป่าธรรมชาติ ต้นกาแฟอาราบิก้าเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารสูง แต่ในพื้นที่สูงประสบปัญหาดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำซึ่งจะส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดกาแฟ เกษตรกรจึงจำเป็นต้องมีการให้ปุ๋ยและบำรุงดิน แต่การใช้ปุ๋ยเคมีอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยชีวภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

จุลินทรีย์ดินและจุลินทรีย์บริเวณรากพืชหลายชนิดสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชได้ เช่น *Azospirillum, Burkholderia* หรือ *Bacillus* เรียกจุลินทรีย์เหล่านี้ว่า จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth-Promoting Microorganisms: PGPMs) กลไกในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชมี 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) ทางตรงด้วยการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช ตรึงไนโตรเจน ละลายธาตุอาหาร เช่น ฟอสเฟต โพแทสเซียม ในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เป็นต้น และ 2) ทางอ้อม ด้วยการลดหรือการป้องกันอันตรายจากจุลินทรีย์ก่อโรคพืชด้วยการผลิตสารปฏิชีวนะ หรือผลิต Siderophores เพื่อแย่งจับธาตุเหล็กมาใช้

ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์ที่แยกได้จากดินใต้ทรงพุ่มกาแฟที่มีคุณสมบัติส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชกับกาแฟอาราบิก้าอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการกระตุ้นการเจริญเติบโต เสริมสร้างความแข็งแรง และเพิ่มผลผลิตของกาแฟได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกจุลินทรีย์ท้องถิ่นที่มีประโยชน์ กล่าวคือมีคุณสมบัติการในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่หลากหลาย (Multiple PGP traits) มาศึกษาลักษณะการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์ย่อยต่างๆ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประกอบการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตกาแฟอาราบิก้าในระบบการเพาะปลูกแบบวนเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่แยกได้จากดินใต้ทรงพุ่มกาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงาไม้ใหญ่ในพื้นที่ บ.ขุนลาว ต.แม่เจดีย์ใหม่ อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย จำนวน 58 ไอโซเลท มาทดสอบคุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ การผลิต IAA ตามวิธีปรับปรุงที่ระบุใน Amprayn และคณะ (2012) การย่อยอินทรีย์ฟอสเฟตบนอาหารสูตร Phytase selective medium การละลายอนินทรีย์ฟอสเฟตบนอาหารสูตร Pikovskaya's medium และการละลายโพแทสเซียมบนอาหารสูตร Aleksandrov medium จากนั้นคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติ multiple PGP ที่มีคุณสมบัติเด่นไปทดสอบการส่งเสริมการเจริญเติบของกาแฟอาราบิก้า 4 สายพันธุ์ย่อย ได้แก่ 1) กาแฟอาราบิก้าพันธุ์ผสม H459/16 2) กาแฟอาราบิก้าพันธุ์ผสม H528/46 3) *Coffea arabica* L. cv. Catimor และ 4) *C. arabica* var. Bourbon รวมทั้งนำจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติ multiple PGP ทั้งหมดไปจัดจำแนกชนิดด้วยการเปรียบเทียบลำดับเบสยีน 16S rDNA และวิเคราะห์ความสัมพันธ์จาก Phylogenetic tree ที่สร้างโดยวิธี Neighbor-joining ด้วยโปรแกรม MEGA7

ผลและวิจารณ์ผล**

จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่แยกจากดินปลูกกาแฟอาราบิก้าจำนวน 58 ไอโซเลท มีเพียง 12 ไอโซเลท ที่มีคุณสมบัติ multiple PGP และเมื่อนำไปจัดจำแนกพบว่า พบว่า 11 ไอโซเลท อยู่ในสกุล *Burkholderia* มีเพียง 1 ไอโซเลท อยู่ในสกุล *Arthobacter* รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

คัดเลือก 4 ไอโซเลท ตามคุณสมบัติเด่นในด้านต่างๆ ได้แก่ NFM-3 ที่มีการละลายโพแทสเซียมดีที่สุด PSM-6 ย่อยอินทรีย์ฟอสเฟตได้ดีที่สุด PSM-15 ผลิต IAA ในระดับที่พอเหมาะคืออยู่ระหว่าง 5-50 $\mu g\ mL^{-1}$ (Mohite, 2013) และเป็นแกรมบวก และ KSM-9 ละลายอนินทรีย์ฟอสเฟตได้ดีที่สุด (ตารางที่ 1) เพื่อนำไปทดสอบกับต้นกล้ากาแฟ

เมื่อทำการปลูกเชื้อจุลินทรีย์ประมาณ 10^7 cfu mL^{-1} ลงในดินปลูกต้นกล้ากาแฟอาราบิก้าอายุประมาณ 1 เดือน อัตรา 5% ต่อน้ำหนักดิน จำนวน 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 เดือน พบว่า กาแฟพันธุ์ Bourbon มีความสูงเพิ่มขึ้นและต้นใหญ่ขึ้นเมื่อได้รับการปลูกเชื้อ PSM-15 (รูปที่ 1 และ 3) และกาแฟลูกผสมพันธุ์ H528/46 ที่ได้รับการปลูกเชื้อมีการเจริญทางรากที่ดีขึ้น กล่าวคือ มีขนาดรากเฉลี่ยใหญ่และมีน้ำหนักสดรากเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกเชื้อ KSM-9 และ NFM-3 (รูปที่ 1 และ 2)

จากการจัดจำแนกจุลินทรีย์พบว่า 4 ไอโซเลท ที่นำมาทำการศึกษาลักษณะการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกาแฟ ได้แก่ *B. denitrificans* NFM-3, *B. arboris* PSM-6, *A. woluwensis* PSM-15 และ *B. anthina* KSM-9 ซึ่งจากผลการทดสอบจะเห็นว่า *A. woluwensis* PSM-15 ส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินของกาแฟพันธุ์ Bourbon ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Kwon และ Song (2014) ที่พบว่าการปลูกเชื้อ *A. woluwensis* ED ให้กับเมล็ดมะเขือเทศก่อนนำไปปลูกสามารถเพิ่มความสูงต้น

ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศได้อย่างน้อย 35% ภายใน 1 เดือน นอกจากนั้นจะเห็นว่า *B. anthina* KSM-9 และ *B. denitrificans* NFM-3 ส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนใต้ดินของกาแฟลูกผสม H528/46 ซึ่งสอดคล้องกับบทความของ Compant และคณะ (2018) ที่ระบุว่าแบคทีเรียในสกุล *Burkholderia* บางชนิดสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้โดยตรง เช่น การปลูกเชื้อ *Burkholderia* spp. ทำให้ข้าวโพดและข้าวฟ่างมีชีวมวลของต้นและรากเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นมีรายงานว่าพบ *Burkholderia* ที่ตรึงไนโตรเจนได้ในดินรอบรากกาแฟและข้าวโพดอีกด้วย

Table 1 Multiple PGP trait values of twelve selected isolates of beneficial microorganisms and their identification.

No.	Isolation Code	IAA production ($\mu g\ mL^{-1}$)	Solubilization Index			Gram	Identification
			Organic P	Inorganic P	K		
1	NFM-3*	12.40±0.87	0.96±0.09	0.25±0.06	4.41±0.10	Negative	*Burkholderia denitrificans*
2	PSM-1	65.74±1.88	0.28±0.07	0.27±0.07	0.93±0.09	Negative	*Burkholderia phenoliruptrix*
3	PSM-2	22.90±1.32	1.89±0.29	0.72±0.11	2.28±0.18	Negative	*Burkholderia* sp.
4	PSM-6*	31.73±2.75	2.09±0.16	0.44±0.10	2.51±0.38	Negative	*Burkholderia arboris*
5	PSM-15*	29.77±2.52	0.19±0.04	0.25±0.12	0.37±0.05	Positive	*Arthrobacter woluwensis*
6	KSM-3	22.40±1.80	1.52±0.19	0.87±0.09	1.95±0.36	Negative	*Burkholderia* sp.
7	KSM-4	13.23±1.26	1.87±0.17	0.86±0.14	2.36±0.15	Negative	*Burkholderia arboris*
8	KSM-5	99.07±2.02	1.32±0.12	0.40±0.14	1.61±0.23	Negative	*Burkholderia stagnalis*
9	KSM-9*	17.70±1.14	1.98±0.07	1.09±0.19	2.65±0.38	Negative	*Burkholderia anthina*
10	KSM-12	29.36±18.98	1.60±0.19	0.46±0.09	2.26±0.21	Negative	*Burkholderia* sp.
11	KSM-22	81.43±7.57	1.34±0.16	0.78±0.10	1.68±0.14	Negative	*Burkholderia kururiensis*
12	KSM-23	43.90±1.61	1.61±0.07	0.93±0.08	1.64±0.36	Negative	*Burkholderia kururiensis*

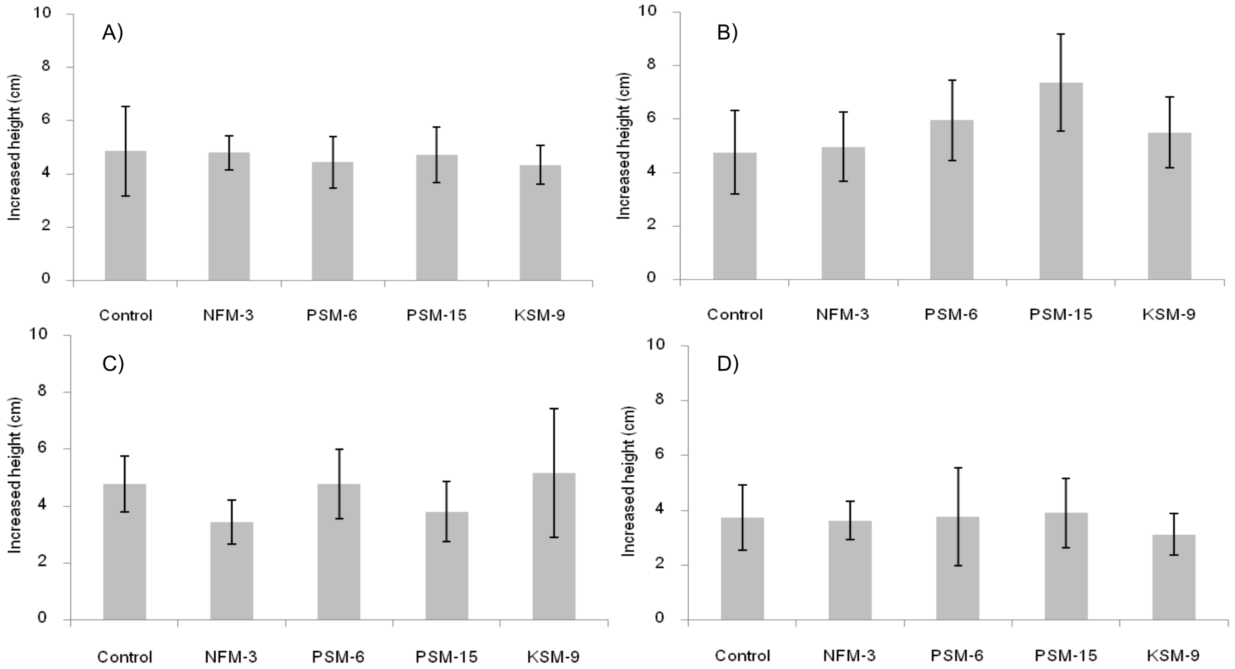


Figure 1 Height improvement of Arabica coffee plantlets var. Catimor (A), Bourbon (B), H459/16 (C), and H528/46 (D) after 6 weeks of bacterial inoculation.

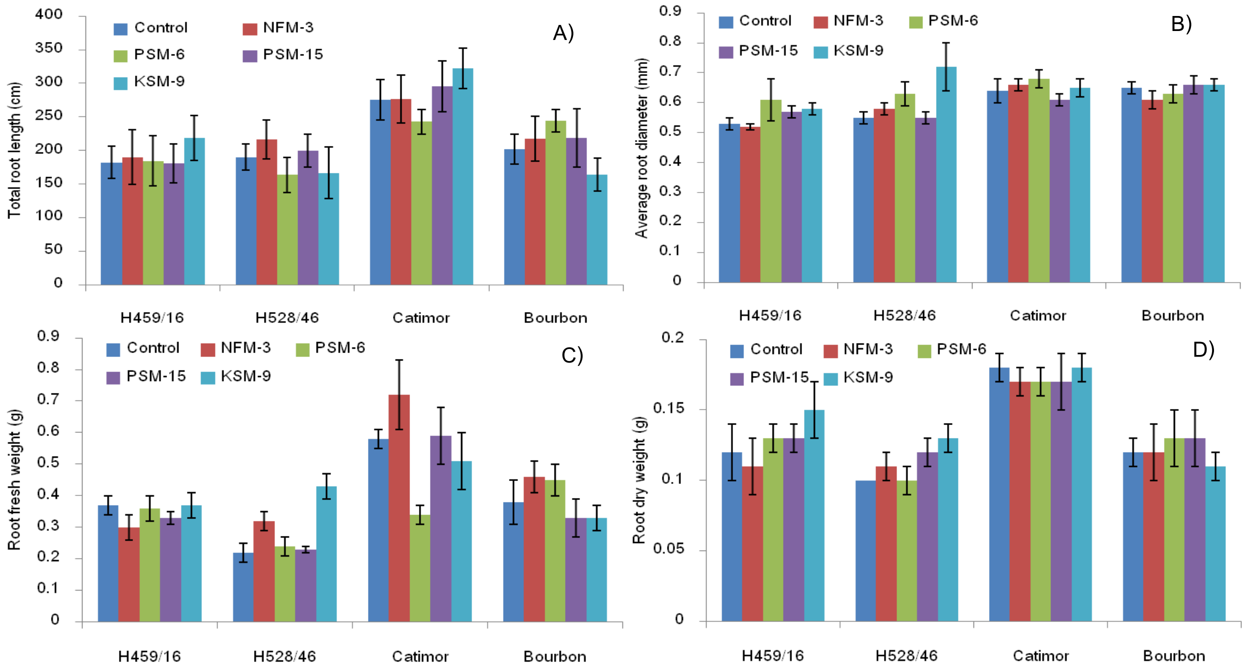


Figure 2 Measurement of root growth parameters of Arabica coffee plantlets after 6 weeks of bacterial inoculation: Total length (A), average diameter (B), fresh weight (C), and dry weight (D).

Figure 3 Compared height between uninoculated and inoculated Arabica coffee var. Bourbon plantlets after 6 weeks of inoculation.

สรุปผล

จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่มีคุณสมบัติแบบ multiple PGP ที่ทำการทดสอบมีผลต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้าแต่ละสายพันธุ์ย่อยแตกต่างกัน โดย *B. dentrificans* NFM-3 และ *B. anthina* KSM-9 กระตุ้นการเจริญทางรากของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์ H528/46 และ *A. woluwensis* PSM-15 ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางต้นของพันธุ์ Bourbon ขณะที่ *B. arboris* PSM-6 ไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญของกาแฟทั้ง 4 สายพันธุ์ย่อย ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้าโดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละสายพันธุ์ย่อยของกาแฟ

เอกสารอ้างอิง

ฟูอาดี้ พิศสุวรรณ, เส้นทางกาแฟไทยสู่ตลาดกาแฟสากล: มุมมองจากสองผู้เชี่ยวชาญด้านกาแฟระดับโลก [สืบค้น], https://thaipublica.org/2016/02/fuadi-4/ [24/ July/ 17]

Amprayn, K-o., Rose, M.T., Kecskés, M., Pereg, L., Nguyen, H.T. and Kennedy, I.R., 2012, Plant growth promoting characteristics of soil yeast (*Candida tropicalis* HY) and its effectiveness for promoting rice growth. Applied Soil Ecology, 61:295-299

Compant, C., Nowak, J., Coenye, T., Clément, C. and Barka, E.A., 2008, Diversity and occurrence of *Burkhloderia* spp. in the natural environment, FEMS Microbiology Reviews, 34(4):607-626.

Kwon, S-T. and Song, H-G., 2014, Growth promotion of tomato by application of immobilized on *Arthrobacter woluwensis* ED in alginate beads, Korean Journal of Microbiology, 50(1):40-45.

การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นพรีไบโอติกในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต
Use of Mucilage of Hairy Basil Powder as Prebiotics in Yoghurt Ice Cream Production

ปิยนุสร์ น้อยด้วง[1] อารีรัตน์ อิฏฐกรพันธ์[1] และ วศินี มฤคทัต[1]
Noiduang, P.[1], Ittakornpan, A.[1] and Marukatat, V.[1]

Abstract

The objective of this study was to produce yoghurt using mucilage extracted from hairy basil (0.025, 0.05, 0.075 and 0.1%, w/w) as a prebiotic. The optimal conditions for the yoghurt production were 0.075% mucilage powder, incubated at 45°C for 2 hours. Then, production of yoghurt ice cream with different yoghurt contents was conducted. Results showed that Ice cream with yoghurt content at 40% (w/w) had highest overrun (8.77%), slowest melting and got the highest score of overall acceptance. When comparing yoghurt ice cream using the mucilage and control formula, it was found that yoghurt ice cream using the mucilage had higher %overrun and slower melting. The sensory evaluation, ice cream using the mucilage gave higher score of sensory evaluation in terms of sour taste, texture, melting in mouth and overall acceptability than control. Results indicated that fiber content of ice cream using the mucilage (1.52%) is higher than that of control formula (0.42%).

Keywords: yoghurt ice cream, hairy basil, prebiotic

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตโยเกิร์ต โดยใช้ผงเมือกเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 โดยน้ำหนัก) เป็นพรีไบโอติก ผลพบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ การใช้ผงเมือกเมล็ดแมงลัก ร้อยละ 0.075 เป็นพรีไบโอติก บ่มที่ 45°C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตที่แปรปริมาณของโยเกิร์ตที่ใช้ พบว่าไอศกรีมที่ใช้โยเกิร์ต ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก มีค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงสุด (ร้อยละ 8.77) ละลายช้าที่สุด และได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน เมื่อเปรียบเทียบไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักกับสูตรควบคุม พบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ใช้ผงเมือกมีร้อยละการขึ้นฟูสูงกว่า และละลายช้ากว่า เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ใช้ผงเมือกจากแมงลัก ได้คะแนนความชอบในด้านรสเปรี้ยว เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม มากกว่าสูตรควบคุม และพบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ 1.52) มีปริมาณเส้นใยสูงกว่าสูตรควบคุม (ร้อยละ 0.42)

คำสำคัญ: ไอศกรีมโยเกิร์ต ผงเมือกจากแมงลัก พรีไบโอติก

คำนำ

เมล็ดแมงลัก (*Ocimum canum* Sims) มีส่วนที่เป็นสารเมือก (mucilage) ซึ่งสามารถพองตัวในน้ำได้ถึง 45 เท่า เมล็ดแมงลักที่พองน้ำแล้วสามารถใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก และสามารถใช้เป็นยาระบายชนิด bulk forming laxatives ในคนไข้หลังผ่าตัดหรือคนสูงอายุ นอกจากนี้ยังใช้ทดแทนเมล็ดซิเลียม (Psyllium seed) เพื่อผลิตเป็นยาระบายสำเร็จรูป (ณรงค์ และคณะ, 2524) สมบัติดังกล่าวเกิดจากสารเมือกที่อยู่ในเมล็ดแมงลัก ที่จัดอยู่ในกลุ่มใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ เช่นเดียวกับกัม (gum) โดยเฉพาะกัมที่มาจากเมล็ด เช่น กัวร์กัม เป็นต้น (ศศิธร และปราณี, 2545b) ซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและทำให้อิมัลชันคงตัวได้ดี และได้มีการใช้สารเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอม (ปิยนุสร์ และวชิรพันธ์, 2548) ในปัจจุบันมีผู้บริโภคที่ตระหนักถึงความความสำคัญของสุขภาพมากขึ้น ซึ่งโยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีประโยชน์ และนิยมบริโภค เนื่องจากมีจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก (probiotics) ที่มีประโยชน์ช่วยรักษาสมดุลของจุลชีพที่มีอยู่ในร่างกาย ทำให้สภาพทางเดินอาหารทำงานได้ตามปกติ นอกจากนี้ยังช่วยลดการติดเชื้อในทางเดินอาหาร ดังนั้นการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก จึงขึ้นอยู่กับอาหารที่รับประทานเข้าไป โดยอาหารที่สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก เรียกว่า พรีไบโอติก (prebiotics) มีคุณสมบัติ คือ ไม่ถูกย่อยด้วยกรดในกระเพาะอาหารและเอนไซม์ในลำไส้เล็ก และสามารถเคลื่อนไปยังลำไส้ใหญ่ในสภาพที่สมบูรณ์ ทั้งนี้การรับประทานอาหารกลุ่มพรีไบโอติกจะช่วยกระตุ้น ส่งเสริมการเจริญและเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก แต่จะไม่ส่งเสริมของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (สุพจน์, 2552) ซึ่งพรีไบโอติก เป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่มีโมโนแซคคาไรด์ตั้งแต่ 3 หน่วยขึ้นไป ได้แก่ โอลิโกแซคคาไรด์ และอินูลิน เป็นต้น ซึ่ง Gustaw และคณะ (2011) ศึกษาการใช้ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ และอินูลินเป็นพรีไบโอติกในการผลิตโยเกิร์ตจาก

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

Bifidobacterium sp. และ *Lactobacillus acidophilus* ซึ่งมีผลทำให้มีความหนืดมากขึ้น และลดปัญหาการแยกชั้นลง และเมื่อนำมาใช้ในการผลิตไอศกรีม พบว่าโอลิโกฟรุกโตสและอินูลินสามารถเพิ่มความหนืดและร้อยละการขึ้นฟูมากขึ้น ไอศกรีมละลายช้าลง และยังมีแลคติกแบคทีเรียเหลือรอดหลังจากแช่แข็ง (Akalin และ Erisir, 2008) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีสนใจที่จะนำผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของกรดยูโรนิคที่มีสมบัติเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ มาใช้เป็นพรีไบโอติกในการผลิตโยเกิร์ต และช่วยพัฒนาคุณลักษณะกายภาพที่ดีของโยเกิร์ต และนำโยเกิร์ตที่ผลิตได้มาใช้ในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นพรีไบโอติกในการผลิตโยเกิร์ต เริ่มจากเตรียมผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก ดัดแปลงจากวิธีของศศิธร และปราณี (2545a) และทำการผลิตโยเกิร์ตโดยใช้ปริมาณของหัวเชื้อโยเกิร์ตจากโยเกิร์ตทางการค้า ยี่ห้อโยลิดา ที่ผลิตจากเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ร้อยละ 20 เป็นสูตรควบคุม และแปรปริมาณผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.025, 0.050, 0.075 และ 0.1 ตามลำดับ และบ่มที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพโดยวัดค่าพีเอช, ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix) วัดทุกๆ 1 ชั่วโมง และคัดเลือกสูตรที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากระยะเวลาในการหมัก และคุณภาพทางเคมี-กายภาพที่ดี เพื่อนำไปใช้ในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต

ศึกษาการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต โดยดัดแปลงสูตรจากวรรณพร (2547) โดยชั่งส่วนผสมตามสูตร ประกอบด้วยวิปปิ้งครีม ร้อยละ 17.05 น้ำตาลทราย ร้อยละ 13.40 หางนมผง ร้อยละ 1.71 สารให้ความคงตัว (กัวร์กัมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส อัตราส่วน 1:1) ร้อยละ 4.44 และแปรปริมาณของโยเกิร์ตที่ใช้เป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20, 30 และ 40 ตามลำดับ และปรับส่วนผสมให้ครบร้อยละ 100 ด้วยน้ำ จากนั้นทำการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต โดยผสมส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ ที่ความเร็ว 11,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นลง แล้วนำไปบ่มที่ 4°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำส่วนผสมมาเติมโยเกิร์ตที่ผ่านการบ่ม 45°C นำส่วนผสมไอศกรีมที่เตรียมได้ส่วนหนึ่งมาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer (รุ่น LVT, USA) จากนั้นนำไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม (ผลิตโดย ม.สยาม) นาน 20 นาที เก็บไว้ในตู้แช่แข็ง (-18°C) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไอศกรีมโยเกิร์ตที่ผลิตได้มาทดสอบทางด้านเคมี-กายภาพ (ความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าร้อยละการขึ้นฟู (%overrun) และอัตราการละลาย) และทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี preference test (9-point hedonic scale) จำนวน 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ One-way analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไอศกรีมที่คุณภาพดีและได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีตามวิธีของ AOAC (2000) และตรวจสอบจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรควบคุม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ one sample t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นพรีไบโอติกในการผลิตโยเกิร์ต โดยใช้หัวเชื้อจากโยเกิร์ตทางการค้า ร้อยละ 20 โดยแปรปริมาณผงเมือก เป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับโยเกิร์ตสูตรควบคุม พบว่าเมื่อปริมาณผงเมือกและระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดมีค่าเพิ่มขึ้น (Figure 1) และมีค่า pH ลดลง จะเห็นว่าเมื่อปริมาณผงเมือกเพิ่มมากขึ้น จุลินทรีย์จะมีการเจริญได้ดีขึ้น และมีการสร้างกรดได้เร็วขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการหมักลดลง โดยร้อยละ 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 ใช้เวลาในการหมัก เท่ากับ 4, 3, 2 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีปริมาณกรดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งผงเมือกจากเมล็ดแมงลักสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกได้ (Wongputtisin และ Khanongnuch, 2015) สอดคล้องกับงานวิจัยของสุพจน์ (2552) ที่ใช้สารสกัดจากเปลือกลูกตาลเป็นพรีไบโอติก พบว่าส่งเสริมการเจริญของ *L. plantarum* ได้ใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับน้ำตาลกลูโคส แต่ไม่ส่งเสริมการเจริญของ *L. acidophilus* และจากผลการทดลองพบว่าความหนืดสุดท้ายของโยเกิร์ตเพิ่มขึ้น (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก มีคุณสมบัติเป็นสารให้ความคงตัว และช่วยรักษาให้ลักษณะเฉพาะตัวของโยเกิร์ตให้คงอยู่หรือเพิ่มขึ้น เช่น ลักษณะของเนื้อสัมผัส ความหนืด ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเจล และช่วยลดปัญหาการแยกชั้นของหางนม เป็นต้น (Gustaw และคณะ, 2011) ซึ่งภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต คือ ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก ร้อยละ 0.075 บ่มที่ 45°C นาน 2 ชั่วโมง (Noiduang และคณะ, 2013)

จากนั้นใช้ภาวะดังกล่าวในการผลิตโยเกิร์ตเพื่อใช้ในการผลิตไอศกรีม โดยแปรปริมาณของโยเกิร์ตที่ใช้เป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก นำไอศกรีมทั้ง 3 สูตร มาทดสอบทางด้านเคมี-กายภาพ ได้แก่ ค่าร้อยละการขึ้นฟู ค่าความหนืดสุดท้าย และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) (°Brix) (Table 2) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโยเกิร์ตมากขึ้น มีผลทำให้ ค่าความหนืดสุดท้ายสูงขึ้น ค่าร้อยละการขึ้นฟู เนื่องจากการเพิ่มปริมาณโยเกิร์ต เป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนนม ซึ่งทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นสารช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างอนุภาคของไขมันนมให้น้อยลง ทำให้อนุภาคไขมันกระจายตัวอยู่ได้ทั่วส่วนผสมเกิดเป็นอิมัลชันที่คงตัว ป้องกันไม่ให้อนุภาค

ของไขมันจับตัวรวมกันและแยกออกจากส่วนผสม (นิธิยา, 2541) และส่งผลให้อนุภาคไขมันเหล่านี้มีความคงตัวช่วยในการเก็บอากาศในขณะปั่นแข็งไอศกรีมได้ดีขึ้น จึงทำให้ไอศกรีมมีการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น (Ruger และคณะ, 2002) ส่วนการละลายของไอศกรีมแสดงใน Figure 2 พบว่าไอศกรีมที่ใช้โยเกิร์ต ร้อยละ 40 ละลายช้าที่สุด อาจเนื่องจากผงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่เป็นสารให้ความคงตัวในโยเกิร์ตมากกว่า ทำให้ไอศกรีมมีความหนืดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สามารถเกาะเกี่ยวโมเลกุลของน้ำไว้ภายในโครงสร้างตาข่ายในสภาพที่แน่นหนากว่า ส่งผลทำให้ไอศกรีมละลายช้าลง (ปิยนุสร์ และวชิรพันธ์, 2548) เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่าไอศกรีมสูตรที่ใช้ปริมาณโยเกิร์ต ร้อยละ 40 มีค่าคะแนนความชอบมากกว่าสูตรอื่นๆ ในด้านรสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม ส่วนด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการละลายในปาก ทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p> 0.05$) (Table 3)

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรควบคุม และสูตรที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นพรีไบโอติก โดยใช้ปริมาณโยเกิร์ตเท่ากันที่ร้อยละ 40 พบว่าสูตรที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก มีค่าร้อยละการขึ้นฟู ความหนืดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงกว่าสูตรควบคุม (Table 4) เนื่องจากผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก เป็นสารที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เมื่อพองน้ำแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้น ต้องใช้แรงมากในการทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ จึงส่งผลต่อความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมให้มีค่าสูงขึ้น (ศศิธร และปราณี, 2545b) และสอดคล้องกับค่าอัตราการละลาย (Figure 3) ซึ่งผงเมือกที่เป็นสารให้ความคงตัว จะทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กับโปรตีนนม และส่วนประกอบอื่นๆ โดยจับยึดไว้เป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ทำให้ไอศกรีมละลายได้ช้าลง (Akalin และ Erisir, 2008) เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมสูตรที่ใช้ผงเมือก ร้อยละ 0.075 มีคะแนนความชอบในด้านรสเปรี้ยว เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม มากกว่าสูตรควบคุม ส่วนด้านสีและกลิ่น ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p> 0.05$) เมื่อนำมาผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าไอศกรีมสูตรที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักมีปริมาณเส้นใย (ร้อยละ 1.52) สูงกว่าไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรควบคุม (ร้อยละ 0.42) ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p> 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากผงเมือกจากแมงลักที่ใช้เป็นสารพรีไบโอติก มีปริมาณเส้นใยสูง (ศศิธร และปราณี, 2545b) เมื่อนำมาใช้เป็นสารพรีไบโอติก จึงมีผลทำให้มีปริมาณเส้นใยเพิ่มมากขึ้น และเมื่อนำไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 2 สูตร มาตรวจสอบทางจุลินทรีย์ พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด เท่ากับ $1.35x10^4$ และ $1.31x10^4$ โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ และไม่พบการเจริญของแบคทีเรียพวกโคลิฟอร์ม ส่วนแบคทีเรียกลุ่มแลคติก พบว่ามีปริมาณเท่ากับ $2.9x10^2$ และ $7.2x10^2$ โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ และปริมาณยีสต์ รา พบว่ามีปริมาณเท่ากับ $1.75x10^2$ และ $1.52x10^2$ โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ จะเห็นว่าไอศกรีมสูตรที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นพรีไบโอติก มีการเหลือรอดของแบคทีเรียกลุ่มแลคติก มากกว่าสูตรควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่ใช้เป็นสารพรีไบโอติกที่ใช้ อาจจะสามารถช่วยป้องกันจุลินทรีย์ในกลุ่มโพรไบโอติกจากการถูกทำลายด้วยความเย็นจากการแช่เยือกแข็ง (Gustaw และคณะ, 2011)

สรุปผล

การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นพรีไบโอติกในการผลิตโยเกิร์ต พบว่าผงเมือกจากเมล็ดแมงลักสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกได้ และเมื่อเพิ่มปริมาณของผงเมือกมากขึ้นมีผลทำให้ระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตลดลง ซึ่งภาวะที่เหมาะสมในการผลิต คือ การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก ร้อยละ 0.075 บ่มที่ 45°C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำโยเกิร์ตดังกล่าวมาผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่าปริมาณโยเกิร์ตที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 40 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน และไอศกรีมมีร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด และละลายช้ากว่าสูตรอื่นๆ เมื่อทดสอบเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุม พบว่ามีคะแนนความชอบในด้านรสเปรี้ยว เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวมมากกว่า นอกจากนี้ไอศกรีมสูตรที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก มีปริมาณเส้นใยสูงกว่า และมีการเหลือรอดของแบคทีเรียกลุ่มแลคติก มากกว่าสูตรควบคุม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผงเมือกจากเมล็ดแมงลัก สามารถใช้เป็นพรีไบโอติกในการผลิตโยเกิร์ตได้ และยังช่วยป้องกันจุลินทรีย์ในกลุ่มโพรไบโอติกจากการถูกทำลายด้วยความเย็นจากการแช่เยือกแข็งอีกด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ ยุคันตรพงพงษ์, นงนิตย์ ธีระวัฒนสุข และศิริรัตน์ ทองเทพ, 2524, การแยกสารที่มีคุณสมบัติในการพองตัวจากเมล็ดแมงลักเพื่อใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรมและเภสัชอุตสาหกรรม, โครงการพิเศษสาขาเภสัชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2541, เคมีนมและผลิตภัณฑ์นม, ปรับปรุงครั้งที่ 2, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 100 หน้า.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และวชิรพันธ์ จันทร์พงษ์, 2548, การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอม, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 2(1): 18-27.

วรรณพร จิตรจำเริญ, 2547, การใช้คัพภะข้าวโพดทดแทนนมในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติก, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 143 หน้า.

ศศิธร เรืองจักรเพ็ชร และปราณี อ่านเปรื่อง, 2545a, การผลิตผงเมือกเมล็ดแมงลัก, อาหาร. 32(2): 144-153.

ศศิธร เรืองจักรเพ็ชร และปราณี อ่านเปรื่อง, 2545b, ลักษณะทางกายภาพของผงเมือกเมล็ดแมงลัก, อาหาร. 32(2): 223-232.

สุพจน์ นวลละออง, 2552, การสกัดสารพรีไบติกจากพืชเกษตร.มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา, 131 หน้า.

Akalin, A.S. and Erisir, D., 2008, Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream, J. Food Sci.*, 73: 184-188.

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

Gustaw W., Kordowska-Wiater M., and Kozioł J., 2011, The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria for bio-yoghurt production, Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 10 (4): 455-466.

Noiduang, P., Ittakornpan, A. and Marukatat, V., 2013, Production of plain yoghurt adding hairy basil mucilage as prebiotics, 39th Congress on Science and Technology of Thailand, Bangkok, October 21-23, 2013.

Ruger, P.R., Baer, R.J. and Kasperson, K.M., 2002, Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream, J. Dairy Sci.*, 85: 1684-1692.

Wongputtisin, P. and Khanongnuch, C., 2015, Prebiotic properties of crude oligosaccharide prepared from enzymatic hydrolysis of basil seed gum, Food Sci. Biotechnol.*, 24(5): 1767-1773.

Table 1 Viscosity of yoghurt with 4 levels of mucilage (0.025, 0.05, 0.075 and 0.1% (w/w)) at 5 hours.

Amount of mucilage (%)	Viscosity of yoghurt (cP)
0 (control)	6200.00±200.00[b]
0.025	6500.00±300.00[b]
0.050	6733.33±305.51[b]
0.075	7100.00±346.41[a]
0.100	7200.00±400.00[a]

Note: Values with different letters in superscript in columns are significantly different ($p \leq 0.05$)
Mean ± standard deviation (SD)

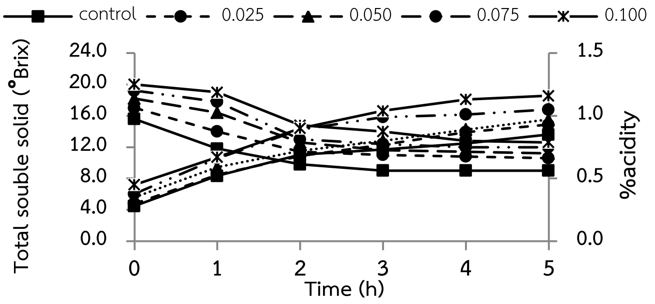


Figure 1 Total soluble solid and %acidity changes of yoghurt with different level of mucilage (0.025, 0.05, 0.075 and 0.1%, w/w) during

Table 2 Physical properties of yoghurt ice cream different yoghurt contents (20, 30 and 40, w/w)

Physical properties	Amounts of yoghurt content		
	20% yoghurt	30% yoghurt	40% yoghurt
Overrun (%)	5.35±1.41[c]	7.36±1.51[b]	8.77±1.80[a]
Viscosity (cP)[ns]	7066.67±611.01	7500.00±556.78	8066.67±321.46
TSS (°Brix)	17.13±0.12[b]	17.10±0.26[b]	17.60±0.20[a]

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)

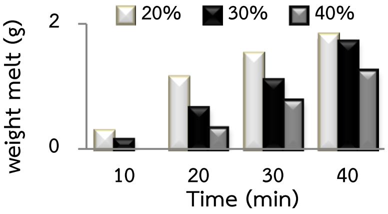


Figure 2 Melting rate of yoghurt ice cream with different yoghurt contents (20, 30 and 40, w/w)

Table 3 Hedonic score of yoghurt ice cream different yoghurt contents (20, 30 and 40, w/w)

Amounts of yoghurt content	hedonic score					
	Color[ns]	Flavor[ns]	Sour taste	Texture[ns]	Melting in mouth[ns]	Overall acceptability
20% yoghurt	7.63±0.93	6.07±1.46	6.27±1.36[b]	6.63±1.22	6.67±1.52	6.67±1.27[b]
30% yoghurt	7.53±1.01	6.30±1.51	6.57±1.59[b]	6.73±1.23	7.00±1.36	7.07±1.11[b]
40% yoghurt	7.77±0.82	6.77±1.10	7.53±1.17[a]	7.27±1.28	7.10±1.37	7.77±0.94[a]

Note: Values with different letters in superscript in columns are significantly different ($p \leq 0.05$), ns = not significantly different (p>0.05)
Mean ± standard deviation (SD)

Table 4 Physical properties of control and mucilage yoghurt ice cream

Physical properties	Formula of ice cream	
	Control	Mucilage yoghurt
Overrun (%)	7.49±1.29	8.77±1.80
Viscosity (cP)*	6866.67±404.15	8066.67±321.46
TSS (°Brix)	17.27±0.12	17.60±0.20

Note: * in rows are significantly different ($p \leq 0.05$), Mean ± standard deviation (SD)

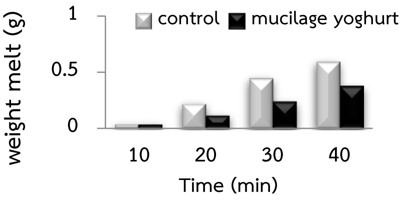


Figure 3 Melting rate of control and mucilage yoghurt ice cream

ศึกษาปริมาณหัวเชื้อ น้ำผึ้ง และคาร์ราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง
Study on Suitable Inoculum Size, Honey Dew and Carrageenan for Corn Drinking Yoghurt Added with Honey Dew Production

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ [1] และ เอกพล ชัยศรีรัตนกุล[1]
Chaikulsareewath, A.[1] and Chaisrirattanakol, E.[1]

Abstract

This research studied the production of corn drinking yoghurt added with honey dew. The inoculum was varied as 1%, 3%, 5%, 7% and 9% (by volume) and sensory evaluations conducted to select the optimum inoculum size. It found that 9% of inoculum size was suitable for making the corn drinking yoghurt. The ratio of corn yoghurt to honey dew to water and sensory evaluation were investigated. It was found that the highest acceptability was 75:10:15 (%v/v). The optimum carrageenan for making the corn drinking yoghurt added with honey dew was 0.5%. Its chemical and physical contents of this drinking yoghurt were 2.62% protein, 0.80% fat, 23.59% total solid, 0.98% ash, 1.02% total acid and pH 4.8. The microbiological quality were found that total plate count equal 73.33x 10^5 CFU/ml. Yeast, mold and coliform bacteria were not found.

Keywords: corn drinking yoghurt, honey dew, carrageenan

บทคัดย่อ

ศึกษาการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง โดยการแปรปริมาณหัวเชื้อเป็นร้อยละ 1, 3, 5, 7 และ 9 (โดยปริมาตร) แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 9 จากนั้นศึกษาปริมาณโยเกิร์ต น้ำผึ้ง และน้ำที่เหมาะสมในการผลิตนมเปรี้ยว พบว่านมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้งที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด มีส่วนผสมของโยเกิร์ตนมข้าวโพด ร้อยละ 75 น้ำผึ้ง ร้อยละ 10 และน้ำ ร้อยละ 15 (โดยปริมาตร) จากนั้นศึกษาปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมสุด พบว่าปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง เท่ากับ ร้อยละ 0.5 สุดท้ายศึกษาคุณภาพของนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้งทางด้านเคมีและกายภาพ พบว่านมเปรี้ยวมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 2.62 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.80 ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 23.59 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 0.98 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 1.02 และค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.8 ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 73.33 x 10^5 CFU/ml และตรวจไม่พบยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม

คำสำคัญ: นมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่ม น้ำผึ้ง คาราจีแนน

คำนำ

นมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยจุลินทรีย์จะย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก ทำให้โปรตีนเคซีน (casein) ในนม เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพตกตะกอนเป็นเคิร์ด (สุวรรณนา, 2530) การผลิตโยเกิร์ต มีส่วนผสมสำคัญ ได้แก่ น้ำนม กล้าเชื้อ สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว และอาจมีการเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรส และสี (Tammine และ Robinson, 1985) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตหรือนมเปรี้ยวนอกจากเป็นนมโคแล้ว ยังสามารถผลิตได้จากธัญพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ ถั่วเหลือง ลูกเดือย และข้าวโพด เป็นต้น น้ำนมข้าวโพดมีประโยชน์ทางโภชนาการ ทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดไขมันไม่อิ่มตัว มีวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2524) ได้มีงานวิจัยของนวลนภา (2546) ได้ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด พบว่าสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วยน้ำนมข้าวโพด (อัตราส่วนข้าวโพดต่อน้ำเป็น 1:3) และนมผงขาดมันเนยปริมาณร้อยละ 88 และ 12 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตชนิด YC-350 ปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง ในการผลิตนมเปรี้ยวทั่วไปจะมีการเติมน้ำตาลทรายเพื่อเป็นสารให้ความหวาน ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าหากนำสารให้ความหวานชนิดอื่น อาทิ น้ำผึ้ง มาแทนน้ำตาลทราย จะยิ่งเป็น

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เพชรเกษม ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Petchkasem, Phasicharoen, Bangkok 10160

ประโยชน์ต่อผู้บริโภค เนื่องจากน้ำผึ้งมีส่วนประกอบของน้ำตาลกลูโคส ฟรักโทส ประมาณร้อยละ 70 มีวิตามินบี ดี อี เค และซี เป็นต้น อีกทั้งน้ำผึ้งมีประโยชน์ต่อสุขภาพและรักษาโรคต่างๆ (น้ำผึ้ง, 2546) นอกจากนี้ในการผลิตนมเปรี้ยวมีการเติมสารให้ความคงตัวเพื่อทำให้นมเปรี้ยวมีลักษณะปรากฏที่น่ารับประทาน คาร์ราจีแนนถูกนำมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์นม คาร์ราจีแนนเป็นโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งมี D-galactose เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากแรงระหว่างประจุ ทำให้เคซีนไมเซล (casein micelle) คงตัวอยู่ได้โดยไม่แยกชั้นออกจากเวย์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นมคงตัว (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2661) ดังนั้นในงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากข้าวโพด โดยการศึกษาปริมาณหัวเชื้อ น้ำผึ้ง และคาร์ราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยการทดสอบความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale และศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของนมเปรี้ยวที่ผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตโยเกิร์ตนมข้าวโพดสูตรมาตรฐาน เริ่มจากศึกษาปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม โดยผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด ซึ่งดัดแปลงตามวิธีของนวลนภา (2546) ผสมส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำนมข้าวโพด (ข้าวโพดต่อน้ำ 1:3) และนมผงขาดมันเนย ร้อยละ 88 และ 12 ตามลำดับ แปรปริมาณหัวเชื้อ (โยเกิร์ต รสธรรมชาติ ตราดัชมิลล์) เป็นร้อยละ 1, 3, 5, 7 และ 9 โดยปริมาตร บ่มโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สังเกตลักษณะปรากฏของการเกิดเคิร์ด ศึกษาปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) ด้วยวิธีของ AOAC (2000) วัดค่าพีเอช ด้วย pH meter ทุกๆ ชั่วโมง ตลอดระยะเวลา 4 ชั่วโมง (นวลนภา, 2546) จากนั้นนำโยเกิร์ตสูตรที่มีหัวเชื้อร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 บ่มเป็นเวลา 4, 4, 4, 3 และ 2 ชั่วโมง มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพด้านลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน จากนั้นศึกษาปริมาณของน้ำผึ้งและน้ำที่เหมาะสมต่อการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง โดยผลิตโยเกิร์ตนมข้าวโพดตามปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม แล้วนำมาผสมกับน้ำผึ้งและน้ำ ในอัตราส่วนของโยเกิร์ตนมข้าวโพดต่อน้ำผึ้งต่อน้ำ เท่ากับ ร้อยละ 75:5:20 (สูตรที่ 1) ร้อยละ 75:10:15 (สูตรที่ 2) ร้อยละ 70:10:20 (สูตรที่ 3) และร้อยละ 70:5:25 (สูตรที่ 4) (อัตราส่วนดังกล่าวได้จากการทำการทดสอบเบื้องต้นจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทำวิจัย) จากนั้นนำโยเกิร์ตที่ได้มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมที่สุด นำสูตรที่ได้มาศึกษาปริมาณคาร์ราจีแนนที่เหมาะสมต่อการผลิตนมเปรี้ยว โดยผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพดผสมน้ำผึ้งตามวิธีที่ได้ในข้างต้นแล้วนำมาผสมกับคาร์ราจีแนน (คาร์ราจีแนนผสมในน้ำผสมน้ำผึ้ง และให้ความร้อนก่อนที่จะผสมกับโยเกิร์ต) โดยแปรปริมาณคาราจีแนนเป็น ร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ นำสูตรที่ทำให้นมเปรี้ยวคงตัวมากที่สุด มาศึกษาคุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ของแข็งทั้งหมด เถ้า และปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) ตามวิธีของ AOAC (2000) และค่าพีเอช ด้วย pH meter จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total aerobic plate count) ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณโคลิฟอร์ม ด้วยวิธี coliform test และ MPN method (Harrigan, 1998)

ผลและวิจารณ์ผล

ศึกษาปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตสูตรมาตรฐาน โดยใช้หัวเชื้อ (โยเกิร์ต รสธรรมชาติ ตราดัชมิลล์) ในปริมาณต่างๆ กัน คือ ร้อยละ 1, 3, 5, 7 และ 9 (ปริมาตรของเชื้อต่อปริมาตรของน้ำนมข้าวโพด) และบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าหัวเชื้อแต่ละสูตร ทำให้เกิดเคิร์ดมีลักษณะที่ดีในเวลาที่แตกต่างกัน โดยสูตรที่เติมหัวเชื้อร้อยละ 3, 5, 7, 9 เกิดเคิร์ดที่มีความคงตัวในชั่วโมงที่ 4, 4, 3 และ 2 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่เติมหัวเชื้อร้อยละ 1 มีลักษณะเหลว โยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร (Table 1) เมื่อหมักเป็นเวลานานขึ้น เชื้อจะผลิตกรดมากขึ้น จากร้อยละ 0.032-0.035 (เริ่มหมัก) เป็นร้อยละ 0.090-0.112 (ชั่วโมงที่ 4) และมีค่าพีเอชลดลง จาก 6.23-6.40 (เริ่มหมัก) เป็น 4.67-4.96 (ชั่วโมงที่ 4) (Figure 1) ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต (เชื้อผสมของ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus*) (Dutch Mill Group, 2012) ใช้น้ำตาลแลคโตสในนม เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต และหมักให้กรดแลคติก และสารประกอบอื่นๆ ออกมา กรดแลคติกที่สร้างขึ้นเรื่อยๆ นี้จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคเคซีน และทำให้สารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนในหางนมสูญเสียสภาพธรรมชาติไปด้วยเกิดการรวมตัวของอนุภาคเคซีน และกลุ่มของอนุภาคย่อยๆ เข้าด้วยกัน และเกิดการตกตะกอนบางส่วน จึงทำให้ได้โยเกิร์ตที่เป็นเจล อ่อนนุ่ม (Tammine และ Robinson,1985) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณหัวเชื้อมากขึ้น เชื้อจะผลิตกรดมากขึ้น ส่งผลให้ค่าพีเอชลดลง โดยจะผลิตกรดปริมาณต่ำสุดที่หัวเชื้อร้อยละ 1 และผลิตกรดสูงสุดที่หัวเชื้อร้อยละ 9 ตลอดระยะเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wardani และคณะ (2017) ซึ่งศึกษาอิทธิพลของปริมาณหัวเชื้อ (ร้อยละ

1, 3, 5 และ 10) ที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ตจากน้ำนมโค เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณหัวเชื้อ จะทำให้เชื้อมีปริมาณเพิ่มขึ้น และค่าพีเอชลดลง ส่งผลให้เกิดการตกตะกอนน้ำนม (เคิร์ด) จนได้เป็นโยเกิร์ต

จากผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสูตรที่มีหัวเชื้อร้อยละ 1-9 หมักตามระยะเวลาที่เหมาะสมในข้างต้น พบว่าสูตรที่มีการเติมหัวเชื้อ ร้อยละ 9 เป็นสูตรที่มีการยอมรับมากที่สุด ในด้านความชอบโดยรวม (4.98$\pm$0.45 คะแนน) โดยที่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสูตรอื่นๆ (Table 2) จากนั้นศึกษาการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง โดยการแปรปริมาณของโยเกิร์ตนมข้าวโพด (หัวเชื้อร้อยละ 9) น้ำผึ้ง และน้ำในอัตราส่วนต่างๆ ทั้งหมด 4 สูตร จากการทดลองพบว่าทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส แต่มีความแตกต่างทางด้านรสชาติและความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับมากสุดในด้านความชอบโดยรวม คือสูตรที่ 2 (7.28$\pm$0.38 คะแนน) (Table 3) ซึ่งมีร้อยละของส่วนผสมโยเกิร์ต:น้ำผึ้ง:น้ำ เท่ากับ 75:10:15 แต่พบว่านมเปรี้ยวที่ผลิตได้เกิดการแยกชั้น ดังนั้นจึงได้ศึกษาปริมาณคาร์ราจีแนนที่มีผลต่อทำให้นมเปรี้ยวคงตัว พบว่าการเติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.5 (กรัมต่อปริมาตร) สามารถทำให้นมเปรี้ยวคงตัวไม่เกิดการแยกชั้นได้นานที่สุด คือ 2 สัปดาห์ เนื่องจากคาร์ราจีแนนสามารถทำปฏิกิริยากับประจุบวกบนผิวของเคซีนเกิดเป็นร่างแหขึ้น จึงช่วยให้นมเปรี้ยวคงตัวไม่แยกชั้น นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์นม (Hansen, 1993; พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2561) และเมื่อนำนมเปรี้ยวข้าวโพดผสมน้ำผึ้งที่เติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.5 (กรัมต่อปริมาตร) มาวิเคราะห์คุณภาพของนมเปรี้ยว พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน ของแข็งทั้งหมด และเถ้า เท่ากับ ร้อยละ 2.62, 0.80, 23.59, 0.80 และ 0.98 ตามลำดับ มีปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอช เท่ากับ ร้อยละ 1.02 และ 4.8 ตามลำดับ ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 73.33 x 10^5 CFU/ml และตรวจไม่พบยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ด้วยวิธี coliform test และ MPN method ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 453) พ.ศ.2556 เรื่อง นมเปรี้ยว ที่ว่านมเปรี้ยวต้องมียีสต์ไม่เกิน 100 โคโลนี/1 กรัมหรือมิลลิลิตร สำหรับนมเปรี้ยวที่ไม่ได้ใช้ยีสต์ในการหมัก และไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อนมเปรี้ยว 1 กรัม ด้วยวิธี MPN

สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพด และน้ำผึ้ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่นิยมบริโภคนมเปรี้ยว และยังเป็นการเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับนมเปรี้ยว ซึ่งมาจากทั้งสารที่จุลินทรีย์หัวเชื้อโยเกิร์ตผลิตได้ และมาจากน้ำนมข้าวโพด และน้ำผึ้งเอง นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำนมข้าวโพด ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวนี้ผลิตได้จากการผสมน้ำนมข้าวโพด และนมผงขาดมันเนย ในอัตราส่วนร้อยละ 88 และ 12 ตามลำดับ โดยมีหัวเชื้อ (โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ตราดัชมิลล์) ที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตนมข้าวโพด คือ ร้อยละ 9 และมีส่วนผสมของการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม คือ โยเกิร์ตนมข้าวโพด:น้ำผึ้ง:น้ำ เป็น 75:10:15 ส่วนปริมาณคาราจีแนน เท่ากับ ร้อยละ 0.5 (กรัมต่อปริมาตร) นมเปรี้ยวที่ผลิตได้มีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ที่เป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข

คำขอบคุณ

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่สนับสนุนงบประมาณ
อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2524, ข้าวโพด, เอกสารวิชาการเล่มที่ 4, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ธนประดิษฐ์การพิมพ์, กรุงเทพฯ, 191 หน้า.

นวลนภา อัคสินธวังกูร, 2546, การผลิตโยเกิร์ตนมข้าวโพด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

น้ำผึ้ง...ความหวานที่มากคุณค่า, 2546, นิตยสารหมอชาวบ้าน, เล่มที่ 290 มิถุนายน 2546, คอลัมน์ เรื่องเด่นจากปก.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 453) พ.ศ.2556 เรื่อง นมเปรี้ยว, ประกาศ ณ วันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ.2556, คัดจากราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130 ตอนพิเศษ 89 ง วันที่ 24 กรกฎาคม 2556.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2561, คาร์ราจีแนน, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2561, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1274/carrageenan

สุวรรณนา กิจภากรณ์, 2530, ผลิตภัณฑ์จากน้ำนม, ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 94 หน้า.

AOAC, 2000, Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemist, 17th ed., Washington D.C.

Dutch Mill Group, 2012, Original yogurt, Retrieved May 10, 2018, from http://www.dutchmill.co.th/uploads/product/shared/DC/DC_plain.PNG

Hansen, P.M.T., 1993, Food hydrocolloids in the dairy industry, In K. Nishinari. and E. Doi (Eds), Food hydrocolloids: structures, properties and functions, Plenum press, New York, p. 211-224.

Harrigan, W.F., 1998, Laboratory methods in food microbiology, 3rd ed., Academic Press, San Diego, 532 p.

Tammine, A.Y. and Robinson, R.K.,1985, Yoghurt science and technology, Programon Press, Great Britain, 431p.

Wardani, S.K,, Cahyanto, M.N, Rahayu, E.S, and Utami, T, 2017, The effect of inoculum size and incubation temperature on cell growth, acid production and curd formation during milk fermentation by *Lactobacillus plantarum* Dad 13, International Food Research Journal, 24(3): 921-926.

Table 1 Appearance characteristics of corn yoghurt fermented for 4 hours.

(%)	Incubation time (h.)				
	0	1	2	3	4
1	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid
3	Liquid	Liquid	Liquid	Soft curd	Stable curd
5	Liquid	Liquid	Liquid	Soft curd	Stable curd
7	Liquid	Liquid	Soft curd	Stable curd	Stable curd
9	Liquid	Soft curd	Stable curd	Stable curd	Separated and Coagulated curd

Table 2 Sensory evaluation scores of corn drinking yoghurt.

Inoculum size (%)	Sensory evaluation scores				
	Color [ns]	Odor [ns]	Taste [ns]	Texture	Total acceptability
1	6.16±0.67	5.66±0.38	4.96±0.47	3.11±0.42[b]	3.94±0.50[b]
3	6.25±0.53	5.54±0.66	4.75±0.48	3.18±0.33[b]	3.62±0.68[b]
5	6.23±0.78	5.47±0.73	4.93±0.53	4.15±0.54[a]	4.16±0.35[b]
7	6.35±0.86	5.53±0.62	4.62±0.64	4.04±0.48[a]	4.12±0.29[b]
9	6.42±0.44	5.24±0.94	4.95±0.58	4.66±0.44[a]	4.98±0.45[a]

a, b, c means with the different letters in the same column are significant at p≤0.05, ns in the same column means are not significant at p>0.05, Value represents from n=30

Table 3 Sensory evaluation scores of corn drinking yoghurt added with honey dew

Ratios (yoghurt : honey dew : water)	Sensory evaluation scores				
	Color [ns]	Odor [ns]	Taste	Texture [ns]	Total acceptability
75 : 5 : 20	6.25±0.56	6.17±0.62	5.04±0.67[b]	6.15±0.78	5.90±0.57[b]
75 : 10 : 15	6.73±0.34	6.23±0.37	7.14±0.43[a]	6.76±0.37	7.28±0.38[a]
70 : 10 : 20	6.26±0.41	6.34±0.49	6.39±0.56[a]	6.38±0.51	6.37±0.69[b]
70 : 5 : 25	6.18±0.78	6.09±0.55	4.87±0.87[b]	6.19±0.54	5.31±0.42[b]

a, b, c means with the different letters in the same column are significant at p≤0.05, ns in the same column means are not significant at p>0.05, Value represents from n=30

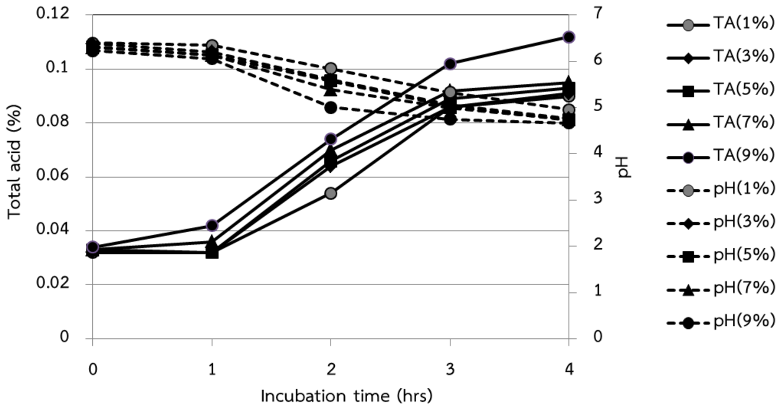


Figure 1 Total acid content and pH of corn drinking yoghurt fermented for 4 h.

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของขนมปั้นขลิบจากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์
Physical and Chemical Properties of Khanom-pun-klib from Pregelatinized Rice-berry Flour

นันท์ชนก นันทะไชย[1] พรพรรณ พันธุ์เจริญ[1] และ ภูวกร น้อยแกว[1]
Nanthachai, N.[1], Pancharoen, P.[1] and Noytheaw, P.[1]

Abstract

The experiment was investigated by substitution wheat flour with pregelatinized rice-berry flour. The powder was added in Khanom-pun-klib at concentrations of 0, 10, 20, 30 and 40% and then physical and chemical qualities of product s were analyzed. The result indicated that color value (L* and b*) of Khanom-pun-klib was significantly decreased ($p \leq 0.05$) according to the increase amount of pregelatinized rice-berry flour, whereas, antioxidant activity and anthocyanin content were increased ($p \leq 0.05$). Antioxidant and anthocyanin of Khanom-pun-klib with 40% pregelatinized rice-berry flour were 40.52% and 11.74 mg/100g, respectively

Keywords: rice-berry, pregelatinized flour, Khanom-pun-klib

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ที่มีต่อขนมปั้นขลิบ โดยนำแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งสาลีในขนมปั้นขลิบ ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ จากการทดลองพบว่าการเพิ่มแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ มีผลทำให้ค่าสี (L* และ b*) ของขนมปั้นขลิบลดลง ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระและแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยขนมปั้นขลิบที่มีส่วนประกอบแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ร้อยละ 40 มีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 40.52% และ 11.74 mg/100g ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวไรซ์เบอรี่ แป้งพรีเจลาติไนซ์ ขนมปั้นขลิบ

คำนำ

ข้าวไรซ์เบอรี่เป็นข้าวที่เกิดขึ้นจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้ออกมาเป็นข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีลักษณะเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม คุณสมบัติด้านโภชนาการที่โดดเด่นของข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงทั้งชนิดที่ละลายในน้ำและละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินอี แกมมาโอไรซานอล โพลีฟีนอล แทนนิน เบต้าแคโรทีน โฟเลต โอเมกา 3 ธาตุเหล็ก ธาตุสังกะสี และมีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลาง (นิติพัฒน์, 2557) ด้วยเหตุนี้เองข้าวไรซ์เบอรี่ จึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แป้งพรีเจลาติไนซ์ (pregelatinized starch) เป็นแป้งดัดแปร โดยการให้ความร้อนกับสารละลายแป้งเพื่อให้เกิดการเจลาติไนซ์ จากนั้นทำให้แห้ง ด้วยเครื่องทำแห้ง เช่น เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง หรือ เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นต้น แป้งพรีเจลาติไนซ์จะใช้ให้ความหนืดได้ที่อุณหภูมิต่ำ จึงเหมาะกับการใช้กับในผลิตภัณฑ์อาหาร กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนืดโดยไม่ต้องผ่านความร้อน เช่น ในอาหารผงสำเร็จรูป ที่นำมาผสมในน้ำเย็น จะได้ความหนืดเทียบเคียงได้กับอาหารเตรียมใหม่ แต่แป้งพรีเจลาติไนซ์มีความหนืดและ adhesiveness ต่ำกว่าแป้งสุกที่เตรียมใหม่ๆ (ดุษฎี และคณะ, 2557)

ขนมปั้นขลิบทอด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าวสาลีหรือแป้งข้าวสาลีผสมแป้งข้าวเจ้า กะทิ ไข่ น้ำมันพืช และน้ำปูนใส ในปริมาณที่เหมาะสม นวดผสมให้เข้ากันจนได้ลักษณะตามต้องการ แบ่งแป้งเป็นก้อนเล็กๆ แผ่แป้งเป็นแผ่นกลมบาง บรรจุไส้ด้วยส่วนประกอบต่างๆ เช่น เนื้อไก่ เนื้อหมู เนื้อกุ้ง เนื้อปลา ถั่วเขียว สับปะรดกวน พับครึ่งแป้ง แล้วม้วนปิดริมแป้งตรงที่ประกบให้เป็นเกลียว นำไปทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548) ขนมปั้นขลิบได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น อินโดนีเซีย และมาเลเซีย เป็นต้น การตลาดส่วนใหญ่เป็นการขายส่งให้พ่อค้าคนกลางเพื่อนำไปบรรจุภัณฑ์เพื่อขายต่ออีกทอดหนึ่ง กลุ่มของผู้บริโภคขนมปั้นขลิบมีความหลากหลายจึงง่ายต่อการ

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130
[1] Department of Agro-Industrial technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

กระจายสินค้า (อบเชย, 2539) อาหารว่างเพื่อสุขภาพนับว่าเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคปัจจุบันคนไทยให้ความสนใจด้านสุขภาพมากขึ้น จากสรรพคุณของข้าวไรซ์เบอรี่ที่กล่าวมา จึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปั้นขลิบแป้งข้าวไรซ์เบอรรี่พรีเจลาติไนซ์ เพื่อตอบสนองกลุ่มผู้บริโภคที่รักษาสุขภาพและเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เดิม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพบางประการของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ และคุณภาพ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ที่มีต่อขนมปั้นขลิบ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ ดัดแปลงจาก อรอนงค์และคณะ (2533) ดังนี้ บดข้าวไรซ์เบอรี่จนละเอียดด้วยเครื่องปั่นละเอียด เตรียมน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 60 จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (Mesh No. 120) ได้แป้งมีขนาด 125 Microns วิเคราะห์คุณภาพแป้ง ได้แก่ ความหนืด (เครื่อง rapid visco analyser (RVA); รุ่น RVA4500 ยี่ห้อ Perten) และลักษณะของเม็ดแป้ง โดยกล้องจุลทรรศน์ (อัมพร, 2557)

การศึกษาปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งสาลีต่อแป้งไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ในขนมปั้นขลิบ ดำเนินการโดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 5 สิ่งทดลอง ได้แก่ การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ทำการทดลอง 4 ซ้ำ การเตรียมส่วนผสมสำหรับขนมปั้นขลิบดำเนินการตามวิธีของริญและศศพินทุ์ (2548) และวิเคราะห์คุณภาพแป้งขนมปั้นขลิบ ดังนี้ ค่าสี (Minolta Color Reader รุ่น CR -10) ความชื้น (AOAC, 2000) ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% DPPH Inhibition) (Murakami และคณะ, 2004) และปริมาณสารแอนโทไซยานิน (Ranganna, 1986)

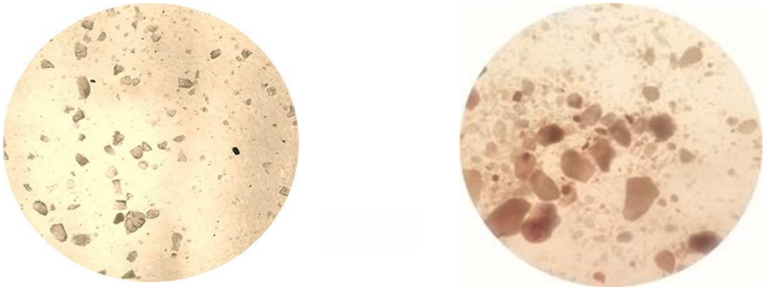
ผลและวิจารณ์ผล***

จากการวิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) พบว่าเวลาที่ทำให้เกิดความหนืดสูงสุดเท่ากับ 5.93 นาที อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนค่าความหนืด หรืออุณหภูมิต่ำสุดที่ต้องใช้ในการทำให้แป้งเท่ากับ 88.80°C ซึ่งมีค่าสูงกว่าแป้งที่ใช้ทั่วไปทางการค้า เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งเท้ายายม่อม และแป้งข้าวเจ้า เป็นต้น น้ำแป้งมีค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น ความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุด ความหนืดสุดท้าย และผลต่างระหว่างความหนืดสุดท้ายกับความหนืดที่จุดสูงสุด เท่ากับ 1,197, 784, 413, 1,570 และ 373 RVU ตามลำดับ ค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุดเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิ และการกวนที่เป็นปัจจัยที่สำคัญในหลายกระบวนการผลิตอาหาร ซึ่งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์มีค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและกับความหนืดต่ำสุดมาก นั่นแสดงว่าข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์มีความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิและการกวนต่ำมากนั่นเอง ค่าการคืนตัว ของแป้งนั้นสามารถพิจารณาได้จากค่าผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดสูงสุด ซึ่งค่าการคืนตัวนี้จะมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยถ้ามีค่าการคืนตัวมาก หรือมีค่าเป็นบวกจะมีลักษณะการเกิด retrogradation ได้ดี และมีแนวโน้มที่จะให้เจลแป้งที่แข็งมาก (ปิติพร และคณะ, 2546) ลักษณะของเม็ดแป้งจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า พบว่า เม็ดแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่พรีเจลาติไนซ์มีลักษณะโครงสร้างผลึกเรียงตัวกันหนา มีขนาดใหญ่ และ สีผลึกที่เข้มกว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ธรรมดา (Figure 1) เนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการพรีเจลาติไนซ์ความร้อนทำให้พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonds) ที่ยึดโครงสร้างในเม็ดสตาร์ชเข้าด้วยกันแตกออกทำให้ดูดซึมน้ำได้มากขึ้น เป็นผลให้เม็ดสตาร์ชพองตัว ทำให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิมหลายเท่า (ผาณิต, 2549)

การเพิ่มแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ มีผลทำให้ค่า L* และ b* ของขนมปั้นขลิบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (Figure 2 และ Table 1) อาจเนื่องจากในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารแอนโทไซยานินที่จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นสารให้สีม่วงเมื่อเติมลงไปทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทำให้ค่าความสว่างลดลง ค่า a* เข้าใกล้สีเขียวมากกว่าสีแดง และค่า b* มีค่าเข้าใกล้สีน้ำเงินมากกว่าสีเหลือง (นิศารัตน์ , 2553)

ขนมปั้นขลิบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์มีค่าความชื้นสูงกว่าขนมปั้นขลิบที่ใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว ($p \leq 0.05$) แป้งพรีเจลาติไนซ์มีคุณสมบัติต่างจากแป้งดิบคือสามารถกระจายตัวได้ในน้ำเย็น ซับน้ำได้สูงช่วยในการดูดซับน้ำได้ดีมีความชุ่มชื้นและมีปริมาตรเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์มีผลทำให้ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณสารแอนโทไซยานินในขนมปั้นขลิบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยขนมปั้นขลิบทดแทนแป้งสาลีโดยใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ ร้อยละ 40 มีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณสารแอนโทไซยานินมากที่สุด เท่ากับ 40.52 % และ 11.74 mg /100 g ตามลำดับ (Table 2) เนื่องจากในข้าว

ไรซ์เบอรี่มีการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นความสามารถต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารแอนโทไซยานินจึงเพิ่มขึ้นด้วย (นิศารัตน์, 2553; ชื่นจิต, 2558)



(a) (b)

Figure 1 Starch granules of (a) rice-berry and (b) pregelatinized rice-berry.

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

Figure 2 Khanom-pun-klib from pregelatinized rice-berry flour (a) 0, (b) 10, (c) 20, (d) 30 and (e) 40%, respectively.

Table 1 Color value of Khanom-pun-klib from pregelatinized rice-berry flour

Pregelatinized Rice-berry Flour	Color value		
(%)	L*	a*	b*
0	61.29[a]	11.45[b]	28.78[a]
10	52.29[b]	10.89[b]	19.92[b]
20	48.75[c]	12.01[a]	16.16[c]
30	40.13[d]	11.77[b]	17.34[c]
40	39.54[e]	11.07[b]	15.85[c]

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

Table 2 Chemical qualities of Khanom-pun-klib from pregelatinized rice-berry flour

Pregelatinized Rice-berry Flour (%)	Moisture content (%)	% Inhibiton	Anthocyanin (mg /100 g)
0	5.20[b]	21.11[e]	3.98[e]
10	6.30[a]	26.80[d]	7.01[d]
20	6.47[a]	32.21[c]	7.15[c]
30	6.16[a]	36.11[b]	8.97[b]
40	6.32[a]	40.52[a]	11.74[a]

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

สรุปผล

แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์ความหนืดสูงสุด 1,197 RVU เวลาที่เกิดความหนืดสูงสุด 5.93 นาที ลักษณะเม็ดแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์มีขนาดใหญ่กว่าแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ปกติที่ไม่ผ่านการพรีเจลาติไนซ์ การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์มีผลต่อสีของขนมปั้นขลิบ ทำให้ขนมมีสีคล้ำ นอกจากนี้ยังส่งผลให้ปริมาณความชื้นของขนมปั้นขลิบมีค่าความชื้นสูงกว่าการใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาติไนซ์มีผลทำให้ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณสารแอนโทไซยานินในขนมปั้นขลิบเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, พิมพ์ครั้งที่3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ชื่นจิต สีพญา, 2558, ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวดี มีประโยชน์, สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ดุษฎี อุตภาพ สันทณีย์ ปัญจอานนท์ และ กสิภูมิ ทวนคง, 2557, การศึกษาพฤติกรรมความหนืดของแป้งพุทธรักษาและแป้งพุทธรักษาดัดแปรเพื่อใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด, งานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิติพัฒน์ ชูกล้ากสิกรณ์, 2557, ข้าวไรซ์เบอร์รี่, สืบค้นจาก http://www.xn22cs9b8acu9b9a7a3hub5cc1c.net/, 30 ตุลาคม 2558.

นิศารัตน์ ศิริวัฒนเมธานนท์, 2553, อาหารหลากสีมีประโยชน์หลากหลาย (ตอนที่ 3): สารเคมีที่มีประโยชน์จากผักผลไม้ที่มีสีม่วงและสีน้ำเงิน, ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ปิติพร ฤทธิเรืองเดช ธงชัย สุวรรณสิชณน์ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และกล้าณรงค์ ศรีรอต, 2546, พฤติกรรมด้านความหนืดและคุณสมบัติทางกลของแป้งเท้ายายม่อม (*Tacca leontopetaloides* Ktze,), การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 วันที่ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546, กรุงเทพมหานคร, หน้า 53-60.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2549, องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางเคมี กายภาพของแป้งฟลาวร์ และสตาร์ชจากแห้วจีน(*Eleocharis dulcis* Trin.), วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548, ขนมปั้นขลิบ, สืบค้นจาก http://www.foodnetworksolution.com, 31ตุลาคม 2558.

ริญ เจริญศิริ และศศพินทุ์ ดิษนิล, 2548, สูตรและขั้นตอนขนมปั้นขลิบ, นิตยสารหมอชาวบ้าน, เล่มที่ 319.

อบเชย อิ่มสบาย, 2539, ขนมไทย, ตำรับขนมไทย, กรุงเทพมหานคร.

อรอนงค์ นัยวิกุล จิตธนา แจ่มเมฆ สินีนาถ จริยโชติเลิศ และลัลนา ยังประสิทธิพร, 2533, การผลิตแป้งข้าวผสมเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเส้น: ขนมจีน, วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทยาศาสตร์), 24: 502-509.

อัมพร คำฟองเครือ, 2557, สาเหตุของการปนเปื้อนและวิธีการควบคุมเชื้อยีสต์และราในอุตสาหกรรมอาหาร, ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed., Maryland, USA.

Murakami, M., Yamaguchi, T., Takamura, H., and Matoba, T., 2004, Effects of thermal treatment on radical scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds, Journal of Food Science, 69: 7-10.

Ranganna, S., 1986, Handbook of Analysis and Quality Control of Fruit and Vegetable Products, Tata McGraw Hill publishing Ltd., New Delhi.

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดดีเอ็นเอจากใบโคลงเคลง (*Melastoma malabathricum* L.)
Comparison of the DNA Extraction Methods from Fresh Leaves of *Melastoma malabathricum* L.

ชมนาถ เกิดคง[1] และ เนตรชนก นุ้ยสีรุ่ง[1]
Kerdkhong, C.[1] and Nuisrirung, N.[1]

Abstract

The methods for DNA extraction of *Melastoma malabathricum* L. were examined by 3 modification techniques according to Dellaporta *et al*. (1983), Doyle and Doyle (1987), and Lim *et al*. (1997). After extraction steps, the extracted DNA was checked the quality and quantity by using agarose gel electrophoresis and spectrophotometer. The results indicated DNA isolation from fresh of *Melastoma malabathricum* L. using Doyle and Doyle (1987) method showed highest quality and quantity of DNA. The high quality of DNA from this method could be confirmed by SSR analysis.
Keywords: *Melastoma malabathricum* L., DNA, extraction methods

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการสกัดดีเอ็นเอของโคลงเคลงทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากวิธีของ Dellaporta และคณะ (1983) วิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากวิธีของ Doyle และ Doyle (1987) และวิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากวิธีของ Lim และคณะ (1997) เมื่อตรวจวัดปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซีสและสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้จากใบสดของโคลงเคลงด้วยวิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากวิธีของ Doyle และ Doyle (1987) ให้ดีเอ็นเอที่มีปริมาณและคุณภาพดีที่สุด ดีเอ็นเอที่สกัดได้จากวิธีการนี้มีคุณภาพดีสามารถยืนยันผลด้วยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธี PCR โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR
คำสำคัญ: โคลงเคลง ดีเอ็นเอ วิธีสกัด

คำนำ***

โคลงเคลง (*Melastoma malabathricum* L.) อยู่ในวงศ์ Melastomataceae เป็นไม้ป่าพื้นเมืองและเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยา ปัจจุบันพืชชนิดนี้ไม่ค่อยพบในธรรมชาติมากนัก อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการเกษตร ทำให้พืชชนิดนี้ใกล้สูญพันธุ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมสายพันธุ์โคลงเคลงในประเทศไทย รวมทั้งการจำแนกสายพันธุ์ ซึ่งการใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาอาจจะไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของพืชได้อย่างชัดเจน เนื่องจากลักษณะดังกล่าวสามารถแปรผันไปตามสภาพแวดล้อม ในปัจจุบันมีการนำเทคนิคทางชีวโมเลกุลมาใช้จำแนก คัดเลือก หรือตรวจสอบสายพันธุ์ เช่น เทคนิค RAPD, SSR เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์ความแตกต่างของรูปแบบดีเอ็นเอนั้น จำเป็นต้องสกัด ดีเอ็นเอให้ได้ปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบในแต่ละวิธี ซึ่งวิธีการสกัดดีเอ็นเอมีหลายวิธี มีความเหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน เนื่องจากเนื้อเยื่อของพืชแต่ละส่วนนั้นมี โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) และ/หรือสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นปัญหาสำคัญในการสกัดดีเอ็นเอ โคลงเคลงไม่ว่าจะเป็นส่วนของใบ หรือต้นที่เจริญเติบโตในธรรมชาตินั้น มักมีโครงสร้างที่ค่อนข้างแข็ง และมีเส้นใยมาก จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการสกัดดีเอ็นเอ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการสกัดดีเอ็นเอจากโคลงเคลงเพื่อให้ได้ดีเอ็นเอที่มีปริมาณและคุณภาพดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการจำแนกสายพันธุ์และศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของโคลงเคลงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

ตัวอย่างพืช ตัวอย่างใบอ่อนโคลงเคลงจำนวน 5 ตัวอย่าง

[1]ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง, ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ, คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1]Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhon Pathom, 73140

การสกัดดีเอ็นเอ นำใบโคลงเคลงมาสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

วิธีที่ 1 วิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากวิธีของ Dellaporta และคณะ (1983) โดยบดใบสด 0.1 กรัม ด้วยไนโตรเจนเหลว ถ่ายใส่ในหลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่มี Extraction buffer (100mM Tris-HCl pH 8.0, 50 mM EDTA, 500mM NaCl และ 10 mM β-Mercaptoethanol) ปริมาตร 750 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติม 20% Sodium dodecyl sulfate (SDS) ปริมาตร 30 ไมโครลิตร บ่มที่ 65°C นาน 15 นาที นำตัวอย่างมาตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิเป็นปกติ แล้วเติม 5 M Potassium acetate ปริมาตร 150 ไมโครลิตร บ่มในน้ำแข็งเป็นเวลานาน 20 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 rpm นาน 15 นาที ที่ 4°C ดูดส่วนใสด้านบนใส่หลอดใหม่ แล้วเติม Isopropanol ปริมาตร 1เท่าตัว บ่มที่ -20°C นาน 1 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 rpm นาน 10 นาที ล้างตะกอนด้วย 70% Ethanol ตากตะกอนดีเอ็นเอให้แห้ง แล้วละลายตะกอนด้วย TE buffer (10 mM Tris-Hcl pH 8.0, 1 mM EDTA) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และเติม RNase A (1 mg/ml) ปริมาตร 4 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C นาน 30 นาที แล้วสกัดด้วย Phenol : Chloroform : Isoamly alcohol (25:24:1) ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 rpm นาน 10 นาที ดูดสารละลายส่วนบนใส่หลอดใหม่ แล้วสกัดด้วย Chloroform : Isoamly alcohol (24:1) ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 rpm นาน 10 นาที ดูดสารละลายส่วนบนใส่หลอดใหม่ แล้วตกตะกอนดีเอ็นเอโดยเติม 3 M Sodium acetate และเติม Absolute Ethanol บ่มที่ -20°C นาน 1 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 rpm นาน 10 นาที ล้างตะกอนด้วย 70% Ethanol ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 rpm นาน 10 นาที ตากตะกอนดีเอ็นเอให้แห้ง ละลายตะกอนด้วย TE buffer ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เก็บดีเอ็นเอไว้ที่ -20°C

วิธีที่ 2 วิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากวิธีของ Doyle and Doyle (1987) โดยบดใบสด 0.1 กรัม ด้วยไนโตรเจนเหลว ถ่ายใส่ในหลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร เติม 2X CTAB buffer (2% CTAB, 1.4 M NaCl, 20 mM EDTA pH 8.0, 100 mM Tris-HCl pH 8.0, 0.2% β-mercaptoethanol) ปริมาตร 700 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่ 65°C นาน 30 นาที จากนั้นเติม Chloroform : Isoamyl alcohol (24:1) ปริมาตร 700 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 rpm อุณหภูมิ 4°C นาน 10 นาที ทำซ้ำขั้นตอนการเติม Chloroform : Isoamyl alcohol อีก 1 ครั้ง จากนั้นเติม Isopropanol ปริมาตร 600 ไมโครลิตร เพื่อตกตะกอนดเอ็นเอล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วย 70% Ethanol ปล่อยให้ตะกอนดีเอ็นเอแห้งที่อุณหภูมิห้อง ละลายตะกอนด้วย TE buffer (10 mM Tris-HCl pH 8.0, 1 mM EDTA pH 8.0) ปริมาตร 50 ไมโครลิตรและเติม RNase A (10 mg/ml) ปริมาตร 5 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 30 นาที เก็บดีเอ็นเอไว้ที่ -20°C

วิธีที่ 3 วิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากวิธีของ Lim และคณะ (1997) โดยบดใบสด 0.1 กรัม ด้วยไนโตรเจนเหลว เติม PVP (100 mg/ml) ปริมาตร 60 ไมโครลิตร ถ่ายใส่หลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตรเติม Extraction buffer (100 mM Tris-HCl pH 8.0, 50 mM EDTA pH 8.0, 500 mM NaCl, 100 mM β-mercaptoethanol) ปริมาตร 600 ไมโครลิตร และเติม 20% SDS ปริมาตร 40 ไมโครลิตร บ่มที่ 65°C นาน 10 นาที แล้วเติม 5 M Potassium acetate (pH 5.2) บ่มในน้ำแข็งนาน 20 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 rpm ที่ 4°C นาน 10 นาที ดูดสารละลายใสส่วนบนใส่หลอดใหม่ จากนั้นเติม Isopropanol ปริมาตร 400 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่ -20°C นาน 1 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 rpm ที่ 4°C นาน 10 นาที แล้วเติม TE buffer (10 mM Tris-HCl pH 8.0, 1 mM EDTA pH 8.0) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และเติม RNase A (10 mg/ml) 100 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่ 37°C นาน 30 นาที จากนั้นนำมาเติม Phenol : Chloroform (1:1) ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ดูดสารละลายส่วนบนใส่หลอดใหม่ ทำซ้ำขั้นตอนการเติม Phenol : Chloroform อีก 1 ครั้ง แล้วตกตะกอนดีเอ็นเอโดยเติม 3M Sodium acetate (pH 5.2) และ Absolute Ethanol บ่มที่ -80°C นาน 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 rpm ที่ 4°C นาน 10 นาที แล้วล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วย 70% Ethanol จากนั้นอบตะกอนดีเอ็นเอที่ 60°C นาน 10 นาที แล้วละลายตะกอนด้วย TE buffer ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เก็บดีเอ็นเอไว้ที่ -20°C

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดดีเอ็นเอโดยการตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอที่สกัดได้

ตรวจสอบความเข้มข้นและคุณภาพของดีเอ็นเอโคลงเคลงที่สกัดได้จากวิธีต่างๆ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยวิธี spectrophotometer ที่ 260 และ 280 นาโนเมตร และวิธี agarose gel electrophoresis ทดสอบคุณภาพของดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดแต่ละวิธีด้วยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค SSR ด้วยไพรเมอร์ C54 (Forward 5′GGGC TGAGACTTGAGAAAGAGA 3′, Reverse 5′AGAGATCTCGATTATGCCCAAG 3′) (Liu *และคณะ* 2013) เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR โดยมีส่วนผสมของปฏิกิริยา PCR ในปริมาตร 25 ไมโครลิตร ซึ่งประกอบด้วยสารละลายความเข้มข้นสุดท้ายคือ 1X PCR buffer, $MgCl_2$ 1.5 mM, deoxynucleotide triphosphate 0.25 mM, primer forward และ primer reverse อย่างละ 20 pmole, *Taq* DNA polymerase 1 ยูนิต และดีเอ็นเอต้นแบบ 50 นาโนกรัม สำหรับสภาวะที่เหมาะสมของปฏิกิริยา PCR ที่ใช้มีดังนี้ ใช้อุณหภูมิที่ 95°C 3 นาที จำนวน 1 รอบ และที่ 94°C 30 วินาที ที่ 55°C 30 วินาที ที่ 72°C 40 วินาที ทำสลับกันซ้ำๆ จำนวน 35 รอบ แล้วตามด้วย 72°C 10 นาที จำนวน 1 รอบ ตรวจสอบรูปแบบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นด้วยวิธี agarose gel electrophoresis

ผลและวิจารณ์ผล***

จากการทดลองสกัดดีเอ็นเอและเปรียบเทียบผลการสกัดดีเอ็นเอจากทั้ง 3 วิธี เมื่อนำมาตรวจสอบด้วยวิธี agarose gel electrophoresis พบว่าดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Dellaporta และคณะ (1983) สารละลายดีเอ็นเอที่ได้ใส มีสีเหลือง น้ำตาล และพบแถบดีเอ็นเอในทุกตัวอย่าง (Figure 1A, 2A) ส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Doyle and Doyle (1987) ได้สารละลาย ดีเอ็นเอใสและไม่มีสี และพบแถบดีเอ็นเอในทุกตัวอย่าง (Figure 1B, 2B) และดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Lim *et al.* (1997) สารละลายดีเอ็นเอที่ได้มีสีเหลือง น้ำตาล และพบแถบดีเอ็นเอเพียง 2 ตัวอย่าง (Figure 1C and Figure 2C) การสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีของ Dellaporta และคณะ (1983) และ Lim และคณะ (1997) อาจมีการปนเปื้อนของสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) หรือสารพวก polysaccharide ที่มีอยู่ในพืช (Lim และคณะ 1997) ทั้งนี้พบว่าสารละลาย extraction buffer ที่ใช้ในการสกัดวิธีของ Dellaporta และคณะ (1983) และ Lim และคณะ (1997) มีความแตกต่างจาก extraction buffer วิธีของ Doyle และ Doyle (1987) โดยมีความแตกต่าง คือ ไม่มีสาร CTAB เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสารดังกล่าวมีความสามารถในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีนและสาร polysaccharide ช่วยในการกำจัดสาร polysaccharide ที่มีปริมาณมากในพืชออกไปได้ (Semagn และคณะ 2006) ดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการสกัดทั้ง 3 วิธี มีการแตกหักของดีเอ็นเอน้อย (เกิดเสมียร์) (Figure 2A, 2B, 2C) เนื่องจากทั้ง 3 วิธี มีสาร mercabtoethanol เป็นส่วนประกอบของ extraction buffer ซึ่งสาร mercabtoethanol มีคุณสมบัติเป็น antioxidant หรือ celating agents ซึ่งจะช่วยรักษาสภาพของเซลล์ทำให้ดีเอ็นเอเกิดการแตกหักน้อย อีกทั้งยังพบว่ามีบางตัวอย่างได้ปริมาณดีเอ็นเอมาก คุณภาพดี ดีเอ็นเอไม่แตกหัก แต่บางตัวอย่างได้ปริมาณดีเอ็นเอน้อย อาจเนื่องจากตัวอย่างมาจากแหล่งที่แตกต่างกันและชนิดของเนื้อเยื่อมีองค์ประกอบของเส้นใยมาก ทำให้ในขั้นตอนการบดตัวอย่างทำได้ยาก มีผลทำให้ได้ปริมาณดีเอ็นเอน้อย

ผลการตรวจวัดปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค spectrophotometer พบว่าดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Dellaporta และคณะ (1983) ความเข้มข้นอยู่ในช่วงประมาณ 180-2652 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร อัตราส่วนการดูดกลืนแสงที่ A_{260}/A_{280} มีค่าอยู่ในช่วง 1.06-1.73 ดีเอ็นเอที่ได้มีการปนเปื้อนของสารกลุ่มโปรตีนหรือฟีนอล ส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Doyle and Doyle (1987) ความเข้มข้นอยู่ในช่วงประมาณ 12-118 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร อัตราส่วนการดูดกลืนแสงที่ A_{260}/A_{280} มีค่าอยู่ในช่วง 1.78-1.97 แสดงว่าดีเอ็นเอที่ได้มีความบริสุทธิ์ สามารถแยกสารปนเปื้อนอื่นๆ ออกจากสารละลายดีเอ็นเอได้ดี และดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Lim *et al*. (1997) ความเข้มข้นอยู่ในช่วงประมาณ 36-1438 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร อัตราส่วนการดูดกลืนแสงที่ A_{260}/A_{280} มีค่าอยู่ในช่วง 1.60-1.82 ดีเอ็นเอที่ได้อาจมีการปนเปื้อนของสารกลุ่มโปรตีนหรือฟีนอลบางส่วน (Table 1) อย่างไรก็ตามผลการตรวจ วัดปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธี spectrophotometer อาจไม่สอดคล้องกับผลการตรวจด้วยวิธี agarose gel electrophoresis โดย ตรงเนื่องจากมีการปนเปื้อนของสารกลุ่มโปรตีน ฟีนอล หรือสารทุติยภูมิอื่นๆ ในสารละลายดีเอ็นเอ อาจไปบดบังการดูดกลืนแสงของดีเอ็นเอทำให้มีผลรบกวนต่อค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

เมื่อนำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาใช้เป็นดีเอ็นเอต้นแบบในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธี PCR โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR พบว่าดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Dellaporta และคณะ (1983) เกิดแถบดีเอ็นเอเพียง 1 ตัวอย่าง (Figure 2D) ส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Doyle และ Doyle (1987) เกิดแถบดีเอ็นเอทุกตัวอย่างและมีความคมชัด (Figure 2E) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดีเอ็นเอที่ได้นั้นมีคุณภาพดีเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการทำ PCR ได้ ส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Lim และคณะ (1997) เกิดแถบดีเอ็นเอเพียง 2 ตัวอย่าง (Figure 2F) ดีเอ็นเอที่ได้จากวิธีการของ Dellaporta และคณะ (1983) และ Lim และคณะ (1997) มีคุณภาพต่ำเนื่องจากมีการปนเปื้อนของสารกลุ่มโปรตีนหรือฟีนอล สารเหล่านี้มีผลต่อปฏิกิริยาในการทำ PCR จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการสกัดดีเอ็นเอของ Doyle และ Doyle (1987) นั้นมีประสิทธิภาพสามารถนำมาใช้ในการสกัดดีเอ็นเอจากพืชโคลงเคลงได้ ซึ่งมีรายงานการประยุกต์ใช้วิธีการสกัดดีเอ็นเอของ Doyle และ Doyle (1987) กับพืชชนิดอื่น ได้แก่ กล้วยไม้ หม้อข้าวหม้อแกงลิง มะม่วง สบู่ดำ อินทผลัม เป็นต้น พบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์ สามารถนำไปใช้ตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมได้

สรุป

วิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากวิธีของ Doyle และ Doyle (1987) เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการสกัดดีเอ็นเอจากใบสดของโคลงเคลง ซึ่งให้ผลดี ได้ปริมาณดีเอ็นเอที่เหมาะสม มีคุณภาพดี อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และใช้เวลาในการสกัดไม่มากนัก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาพันธุกรรมของโคลงเคลงต่อไป

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

Dellaporta, S.L., Wood, J. and Hicks, J.B., 1983, A plant DNA mini-preparation: Version II, Plant Molecular Biology Reporter, 1(4): 19-21.

Doyle, J., and Doyle, J., 1987, A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue, Phytochemical Bulletin, 19: 11-15.

Lim, S.H., Liew, C.F., Lim, C.N., Lee, Y.H. and Goh, C.J., 1997, A simple and efficient method of DNA isolation from orchid species and hybrids, Biological Plantarum, 41(2): 314-316.

Liu, T., Seping, D., Wei, W. Rongshu, Z., Qiang, F., Suhua, S. and Renchao, Z., 2013, Development and characterization of microsatellite markers for *Melastoma dodecanrum* (Melastomataceae), Application in Plant Science, 1(3): 1-3.

Semagn, K., Bjornstad, A. and Ndjiondjop, N., 2006, An overview of molecular marker methods for plants, African Journal of Biotechnology, 5(25): 2540-2568.

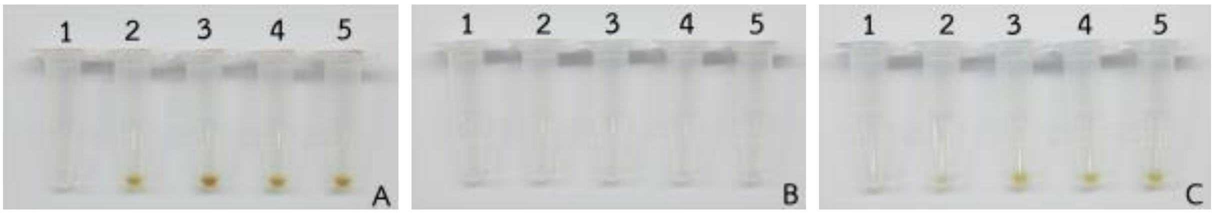


Figure 1 Characteristics of DNA solution from fresh leaves of *Melastoma malabathricum* L. Comparison of extraction methods; Dellaporta *et al*. (1983) (A), Doyle and Doyle (1987) (B) and Lim *et al*. (1997) (C) (1=Phitsanulok, 2=Phechabun, 3=Ubonratchathani, 4=Loei and 5=Nakhonrachasima).

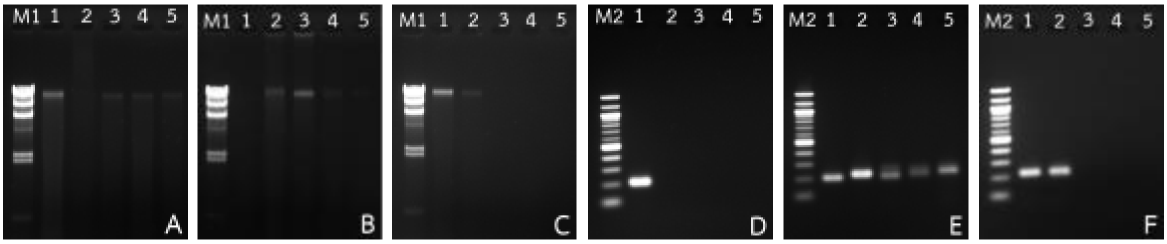


Figure 2 Total DNA from fresh leaves of *Melastoma malabathricum* L. (A, B, C,). Electrophoresis pattern of DNA amplification products obtained with SSR primer C54 (D, E, F). Comparison of extraction methods; Dellaporta *et al*. (1983) (A, D), Doyle and Doyle (1987) (B,E) and Lim *et al*. (1997) (C,F). (M1=Marker, Lambda DNA digested with *Hin*dIII, M2=Marker, 100bp ladder, 1=Phitsanulok, 2=Phechabun, 3=Ubonratchathani, 4=Loei and 5=Nakhonrachasima).

Table 1 DNA yield and purity from fresh leaves of *Melastoma malabathricum* L.

Source	Dellaporta *et al*. (1983)		Doyle and Doyle (1987)		Lim *et al*. (1997)	
	A_{260}/A_{280}	DNA concentration (ng/µl)	A_{260}/A_{280}	DNA concentration (ng/µl)	A_{260}/A_{280}	DNA concentration (ng/µl)
1. Phitsanulok	1.16	1576	1.80	28	1.65	286
2. Phechabun	1.73	180	1.97	118	1.82	182
3. Ubonratchathani	1.14	428	1.85	26	1.60	36
4. Loei	1.06	2652	1.78	70	1.60	1438
5. Nakhonrachasima	1.12	2252	1.79	12	1.60	964

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบ
Development of Crispy Fried Lotus Leaf Chip

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] อินทิรา ลิจันทร์พร[1] และ นันท์ชนก นันทะไชย[1]
Tanganurat, P.[1], Lichanporn, I.[1] and Nanthachai, N.[1]

Abstract**

Development chip from lotus leaf was produced at blanched lotus leaf to water ratio of 1.0: 2.5, 1.0:3.0 and 1.0:3.5. Tapioca flour, sugar, salt, soy sauce, ground chili and ground pepper were then added in lotus leaf paste at 16.0, 1.2, 0.2, 0.2, 0.2, and 0.1% (w/v), respectively. Mixture was then cast, dried in oven dryer and fried. The color of developed lotus leaf leather was greenish. The thickness of leather and water activity was 0.25 mm and 0.32. Moisture content, fat, crude fiber, protein, ash, and carbohydrate were 2.20%, 29.39%, 8.14%, 2.41%, 4.20%, and 53.66%, respectively. Total plate count, yeast and mold were not found. Lotus leaf to water ratio of 1.0 : 3.0 had moderately like score (7.66 from 9-point hedonic scale).
Keywords: lotus leaf, vegetable leather, crispy fried

บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นโดยใช้อัตราส่วนปริมาณใบบัวลวก:น้ำ 1.00:2.50, 1.00:3.00 และ 1.00:3.50 และปรุงรสด้วยแป้งมันสำปะหลัง น้ำตาลทราย เกลือป่น ซีอิ๊วขาว พริกป่น และพริกไทยร้อยละ 16, 1.2, 0.2, 0.2, 0.2 และ 0.1%(w/v) ตามลำดับ นำส่วนผสมไปขึ้นรูปและอบแห้งก่อนนำไปทอด ใบบัวแผ่นมีลักษณะเป็นแผ่นสีเขียว ความหนา 0.25 มิลลิเมตร และค่าปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.32 ปริมาณความชื้น ไขมัน เส้นใย โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ 2.2, 29.39, 8.14, 2.41, 4.2 และ 53.66% ตามลำดับไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา อัตราส่วนปริมาณใบบัว:น้ำ 1.00:3.00 ได้รับคะแนนความชอบรวมในระดับปานกลาง (7.66 จากการทดสอบชิมแบบ 9-point hedonic scale)
คำสำคัญ: ใบบัว ผักแผ่น แผ่นทอดกรอบ

คำนำ*

ในปัจจุบันขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่มีหลายรูปแบบหลายลักษณะดึงดูดความสนใจผู้บริโภคในทางกลับกันคุณค่าทางโภชนาการกลับลดต่ำลงอย่างมาก เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วอาจก่อให้เกิดโทษต่อผู้บริโภค บัวเป็นพืชน้ำล้มลุก ลักษณะลำต้นมีทั้งที่เป็นเหง้าไหล หรือหัว ใบเป็นใบเดี่ยวเจริญขึ้นจากลำต้น โดยมีก้านใบส่งขึ้นมาเจริญที่ใต้น้ำ ผิวน้ำหรือเหนือน้ำ รูปร่างของใบส่วนใหญ่กลม มีหลายแบบ (ทิพย์สุดา,2554) ใบบัวหลวงเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ หลากหลายด้านโดยเฉพาะด้านอาหาร และมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย อาทิเช่น สารฟลาโวนอยด์ คลอโรฟิลล์ วิตามินเอ วิตามินบี1 และแคลเซียม (ไฉนและคณะ, 2555) ผักแผ่นจัดเป็นการถนอมอาหารอีกประเภทหนึ่ง มีลักษณะการเตรียมคล้ายผลไม้กวน คือ นำผักที่ได้มาลวกในน้ำร้อนแล้วนำมา ตีป่นเพื่อทำให้เป็นแผ่นบาง ๆ ก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการอบแห้งการคัดเลือกผักที่จะนำมาทำผักแผ่นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมหาง่าย ผักที่นิยมนำมาทำผักแผ่น คือ ฟักทอง มะเขือเทศ คื่นช่าย มีการใช้เครื่อง เทศเพื่อปรุงรส เช่น พวกกานพลูอบเชย ดอกจันทน์เทศ สะระแหน่ เป็นต้น (วิลาสินี, 2555) นอกจากนี้ยังพบว่ามีงานวิจัยเกี่ยวกับ ผักแผ่นชนิดอื่น ๆ เช่น ผำแผ่น (เกรียงศักดิ์ และเลอลักษณ์ ,2556) ไข่น้ำแผ่น (วิลาสินี, 2555) และคะน้าแผ่น (อนุวัตรและคณะ, 2547) งานวิจัยนี้จึงศึกษาการแปรรูปใบบัวหลวงให้เป็นผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นเพื่อเป็นขนมขบเคี้ยวมีลักษณะเป็นแผ่นบาง กรอบ รสชาติถูกปาก

[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
*****

อุปกรณ์และวิธีการ*

การเตรียมใบบัว

นำใบบัวหลวงมาล้างน้ำเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมาออก จากนั้นผึ่งให้แห้งนำมาหั่นขนาด ประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร นำลงแช่ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (w/v) เป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบเวลานำมาแช่ในน้ำเปล่าต่ออีก 10 นาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปต้มในน้ำเปล่า 1000 มิลลิลิตร โดยเติมน้ำส้มสายชูลงไป 1 ช้อนโต๊ะ ต้มนาน 3 นาที จากนั้นนำขึ้นมาสะเด็ดน้ำ

การศึกษาอัตราส่วนใบบัวต่อน้ำในการทำใบบัวแผ่นปรุงรสทอดกรอบ

ศึกษาอัตราส่วนใบบัวต่อน้ำที่ 1:2.5, 1:3 และ 1:3.5 (w/v) ในการทำใบบัวแผ่นปรุงรส วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้อัตราส่วนของเครื่องปรุงรสเป็นร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้ ดังนี้ พริกไทยป่น 0.1% พริกป่น 0.2% เกลือ 0.2% น้ำตาลทราย 1.2% ซีอิ๊วขาว 0.2% และแป้งมันสำปะหลัง 16%

ขั้นตอนการทำใบบัวแผ่นปรุงรส นำใบบัวหลวงปทุมล้างแล้วหั่นประมาณ 1 ซม. แช่ในน้ำเกลือ 20 นาทีและแช่น้ำเปล่าต่ออีก 20 นาที ลวกในน้ำเดือดผสมน้ำส้มสายชูเป็นเวลา 3 นาที ปั่นใบบัวหลวงกับน้ำตามอัตราส่วนที่กำหนดให้เป็นเนื้อเดียวกัน ผสมเครื่องปรุงรสกับแป้งมันสำปะหลังคนให้เข้ากันแล้วนำไปตั้งไฟคนจนแป้งสุก มีสีใสใส่ใบบัวที่ปั่นไว้แล้วลงในน้ำแป้งคนให้เข้ากันโดยเร็ว ตักใส่ลงในถุงพลาสติกขนาด 6x9 ซม. ปริมาณถุงละ 30 กรัมใช้ไม้คลึงแป้งรีดให้สม่ำเสมอกัน นำไปแช่แข็งเพื่อให้อยู่ตัวเป็นเวลา 30 นาที แล้วตัดแผ่นพลาสติกด้านบนออก อบด้วยอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 1.30 ชั่วโมง นำมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมและลอกพลาสติกที่เหลือออกให้หมด นำไปทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 3 วินาที ดัดแปลงจากเกรียงศักดิ์และเลอลักษณ์ (2556) และอนุวัตรและคณะ (2547)

จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ดังนี้ ค่าสี ด้วยเครื่อง Colorimeter CR-10 ระบบ CIE L*a*b* ความหนาด้วยเครื่องเวอร์เนียคาลิปเปอร์ และปริมาณความชื้นตามวีธี AOAC (2000) และลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งด้วยเครื่อง Texture analyser และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9 point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน และวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จากนั้นนำสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราและตรวจสอบปริมาณน้ำอิสระของใบบัวแผ่นระหว่างการเก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมซิปล็อคที่อุณหภูมิห้อง ทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผล**

1. คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสของใบบัวแผ่นปรุงรสทอดกรอบ

จากการทดลองนำใบบัวหลวงปทุมล้างแล้วหั่นประมาณ 1 ซม. แช่ในน้ำเกลือ 20 นาทีและแช่น้ำเปล่า ต่ออีก 20 นาที ลวกในน้ำเดือดผสมน้ำส้มสายชูเป็นเวลา 3 นาที สามารถช่วยลดความขมในใบบัวได้ และนำมาผลิตเป็นใบบัวแผ่นทอดกรอบที่ใช้อัตราส่วนใบบัวต่อน้ำที่ 1:2.5, 1:3 และ 1:3.5 (w/v) นำมาวิเคราะห์ค่าสี ความหนา และความแข็ง (Table 1)

Table 1 Physicochemical characteristics of crispy fried lotus leaf leather at different lotus leaf to water ratios (w/v).

Lotus leaf : Water	L*	a*	b*	Thickness (mm)	Hardness (N)
1.0:2.5	15.70^{c}	-4.71^{a}	0.23^{a}	0.25	27.42^{c}
1.0:3.0	27.54^{b}	-2.64^{b}	0.32^{b}	0.25	94.41^{b}
1.0:3.5	35.49^{a}	-0.22^{c}	0.36^{c}	0.25	116.07^{a}

Different letters indicate statistically significant differences p ≤ 0.05 among columns.

พบว่าผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่างมากขึ้นโดยมีค่าสีเขียว น้อยลงตามลำดับ($p \leq 0.05$) สำหรับความหนาของใบบัวทอดกรอบ เนื่องจากทุกแผ่นก่อนอบต้องชั่งน้ำหนักและผ่าน กรรมวิธีการรีดที่เหมือนกันผลิตภัณฑ์จึงไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่แตกต่างกับงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่น (อนุวัตรและคณะ,2547) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่น้ำแผ่น (วิลาสินี, 2555) ที่มีความหนาเท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร ส่วนค่าความแข็ง พบว่า

ใบบัวแผ่นจะมีค่าความแข็งมากขึ้นเมื่อมีอัตราส่วนของน้ำมากขึ้น เนื่องจากมีปริมาณไฟเบอร์ลดลง ทำให้ความเหนียวของแผ่นใบบัวน้อยลง และผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ต่อผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบทั้ง 3 สูตร แสดงดัง Table 2

Table 2 Sensory quality attributes of crispy fried lotus leaf chip

Lotus leaf : Water	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Crispness	Overall acceptance
1.0:2.5	7.30^{a}	7.50^{a}	6.90^{a}	6.53^{a}	6.60^{b}	6.23^{c}	6.70^{b}
1.0:3.0	7.36^{a}	7.70^{a}	7.03^{a}	7.56^{a}	7.73^{a}	7.93^{a}	7.66^{a}
1.0:3.5	7.50^{a}	7.43^{a}	6.86^{a}	6.54^{a}	6.26^{c}	7.83^{b}	6.40^{c}

Different letters indicate statistically significant differences $p \leq 0.05$ among columns.

จากตารางแสดงให้เห็นว่าใบบัวแผ่นทอดกรอบมีคะแนนลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนด้านเนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) พบว่า ที่อัตราส่วนปริมาณใบบัว:น้ำเป็น 1:3 ได้คะแนนความชอบสูงสุด จึงนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณน้ำอิสระระหว่างการเก็บรักษา แสดงดัง Table 3 และ 4

Table 3 Water activity (a_w) of crispy fried lotus leaf chip during storage at room temperature.

Lotus leaf : Water	Storage time (weeks)		
	1	2	3
1.0:2.5	0.23^{c}	0.30^{c}	0.32^{c}
1.0:3.0	0.32^{b}	0.37^{b}	0.46^{b}
1.0:3.5	0.36^{a}	0.46^{a}	0.50^{a}

Different letters indicate statistically significant differences $p \leq 0.05$ among columns.

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อมีเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากการทอดเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนมีผลต่อปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่น แต่จากการบรรจุในถุงซิปล๊อคอะลูมิเนียมฟอล์ยพร้อมใส่ซองกันชื้นนั้นก็ยังส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นให้ปริมาณน้ำอิสระและการซึมผ่านของแก๊สที่ช้าลง ส่งผลให้ความกรอบลดลง แต่ยังเป็นที่ยอมรับเมื่อค่าปริมาณน้ำอิสระที่ไม่เกิน 0.3-0.5 (วิลาสินี, 2557)

Table 4 Proximate analysis of crispy fried lotus leaf chip.

Chemical properties	Value (%)
Moisture content	2.20
Protein	4.20
Ash	2.41
Fat	29.39
Fiber	8.14
Carbohydrate	53.66

ผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบ มีร้อยละปริมาณความชื้น ไขมัน เส้นใย โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ 2.2, 29.39, 8.14, 2.41, 4.2 และ 53.66 ตามลำดับ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ใด ๆ ในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นมีปริมาณน้ำอิสระต่ำ ส่งผลต่อให้จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นปลอดภัยต่อผู้บริโภค

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นมีคุณภาพทางกายภาพ ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เนื้อสัมผัส และความหนาที่อัตราส่วนใบบัว:น้ำ 1:3 มีค่าที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกันกับอัตราส่วนอื่น ๆ สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกันทุกสิ่งทดลอง ส่วนเนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นในอัตราส่วนใบบัว:น้ำ 1:3 ได้คะแนนความชอบสูงสุด และตรวจไม่พบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์ราในผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าสามารถนำใบบัวมาทำเป็นแผ่นทอดกรอบ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2560 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง*

เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้วและเลอลักษณ์ เสถียรรัตน์, 2556, ผำแผ่นปรุงรส, รายงานการวิจัย, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ไฉน น้อยแสง ภัทรานุช เอกวโรภาส กฤษณ์ตินันท์ นวพงษ์ปวีณ และ อุษา โสดามุข, 2555, การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของเซลล์ต้นกำเนิดจากบัวหลวง, โครงการวิจัยได้รับการสนับสนุน งบประมาณแผ่นดิน วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ทิพย์สุดา มาปาน, 2554, ประวัติความเป็นมาของบัว, 29 ตุลาคม 2558, สืบค้นจาก https://thipsuda.wordpress.com.

วิลาสินี ดีปัญญา, 2555, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่น้ำแผ่น, งบประมาณแผ่นดิน ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

วิลาสินี ดีปัญญา, 2557, การผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบกเพื่อส่งเสริมการบริโภคในเด็ก, งบประมาณประจำปี 2557 ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

อนุวัตร แจ้งชัด สุจีบังอร เข็มทอง สุกัญญา องอาจ และรัชนีกร กิติศิริมงคล, 2547, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่น. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43, หน้า 602-609.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC international, Association of Official Analytical Chemists, 17th ed., Washington, DC.

ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของมะละกอสุกตัดแต่งพันธุ์ปลักไม้ลาย
Effect of Drying Temperature on the Quality of Fresh Cut Ripe 'Red Maradol' Papaya

วีรดา ธนพงศ์ธรรม[1] พริมา พิริยางกูร[1] และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]
Thanapongthram W.[1], Phiriyangkul, P.[1] and Poubol, J.[2]

Abstract

The effect of drying temperature on quality of fresh-cut ripe 'Red Maradol' papaya was studied. Orange-yellowish papaya fruits were washed with tap water and soaked in 100 ppm chlorinated water for 1 min. Fruits were peeled, stem and bottom were removed, then cut into cubes (2 cm^3). They were treated with hot air oven at 40, 50 and 60°C. Color, pH, total soluble solid, moisture content and appearance were determined. Untreated fresh-cut papaya had pH, TSS and moisture which were 5.8, 7.8°Brix and 70.2%, respectively. Fresh-cut papaya dried at 40 and 50°C for 2 days had abnormal odor and deterioration with white sliminess and mycelium were covered the cubes, whereas those dried at 60oC were not found. Dried papaya had moisture content and pH with decreased to 58.2% and 4.6, respectively. TSS was increased to 13.6°Brix. Dried papaya at 60°C had texture and flavor as same as dried market tomatoes.

Keywords: papaya, temperature, quality, moisture content

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของมะละกอสุกตัดแต่งพันธุ์ปลักไม้ลาย โดยนำผลมะละกอที่มีสีเหลืองส้มมาล้างด้วยน้ำประปาและแช่ในสารละลายคลอรีน 100 ppm นาน 1 นาที ปอกเปลือก ตัดส่วนหัวและส่วนท้ายออก หั่นเป็นชิ้น (2 cm^3) นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส วัดค่าสี ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความชื้น และลักษณะปรากฏ มะละกอสุกที่ยังไม่ได้ผ่านการอบแห้งมีค่า pH TSS และความชื้นเท่ากับ 5.8, 7.8 องศาบริกซ์ และร้อยละ 70.2 ตามลำดับ มะละกอที่อบที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน มีกลิ่นผิดปกติและมีการเสื่อมเสีย โดยมีเมือกสีขาวและเส้นใยเชื้อราขึ้นบนมะละกอ ในขณะที่ตรวจไม่พบในมะละกอที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยมะละกอมีความชื้นและ pH ลดลงเหลือร้อยละ 58.2 และ 4.6 ตามลำดับ มีค่า TSS เพิ่มเป็น 13.6 องศาบริกซ์ มะละกอที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีเนื้อสัมผัสและรสชาติคล้ายมะเขือเทศอบแห้งที่จำหน่ายในตลาด

คำสำคัญ: มะละกอ, อุณหภูมิ, คุณภาพ, ความชื้น

คำนำ

มะละกอ (*Carica papaya* L.) เป็นผลไม้เขตร้อนที่ปลูกมากในประเทศไทย เมื่อผลสุกจะมีกลิ่นหอมหวานและมีรสชาติดี อีกทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง เช่น vitamin A, vitamin C, vitamin E, phenolic และ carotenoid ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและโรคหัวใจ และยังช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งในลำไส้ (Ali และคณะ, 2014) นอกจากนี้มะละกอยังประกอบด้วยlycopene, β-cryptoxanthinและ β-carotene ซึ่งสารดังกล่าวจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลสุกมากขึ้น (Sancho และคณะ, 2011) ในอดีตประเทศไทยนิยมปลูกมะละกอพันธุ์แขกดำกันมาก เนื่องจากสามารถบริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก โดยผลดิบสามารถนำมาแปรรูปและประกอบอาหาร เช่น ทำแกงส้มและส้มตำ ส่วนผลสุกนิยมนำมาบริโภคสดโดยหั่นเป็นชิ้น ๆ แต่ในปัจจุบันการบริโคผลสุกจะนิยมบริโภคมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายหรือที่รู้จักกันในชื่อของมะละกอพันธุ์ฮอล์แลนด์ซึ่งมีรสชาติหอมหวานกว่ามะละกอพันธุ์แขกดำ อีกทั้งยังใช้เป็นส่วนประกอบในการทำสลัดด้วย

การแปรรูปผลไม้เพื่อการถนอมอาหารทำได้หลายวิธี เช่น การกวน การแช่อิ่ม การดอง และการตากแห้ง เป็นต้น การให้

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

แห้งเป็นวิธีการหนึ่งในการทำให้ปริมาณน้ำในอาหารลดลงจึงสามารถเก็บไว้ได้นาน (Joslyn, 1967) การทำให้แห้งจึงช่วยชะลออัตราการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้น ซึ่งการทำให้อาหารแห้งมีหลายวิธีที่นิยมใช้กับได้แก่ การตากแห้ง (sun drying) และการอบด้วยลมร้อน (hot air) ในประเทศไทยการอบแห้งผลไม้ส่วนใหญ่จะใช้แบบ fixed-bed (Nagle และคณะ, 2010) cabinet (Precoppe และคณะ, 2011) solar tunnel (Janjai และคณะ, 2009a) หรือ solar greenhouse-dryers (Janjaiและคณะ, 2009b) นอกจากนี้ยังมีอบแห้งแบบ osmotic dehydration ซึ่งจะอบแห้งผลไม้ที่อุณหภูมิประมาณ 30-60 องศาเซลเซียส ภายหลังจากที่จุ่มชิ้นผลไม้ลงในน้ำเชื่อมที่มีความหวานของน้ำตาลประมาณ 30-70 องศาบริกซ์ (Udomkun และคณะ, 2015) อีกทั้งยังมีรายงานการใช้ระบบแช่แข็งอบแห้ง (freeze-drying) กับผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล (Parniakov และคณะ 2016) และพุทรา (Wojdylo และคณะ, 2016) งานวิจัยนี้สนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอสุกพันธุ์ปลักไม้ลายที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชิ้นมะละกอและการอบแห้ง

การทดลองนี้ใช้มะละกอสุกพันธุ์ปลักไม้ลายซึ่งปลูกในเขตพื้นที่จังหวัดนครปฐม ทำการคัดคุณภาพของมะละกอโดยคัดเลือกผลที่มีขนาดเท่า ๆ กัน ผลปราศจากตำหนิโรคและแมลง และมีระยะการสุกพร้อมที่จะนำมาบริโภคซึ่งมะละกอจะมีผิวเป็นสีเหลืองส้มทั้งผล จากนั้นนำมะละกอที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา เพื่อขจัดเศษดินและสิ่งแปลกปลอมที่ติดมาออก แล้วแช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 ppm นาน 1 นาที ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำและผึ่งให้แห้ง จากนั้นปอกเปลือก ตัดส่วนหัวและส่วนท้ายของมะละกอออก หั่นให้เป็นลูกเต๋าขนาด 2 ลูกบากศ์เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นมะละกอไปอบในตู้อบลมร้อนด้วยเครื่อง Universal oven (Memmert UN55, Germany) ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส แล้วตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอสุกที่ผ่านการอบแห้งทุกวัน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอสุกอบแห้ง

ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* (ค่าความสว่าง), a* (ค่าสีแดง) และ b* (ค่าสีเหลือง) ของมะละกอโดยใช้เครื่อง Colorimeter (3nh NR200, China) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำคั้นจากมะละกอด้วยเครื่อง LAQUA Twin pH meter (Horiba B712, Japan) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (TSS) จากน้ำคั้นมะละกอโดยใช้เครื่อง Digital handheld refractometers (KRUSS DR101-60, Germany) วัดค่าความชื้นของชิ้นมะละกอที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องMoisture analyzer(Sartorius MA37-1, Germany) และบันทึกลักษณะทางกายภาพและรสชาติของชิ้นมะละกอที่ผ่านการอบแห้ง

ผลและวิจารณ์ผล**

ภายหลังจากที่ตัดแต่งชิ้นมะละกอสุกพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่ามะละกอสุกมีค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 54.2, 23.5 และ 39.1 ตามลำดับ และมีค่า pH, TSS และความชื้นเท่ากับ 5.8, 7.8 องศาบริกซ์ และร้อยละ 70.2 ตามลำดับ (Table 1) โดยมะละกอมีสีเหลืองอมส้มและมีกลิ่นหอมหวาน เมื่อนำชิ้นมะละกอไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าชิ้นมะละกอที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน มีลักษณะแห้งเล็กน้อย แต่มีลักษณะของการเน่าเสียเกิดขึ้นโดยมีจุดสีขาวและสีดำขึ้นบนชิ้นมะละกอ (Figure 1) ในขณะที่ชิ้นมะละกอที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีลักษณะค่อนข้างแห้ง อันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำจึงทำให้เกิดรอยย่นบนชิ้นมะละกอ เมื่ออบแห้งชิ้นมะละกอเป็นระยะเวลา 2 วัน พบว่าชิ้นมะละกอที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีกลิ่นผิดปกติและมีการเสื่อมเสียมากขึ้น โดยมีเมือกสีขาวและเส้นใยสีดำของเชื้อราเพิ่มขึ้นบนชิ้นมะละกอ (Figure 1) ในขณะที่ชิ้นมะละกอที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีกลิ่นผิดปกติและไม่มีการเน่าเสียเกิดขึ้นจากการตรวจวัดค่าสีพบว่ามะละกอมีค่าสี *L** ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เหลือ 49.6 ซึ่งแสดงถึงสีเนื้อมะละกอที่คล้ำลง ในขณะที่มีค่าสี a* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเป็น 28.3 ซึ่งแสดงถึงสีเนื้อมะละกอที่แดงมากขึ้น และเมื่อวัดค่าสี b* พบว่ามะกอมีค่าสี b* เท่ากับ 38.5 ซึ่งต่ำกว่ามะละกอที่ยังไม่ได้อบแห้งแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Bai และคณะ (2013) ที่พบว่าค่าความสว่าง และความเข้มของสีองุ่นไม่มีเมล็ด (Thompson seedless grapes) มีค่าลดลงเมื่ออบแห้งองุ่นที่อุณหภูมิ 55-70 องศาเซลเซียส จากการตรวจวัดค่า pH, TSS และความชื้นของมะละกอที่อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่ามะละกอมีค่า pH ลดลงเหลือ 4.6 และมีค่าความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 58.2 ในขณะที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้เพิ่มขึ้นเป็น 13.6 องศาบริกซ์

Table 1 Changes of pH, total soluble solid (TSS) and moisture content of fresh-cut ripe papaya and dried fresh-cut ripe papaya at 60°C for 2 days.

Qualities	Fresh-cut ripe papaya	Dried fresh-cut ripe papaya
*L** value	54.2[a]	49.6[b]
a* value	23.5[b]	28.3[a]
b* value	39.1[a]	38.5[a]
pH	5.8[a]	4.6[b]
TSS (°Brix)	7.8[b]	13.6[a]
Moisture content (%)	70.2[a]	58.2[b]

* Means in the same line followed by the same lowercase letters have no significant difference ($p \leq 0.05$).

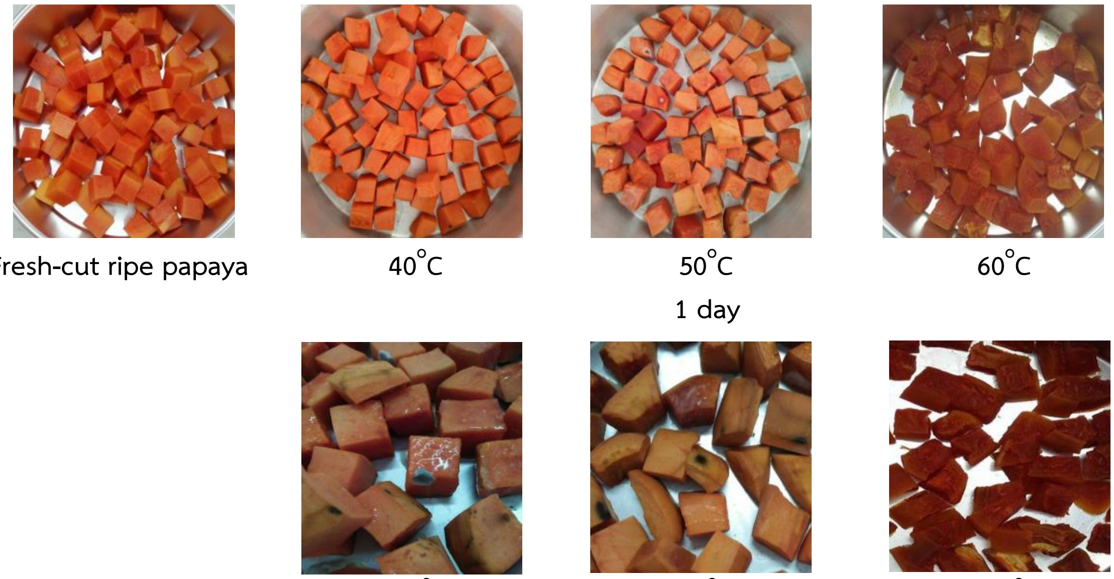


Figure1 Appearance of Dice of ripened papaya after cutting and drying at 40, 50 and 60°C for 1 and 2 days.

เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Udomkun และคณะ (2015) ที่ศึกษาการทำ osmotic pretreatment กับชิ้นมะละกอสุกตัดแต่งพันธุ์ปลักไม้ลาย (ผิวเปลือกมีสีเหลืองประมาณร้อยละ 70) ร่วมกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยจุ่มชิ้นมะละกอลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามด้วยการลวกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที และจุ่มลงในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 30องศาบริกซ์ (pH 4) ซึ่งพบว่าชิ้นมะละกอสุกที่ผ่านการทำ osmotic pretreatment มีค่า TSS เพิ่มขึ้นจาก 10 องศาบริกซ์ เป็น 18 องศาบริกซ์ และเมื่อผ่านการอบแห้งจะมีค่า TSS เพิ่มขึ้นเป็น 24 องศาบริกซ์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า TSS เป็นผลมาจาก osmotic pressure และ mass transfer ของน้ำตาลซูโครส จากการทดลองนี้พบว่ามะละกอสุกตัดแต่งพันธุ์ปลักไม้ลายที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน มีค่า TSS เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 74 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำของ cell membrane ของมะละกอเป็นเหตุให้เซลล์มีรูพรุนและมีช่องเปิดของเซลล์มากขึ้น จึงทำให้ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้สูงขึ้น และจากการสูญเสียน้ำเป็นผลทำให้เซลล์เกิดการเหี่ยว เช่นเดียวกับที่พบในการทดลองของ Udomkun และคณะ (2015) มีรายงานว่าการอบผลพุทราด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิสูง (70 องศาเซลเซียส) ก่อให้เกิดการสูญเสียสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำกว่า (60 และ 50 องศาเซลเซียส) (Wojdylo และคณะ, 2010) ในขณะที่ Lemoine และคณะ (2009) พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (EC50) ของบร็อคโคลีตัดแต่งมีค่าลดลงเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจพบยังมีค่าสูงกว่าที่ตรวจพบในบร็อคโคลีตัดแต่งที่ไม่ผ่านการอบแห้ง จากการทดสอบการชิมพบว่ามะละกอที่อบแห้งที่

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน มีลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างเหนียวเล็กน้อยและมีรสชาติคล้ายกับมะเขือเทศอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

สรุปผล

มะละกอสุกผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน มีกลิ่นผิดปกติและมีการเสื่อมเสียเกิดขึ้น ในขณะที่มะละกอสุกที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ไม่พบการเสื่อมเสียเกิดขึ้น โดยมะละกอมีสีแดงมากขึ้นและมีรสชาติ-เนื้อสัมผัสคล้ายกับมะเขือเทศอบแห้ง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2559 และขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

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.

Bai, J.W., Sun, D.W., Xiao, H.W., Mujumdar, A.S. and Gao, Z.J. 2013. Novel high-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) pretreatment enhances drying kinetics and color attributes of seedless grapes. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 20:230-237.

Janjai, S., Lamlert, N., Intawee, P., Mahayothee, B., Bala, B.K., Nagle, M. and Müller, J. 2009a. Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying of peeled longan and banana. Solar Energy. 83:1550–1565.

Janjai, S., Lamlert, N., Intawee, P., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., Bala, B.K., Nagle, M., Leis, H. and Müller, J., 2009b. Solar drying of peeled longan using a side loading type solar tunnel dryer: experimental and simulated performance. Drying Technology. 27:595–605.

Joslyn, M.A. 1967. Food processing by dryting and dehydration. In: Fundamental of Food Processing Opting. Ed. Heid, J.L. and Joslyn, M.A. The AVI Publ. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Nagle, M., Azcárraga, J.C.G., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., Janjai, S. and Müller, J. 2010. Improved quality and energy performance of a fixed-bed longan dryer by thermodynamic modifications. Journal of Food Engineering. 99:392–399.

Lemoine, M.L., Civello, P., Chaves, A. and Martinez, G. 2009. LWT-Food Science and Technology. 42:1076-1081.

Parniakov, O., Bals, O., Lebovka, N. and Vorobiev, E. 2016. Pulsed electric field assisted vacuum freeze-drying of apple tissue. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 35:52-57.

Precoppe, M.F., Nagle, M., Janjai, S., Mahayothee, B. and Müller, J. 2011. Analysis of dryer performance for the improvement of small-scale litchi processing. International Journal of Food Science and Technology. 46:561–569.

Sancho, L.E. G.-G., Yahia, E.M. and González-Aguilar, G.A. 2011. Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. Food Research International 44:1284-1291.

Udomkun, P., Argyropoulos, D., Nagle, M., Mahayothee, B. and Muller, J. 2015. Sorption behavior of papayas as affected by compositional and structural alterations from osmotic pretreatment and drying. Journal of Food Engineering. 157:14-23.

Wojdylo, A., Figiel, A., Legua, P., Lech, K., Carbonell-Barrachina, A. and Hernández, F. 2016. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. Food Chemistry. 207:170-179.

Agricultural Sci. J. 49(2)(Suppl.): 665-668 (2018) ว. วิทย์. กษ. 49(2)(พิเศษ): 665-668 (2561)

ฟองอากาศขนาดไมโครส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอส ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ในอุณหภูมิต่ำและสูง

Micro-bubbles Promotes the Growth of Hydroponically Grown 'Cos' Lettuce in Low and High Temperature

ปาริฉัตร แซ่ล่าย[1] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2]
Saelai, P.[1] , Pongprasert, N.[1,2] , Srilaong, V.[1,2] , Pongphen J.[1,2] and Apiradee U.[1,2]

Abstract**

This research was investigated the effect of micro-bubbles in cultured solution on promoting the growth of hydroponically grown 'Cos' lettuce, in nutrient film technique (NFT) culture systems. The nutrient solutions were filled with micro-bubbles or without micro-bubbles (Control) and adjusted electrical conductivity (EC) of 1.5 ds m^{-1} and pH of 6.0 during cultivation. After transplant for 3 weeks, the growth and yield of lettuce were measured. It was found that micro-bubbles increased amount of dissolved oxygen (DO) in nutrient solution during cultivation and promoted 'Cos' lettuce growth, especially in low temperature. The root length, leaf length and leaves width of lettuce grown in the solution filled with micro-bubbles were higher than that in the control, which were 1.44, 1.04 and 1.05 times, respectively. In addition to compare with the control, the leave and root of fresh and dry weight of micro-bubbles-treated lettuce were 1.25 and 1.41 times in fresh weight, and 1.32 and 1.27 times in dry weight that were higher than that in the control. These results indicate that micro-bubbles application in a NFT hydroponics cultured system can remarkable promote the lettuce growth in low temperature.

Keywords: hydroponic, lettuce, micro-bubbles

บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอสที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ แบบ nutrient film technique (NFT) ที่มีการเติมฟองอากาศขนาดไมโครในสารละลายธาตุอาหารเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมฟองอากาศขนาดไมโคร โดยควบคุมปริมาณความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารและปรับค่า EC เท่ากับ 1.5 ds m^{-1} และค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.0 หลังจากย้ายปลูก 3 สัปดาห์ เริ่มทำการวัดการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอส พบว่า การเติมฟองอากาศขนาดไมโครในสารละลายธาตุอาหารสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระหว่างการปลูกผักกาดหอมคอสได้ และสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตตลอดจนเพิ่มผลผลิตของผักกาดหอมคอสที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้ดีในอุณหภูมิต่ำ ทำให้ผักกาดหอมคอสมีความยาวของราก ความยาวและความกว้างของใบเพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.44 ,1.04 และ 1.05 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และมีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นและรากมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าน้ำหนักสดของลำต้น น้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของลำต้นและน้ำหนักแห้งของรากสูงกว่า เท่ากับ 1.25, 1.41, 1.32 และ 1.27 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นการเติมฟองอากาศขนาดไมโครในสารละลายธาตุอาหารสามารถกระตุ้นให้ผักกาดหอมคอสมีการเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิต่ำ

คำสำคัญ: ไฮโดรโปนิกส์ ผักกาดหอม ฟองอากาศขนาดไมโคร

[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] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

คำนำ

ผักไฮโดรโปนิกส์กำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคอย่างกว้างขวาง ไฮโดรโปนิกส์เป็นระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน จึงทำให้ผักมีความสด สะอาด ปราศจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และให้ผลผลิตสม่ำเสมอ ดังนั้น เกษตรกรจึงหันมาให้ความสนใจกับการปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์กันอย่างแพร่หลาย การเพิ่มผลผลิตของผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญสำหรับเกษตรกรเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงและมีคุณภาพ เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโคร (micro-bubbles; MBs) เป็นเทคโนโลยีผลิตฟองก๊าซขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวจำเพาะและเพิ่มอัตราการละลายของก๊าซในน้ำได้สูงกว่าสภาวะปกติ (Takahashi และคณะ, 2007) อีกทั้งประจุลบของฟองอากาศขนาดไมโครอาจช่วยส่งเสริมการละลายของออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารในระบบไฮโดรโปนิกส์ และเพิ่มปริมาณผลิตผล (น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) ของผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิตลอดการปลูกได้ (Park และคณะ, 2010; Park และ Kurata, 2009 โดยส่วนใหญ่) อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับผลของการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครต่อผักกาดหอมคอสไฮโดรโปนิกส์ยังมีน้อยมากซึ่งไม่เพียงพอต่อการนำมาประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นจริง ณ อุณหภูมิต่างกัน ที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของฟองอากาศขนาดไมโครต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอสได้ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครที่มีต่อการเจริญเติบโตในอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกผักกาดหอมคอสในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม ปี 2557 (อุณหภูมิต่ำ 25±2 °C) และเดือนมีนาคม- เมษายน ปี 2558 (อุณหภูมิสูง 30±2 °C) ณ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มีการปฏิบัติดังนี้ เพาะเมล็ดผักกาดหอมคอสลงบน Sublime เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (มีใบอ่อน 3-4 ใบ) คัดเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์และย้ายปลูกลงในระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีการเติมฟองอากาศขนาดไมโครในสารละลายธาตุอาหาร เปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมฟองอากาศขนาดไมโคร ติดตั้งเครื่องควบคุมเวลาสำหรับการทำงานของเครื่องผลิตฟองอากาศขนาดไมโครให้ทำงาน 15 นาทีต่อชั่วโมง (ระหว่างเวลา 9.00-17.00 น.) โดยควบคุมสารละลายธาตุอาหารสำเร็จรูป (สารละลายธาตุอาหาร A และสารละลายธาตุอาหาร B) ในสัดส่วน 1:1 ให้มีค่าการนำไฟฟ้าของเกลือ (Electric Conductivity: EC) เท่ากับ 1.5 dS m^{-1} มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 6.0 วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิการปลูกทั้ง 2 ชุดการทดลอง และมีอัตราการไหลของน้ำสม่ำเสมอตลอดการปลูก และทำการเติมน้ำสารละลายธาตุอาหารและสารละลายกรดทุกๆ สัปดาห์ และเริ่มวัดการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอสในสัปดาห์ที่ 5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครสามารถกระตุ้นความยาวรากของผักกาดหอมคอสที่ปลูกในไฮโดรโปนิกส์ได้ดีกว่าชุดควบคุมทั้งในอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงถึง 1.44 (15.6 เซนติเมตร) และ 1.26 เท่า (7.3 เซนติเมตร)

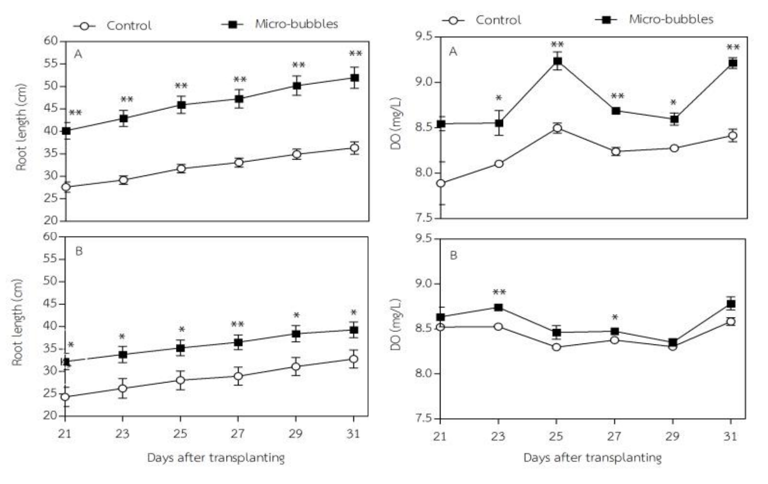


Figure 1 Root length (cm) of 'Cos' lettuce and dissolved oxygen in culture solution (DO; mg/L) of cultured solution in NFT hydroponic culture system in which micro-bubbles and non-micro-bubbles (control) on low (A) and high (B) temperatures were generated. Data represent means ± SE. Mean with an asterisk are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในสารละลายธาตุอาหารที่มีฟองอากาศขนาดไมโครสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะในอุณหภูมิต่ำ (Figure 1) เนื่องจากการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครสามารถเพิ่มการละลายของก๊าซหรือ

ฟองอากาศให้มีการแทรกตัวหรือกระจายตัวในน้ำได้สูงกว่าในน้ำที่ไม่มีการให้ฟองอากาศขนาดไมโคร (Takahashi และคณะ, 2003; Park และ Kurata, 2009) ดังนั้น เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครจึงสามารถส่งเสริมการละลายของก๊าซออกซิเจนในน้ำได้สูงขึ้น อีกทั้งออกซิเจนยังมีผลต่อการเจริญเติบโตและแพร่กระจายของราก ทำให้รากมีพื้นที่ผิวในการดูดน้ำและสารอาหารมากขึ้น (Park และ Kurata, 2009) ทำให้ผักกาดหอมคอสมีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวและความกว้างใบในอุณหภูมิต่ำเพิ่มขึ้นถึง 0.70 และ 0.38 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 2) แต่ไม่มีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านความยาวและความกว้างใบในอุณหภูมิสูง เพราะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครในอุณหภูมิสูง ส่งผลให้อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารสูงตามไปด้วย โดยสูงกว่าอุณหภูมิต่ำถึง 2.5 องศาเซลเซียส ณัฐศิริ ก่อเกียรติพงศ์ และคณะ (2549) รายงานว่าค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความดันอากาศมากขึ้น แต่ค่าการละลายออกซิเจนจะน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงและมีสิ่งเจือปนในน้ำมากขึ้น และส่งผลให้ความสามารถของการดูดน้ำและการดูดซึมธาตุสารอาหารของรากลดลง เพราะออกซิเจนมีผลต่อการหายใจ การดูดน้ำและการดูดซึมแร่ธาตุอาหารของราก (Falah และคณะ, 2010) ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครในอุณหภูมิสูงอาจทำให้พืชไม่ได้รับออกซิเจนจากการเติมฟองอากาศขนาดไมโครในสารละลายธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

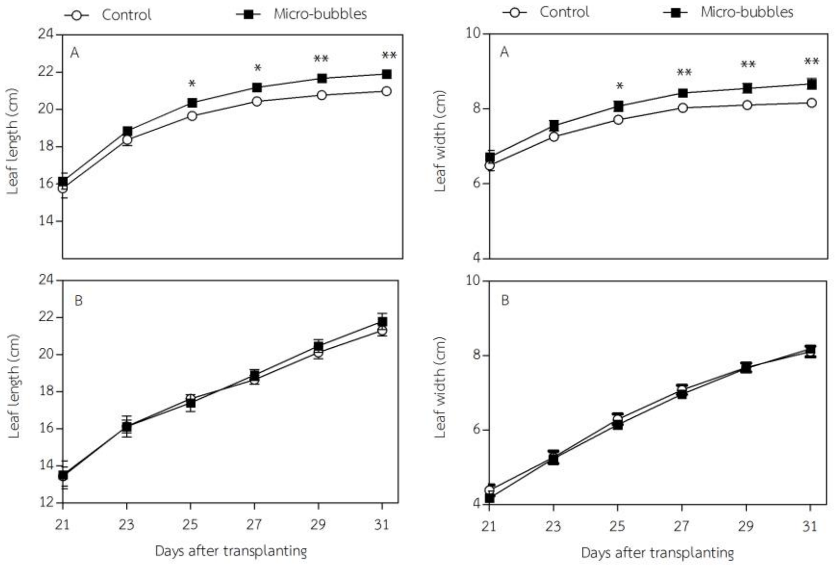


Figure 2 Leaf length and width (cm) of ‘Cos’ lettuce grown in NFT hydroponic culture system in which micro-bubbles and non-micro-bubbles (control) on low (A) and high (B) temperature were generated. Data represent means ± SE. Mean with an asterisk are significantly different by Duncan's multiple range test at P ≤ 0.05.

นอกจากการตรวจวัดการเจริญเติบโตทางด้านกายภาพแล้ว ยังได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณของผักกาดหอมคอส ด้วยการหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมคอส จากการทดลอง พบว่า การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครในอุณหภูมิต่ำ มีปริมาณน้ำหนักสด (ทั้งต้น และใบ) และน้ำหนักแห้ง (ใบ) สูงกว่าชุดควบคุมถึง 19.35 18.42 และ 1.09 กรัม ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Park และ Kurata (2009) และ Park และคณะ (2010) ที่รายงานว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอสได้ โดยเพิ่มปริมาณของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบผักกาดหอมคอสไฮโดรโปนิกส์ อีกทั้งจำนวนใบ ความยาวใบ และความกว้างใบของผักกาดหอมคอสไฮโดรโปนิกส์ที่มีการเติมฟองอากาศขนาดไมโครมีจำนวนและความยาวสูงกว่าผักกาดหอมคอสไฮโดรโปนิกส์ที่มีการเติมฟองอากาศขนาดแมคโคร อีกทั้งการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและส่งผลให้รากของผักกาดหอมคอสมีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่าชุดควบคุมถึง 0.93 กรัม และ 0.62 % ของน้ำหนักแห้ง ในขณะที่การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครไม่มีผลต่อปริมาณน้ำหนักสด (ทั้งต้น และใบ) และน้ำหนักแห้ง (ใบ) ในอุณหภูมิสูง แต่มีผลต่อปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากที่มีปริมาณสูงกว่าชุดควบคุมถึง 0.52 กรัม และ 0.22 % ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกันกับผลการทดลองของ Park และ Kurata (2009) และ Park และคณะ (2010) ยิ่งไปกว่านั้น มีรายงานว่าเมื่อรากมีการดูดซึมสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชได้สูงขึ้นสามารถส่งเสริมให้ผักไฮโดรโปนิกส์มีการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Ehret และคณะ, 2010)

Table 1 Fresh weight and dry weight (g) of 'Cos' lettuce grown in NFT hydroponic culture system in which micro-bubbles and non- micro-bubbles (control) on low and high temperature were generated. Data represent means ± SE. Mean with an asterisk are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

Treatment	Low temperature					High temperature				
	Fresh weight (g)			Dry weight		Fresh weight (g)			Dry weight (% Dry weight)	
	Whole	Leaf	Root	Leaf	Root	Whole	Leaf	Root	Leaf	Root
Control	76.99 b	74.73b	2.26b	3.40b	2.28 b	50.51	48.51	2.00b	2.92	1.43b
MB	96.34 a	93.15a	3.19a	4.49a	2.90 a	52.87	50.35	2.52a	3.13	1.65a
F-test	*	**	**	**	**	NS	NS	*	NS	**

สรุปผลการทดลอง

การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครในสารลายธาตุอาหารของระบบไฮโดรโปนิกส์ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผักกาดหอมคอสมีการเจริญเติบโตของลำต้นและรากที่ดีในอุณหภูมิต่ำ และประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครในสารละลายธาตุอาหารในระหว่างการเพาะปลูกลดลงเมื่อพืชปลูกอยู่ในอุณหภูมิสูง

เอกสารอ้างอิง

ณัฐศิริ ก่อเกียรติพงศ์ และคณะ, 2549, การศึกษาเครื่องผลิตฟองไมโครแบบดูดอากาศผ่านน้ำไหลวน, ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Ehret, D.L., Edwards, D., Helmer, T., Lin, W., Jonesm, G., Dorais, M. and Papadopoulos, A.P., 2010, Effects of oxygen-enriched nutrient solution on greenhouse cucumber and pepper production, Scientia Horticulturae, 125:602–607.

Falah, M.A.F., Wajima, T., Yasutake, D., Sago, Y., and Kitano, M., 2010, Responses of root uptake to high temperature of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in soil-less culture, Journal of Agricultural Technology, 6(3):543558.

Park, J.S. and Kurata, J., 2009, Application of microbubble to hydroponic solution promotes lettuce growth, Hortechnology, 19(1):212-215.

Park, J.S., Ohashi, K., Kurata, K., and Lee, J.W., 2010, Promotion of lettuce growth by application of microbubbles in nutrient solution using difference rate of electrical conductivity and under periodic intermittent generation in a deep flow technique culture system, Europe Journal Horticultural Science, 75(5):198-203.

Takahashi, M., Kawamura T., Yamamoto Y., Ohnari H., Himuro S. and Shakutsui H., 2003, Effect of shrinking microbubbles on gas hydrate formation, Journal Physic Chemistry, 107:2171-2173.

Takahashi, M., Chiba K., and Lee P., 2007, Free-radical generation from collapsing microbubbles in the absence of a dynamic stimulus, Journal Physic Chemistry, 111, pp. 1343-1347.

ผลของแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพของต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์
Effect of Red and Blue Light on the Growth and Quality of Organic Radish Sprout

สุภา พ่วงนิ่ม[1] อภิชัย เจนจบ[1] สุนทร โมลา[1] ชลิดา ชลไมตรี[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1]
Puangnim, S.[1], Jenjob, A.[1], Molar, S.[1], Cholmaitri, C.[1], Jitareerat, P.[1] and Uthairatanakij, A.[1]

Abstract

The aim of this study was to examine the effect of light types on the growth and quality of organic radish sprout. Seeds were sowed under different types of light; red and blue LEDs light, Fluorescent (60 μmol·m^{-2}·s^{-1} for 24 h·day^{-1}) and natural light was served as the control. Sprouts were harvested at day 7 after sowing. Results showed that blue light increased germination (95.33%) and antioxidant activity by 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay (54.31%). Natural light significantly (p≥0.01) increased root length (8.49 cm.), dry weight (8.432%), total vitamin C (17.93 mg·100gFW^{-1}) and total proteins (1.12 mg·100gFW^{-1}) compared with red and blue LEDs. Microgreen under red light had the highest shoot length (7.60 cm.) significantly. However, there was no significant difference in fresh weight.

Keywords: Blue light, growth, Radish sprout, Red light

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของชนิดแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ ภายใต้แสงสีขาวจากหลอด Fluorescent แสงสีแดง แสงสีน้ำเงินจากหลอด LED ที่ความเข้มแสงเท่ากับ 60 μmol·m^{-2}·s^{-1} ตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน เปรียบเทียบกับแสงธรรมชาติ (ชุดควบคุม) และเก็บเกี่ยวต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ 7 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า แสงสีน้ำเงินช่วยเพิ่มอัตราการงอกและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์มากที่สุดคือ 95.33 และ 54.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ชุดควบคุมมีความยาวของราก (8.49 เซนติเมตร) น้ำหนักแห้ง (8.432 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (17.93 mg·100gFW^{-1}) และโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (1.12 mg·100gFW^{-1}) มากกว่าต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ที่ได้รับแสงสีแดงและสีน้ำเงินอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ที่ได้รับแสงสีแดงมีความสูงของลำต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (7.60 เซนติเมตร) ในขณะที่น้ำหนักสดของต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ทุกทรีตเม้นท์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต ต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ แสงสีแดง แสงสีน้ำเงิน

คำนำ

ต้นอ่อนหรือไมโครกรีนจัดเป็นรูปแบบใหม่ในการบริโภคผักของคนไทย เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุเมื่อเทียบกับผักชนิดเดียวกันที่เติบโตเต็มที่หรือเมล็ด ระยะเวลาที่นิยมเก็บเกี่ยวต้นอ่อนคือ มีใบจริงประมาณ 2 ใบ หรือหลังเพาะเมล็ดประมาณ 7-14 วัน ขึ้นกับชนิดของพืช ซึ่งในระยะนี้จะเป็นระยะที่ต้นอ่อนมีคุณค่าทางอาหารสูงมาก (Sharma และคณะ, 2012) ต้นอ่อนหัวไช้เท้าเป็นไมโครกรีนอีกชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคเนื่องจากมีคุณค่าทางสารอาหารสูง เช่น glucosinolates antioxidants phenolic compounds และ ascorbic acid เป็นต้น (AbdElgader และคณะ, 2015) ปัจจุบันการปลูกพืชในโรงเรือนและใช้แสงไฟเทียมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากสามารถควบคุมความยาวคลื่น และปริมาณแสงที่ให้ในแต่ละวันได้ (Heuveklink และคณะ, 2012) โดยเฉพาะแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอันเนื่องจากมีผลต่อการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์แสง และเป็นแหล่งพลังงานหลักในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (Lin และคณะ, 2003) นอกจากนี้แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินมีผลต่อการเจริญพัฒนาและกระตุ้นความแข็งแรงของพืชอีกด้วย (Terashima และคณะ, 2009) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของของแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์

---

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150
[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดหัวไช้เท้าอินทรีย์ มาเพาะในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมหลักคือขุยมะพร้าว แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองคือ 1) แสงสีขาวจากหลอด Fluorescent (ยี่ห้อ Panasonic, Daylight, 36 Watts) 2) แสงสีแดง 3) แสงสีน้ำเงิน จากหลอด LED โดยให้แสงที่ความเข้มแสง 60 $\mu mol{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$ นาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 4) แสงธรรมชาติ (ชุดควบคุม) ในช่วงเวลา 06.00-18.00 และรดน้ำทุกวันจนอายุครบ 7 วัน นำไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ การงอกของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์) ความยาวของรากและลำต้น (เซนติเมตร) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น) กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Brand-Willinams และคณะ, 1995) ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (Roe และคณะ, 1948) และ ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Bradford 1976) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 10 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แสงเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงรวมถึงการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืช (Jiao และคณะ, 2007). นอกจากนี้แสงยังสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (Liu และคณะ, 2015) อย่างไรก็ตามคุณภาพแสงที่แตกต่างกันอาจมีผลทำให้พืชแต่ละชนิดมีการสร้างสารสำคัญแตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า ต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ที่ได้รับแสงสีแดงมีความสูงของลำต้นมากที่สุด ($p \geq 0.01$) คือ 7.60 เซนติเมตร (Figure 1A) เนื่องจากแสงสีแดงมีคุณสมบัติในการกระตุ้นฮอร์โมนจิบเบอเรลลินในพืช ซึ่งเป็นฮอร์โมนสำคัญที่ช่วยให้เซลล์เกิดการยืดยาว ทำให้ต้นอ่อนหัวไช้เท้ามีความสูงของลำต้นมากที่สุด (Arney และ Mitchell, 1969) ส่วนแสงธรรมชาติทำให้ต้นอ่อนหัวไช้เท้ามีความยาวของราก (Figure 1B) น้ำหนักแห้ง (Figure 1D) ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (Figure 2C) และโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (Figure 2D) สูงที่สุดคือ 8.49 เซนติเมตร 8.432 เปอร์เซ็นต์ 17.93 $mg{\cdot}100gFW^{-1}$ และ 1.12 $mg{\cdot}100gFW^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Qian และคณะ (2016) พบว่า ต้นอ่อนเคลที่ปลูกภายใต้แสงสีขาวมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด ขณะที่แสงสีน้ำเงินชักนำให้ต้นอ่อนเคลมีปริมาณฟีนอลลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด อาจเนื่องมาจากการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชมีการสร้างกลูโคส ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์วิตามินซี (Zhan และคณะ, 2012) และในการป้องกันอันตรายจากแสงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้พืชมีการสร้างวิตามินซีเพิ่มขึ้น (Smirnoff, 2000) เช่นเดียวกับงานวิจัยในต้นอ่อนบร็อคโคลี่ (Perez-Balibrea และคณะ, 2008). นอกจากนี้ต้นอ่อนหัวไชเท้าอินทรีย์ที่ได้รับแสงธรรมชาติมีการสร้างโปรตีนและมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด ดังนั้นในสภาพแสงธรรมชาติ ต้นอ่อนหัวไช้เท้าอาจมีการสังเคราะห์แสงมาก ทำให้มีการสร้างสารปฐมภูมิเพิ่มขึ้นและอาจเกิด ROS มากขึ้น จึงทำให้พืชสร้างวิตามินซีสูง นอกจากนี้ Zhu และคณะ (2016) รายงานว่า ROS ที่พืชสร้างขึ้นสามารถชักนำให้รากต้นกล้า Arabidopsis มีความยาวเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ในขณะที่น้ำหนักสดของต้นอ่อนหัวไช้เท้าทุกทรีตเม้นท์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Figure 1C)

ต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ที่ได้รับแสงสีน้ำเงินมีอัตราการงอกและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีอัตราการงอกและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH คือ 95.33 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2A) และ 54.31 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2B) ตามลำดับ เนื่องมาจากแสงสีน้ำเงินมีความสามารถในการกระตุ้นการเปิดของปากใบ โดยชักนำให้ปากใบพืชเปิดและกระตุ้นตัวรับแสงซึ่งส่งสัญญาณหรือกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง หรือ phytochrome (Iino และคณะ, 1985; Travis และ Mansfield, 1981; Zeiger และ Zhu, 1998) จึงทำให้พืชที่ได้รับแสงสีน้ำเงินมีอัตราการงอกมากกว่าแสงสีแดงและแสงอื่นๆ นอกจากนี้การให้แสงสีน้ำเงินกับต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ทำให้กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Manivannan และคณะ (2015) ทำการให้แสงสีน้ำเงินกับต้น *Rehmannia glutinosa* พบว่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และปริมาณฟีนอลิกมีค่าเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากฟีนอลมีคุณสมบัติเป็นโครงสร้างที่เหมาะสำหรับการกำจัดอนุมูลอิสระและป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากออกซิเดชัน (Reddy และคณะ, 2012)

สรุปผลการทดลอง

แสงมีความสำคัญในการเจริญพัฒนาของต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ โดยแสงสีน้ำเงินช่วยเพิ่มอัตราการงอกและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของต้นอ่อนหัวไช้เท้าอินทรีย์ และแสงสีแดงช่วยเพิ่มความสูงของลำต้น ในขณะที่ต้นออนหัวไชเทาอายุ 7 วัน ที่เพาะภายใต้แสงธรรมชาติมีความยาวของรากน้ำหนักแหงปริมาณวิตามินซีทั้งหมด และโปรตีนที่ละลายน้ำไดสูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน (ว.1) ประจำปี 2558-2559

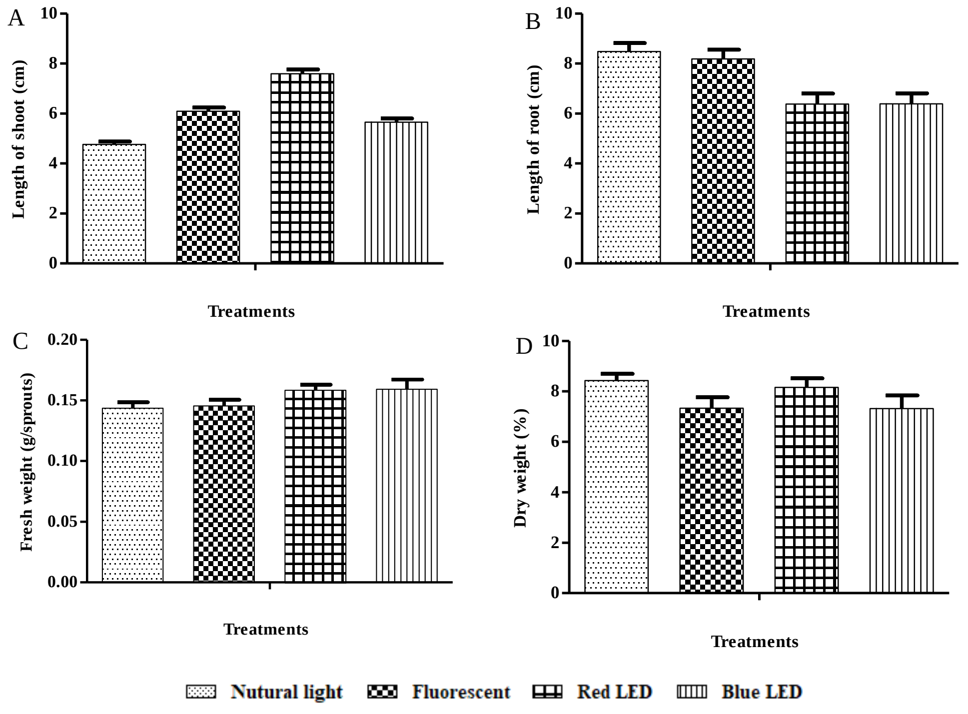


Figure 1 Length of shoot (A), root (B), fresh weight (C), and dry weight (D) of organic radish sprout that they were exposed with fluorescent light, red and blue LEDs light at 60 μmol·m^{-2}·s^{-1} of light intensity for 24 h·day^{-1} in compared to natural light (control) after planting for 7 days.

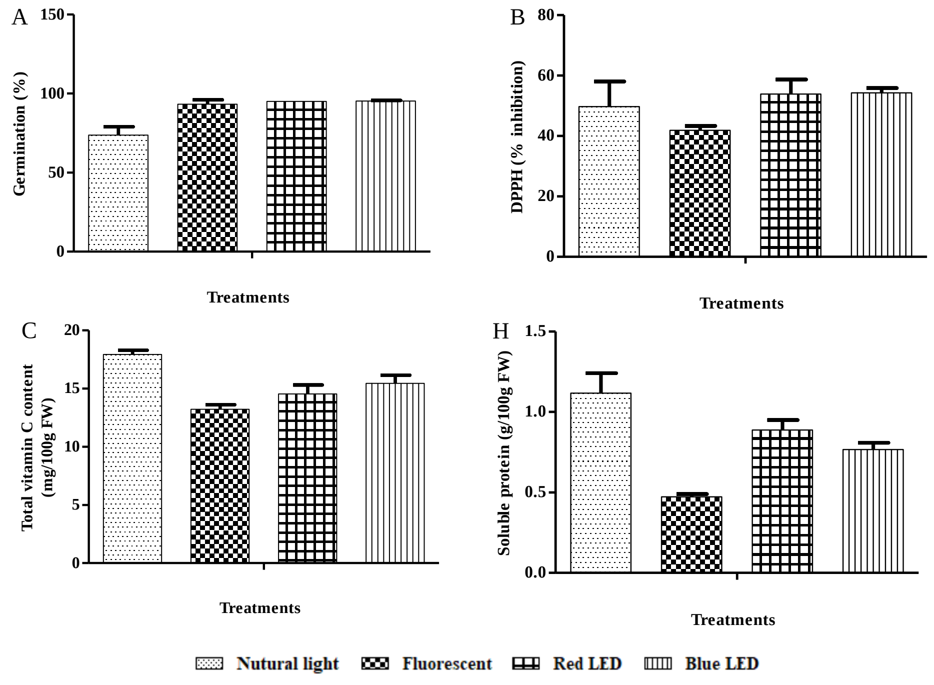


Figure 2 Seed germination (A), DPPH (B), vitamin C (C), and soluble proteins (D) of organic radish sprout that they were exposed with fluorescent light, red and blue LEDs light at 60 μmol·m^{-2}·s^{-1} of light intensity for 24 h·day^{-1} in compared to natural light (control) after planting for 7 days.

เอกสารอ้างอิง

AbdElgader, A., Aiemla-Or, S., Wongs-Aree, C., Jitareerat, P. and Uthairatanakij, A., 2015, Effect of Lighting on the Quality of Radish Sprout, Agricultural Science, 46(3) (Suppl): pp. 888-891

Arney, S.E. and Mitchell D.L., 1969, The Effect of Abscisic on Stem Elongation and Correlative Inhibition, New Phytologist, 68: pp. 1001-1015.

Changhua, Z., Na, Y., Zhengfei, G., Meng, Q. and Lijun, G., 2016, An Ethylene and ROS-dependent Pathway is Involved in Low Ammonium-Induced Root Hair Elongation in Arabidopsis Seedlings, Plant Physiology and Biochemistry, 105: pp. 37-44.

Heuvelink, E., Bakker, M. J., Hogendonk, L., Janse, J., Kaarsemaker, R. and Maaswinkel, R., 2006, Horticultural Lighting in the Netherlands: New Developments, Acta Horticulturae, 711: pp. 25–33.

Hongmei, Q., Tianyu, L., Mingdan, D., Huiying M., Congxi C., Wangshu S. and Qiaomei W., 2016, Effects of Light Quality on Main Health-promoting Compounds and Antioxidant Capacity of Chinese Kale Sprouts, Food Chemistry, 196: pp. 1232–1238.

Iino, M., Ogawa, T. and Zeiger E., 1985, Kinetic Properties of the Blue-light Response of Stomata, Proceeding of the National Academy of Science, 82: pp. 8019-8023.

Jiao, Y., Lau, O. S. and Deng, X. W., 2007, Light-regulated Transcriptional Networks in Higher Plants, Nature Reviews Genetics, 8(3): pp. 217–230.

Liu, J.D., Goodspeed, D., Sheng, Z., Li, B., Yang, Y., Kliebenstein, D.J. and Braam, J., 2015, Keeping the Rhythm: Light/Dark Cycles during Postharvest Storage Preserve the Tissue Integrity and Nutritional Content of Leafy Plants, BMC Plant Biology, 15(92): pp. 1-9.

Perez-Balibrea, S., Moreno, D.A. and Garcia-Viguera, C., 2008, Influence of Light on Health-Promoting Phytochemicals of Broccoli Sprouts, Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(5): pp. 904–910.

Sharma, P., Ghimeray, A.K., Gurung, A., Jin, C.W., Rho, H.S. and Cho, D.H., 2012, Phenolic Contents, Antioxidant and a-Glucosidase Inhibition Properties of Nepalese Strain Buckwheat Vegetables, African Journal of Biotechnology, 11(1): pp. 184–190.

Smirnoff, N., 2000, Ascorbate Biosynthesis and Function in Photoprotection, Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences, 355(1402): pp. 1455–1464.

Travis, A.J. and Mansfield, T.A., 1981, Light Saturation of Stomatal Opening on the Adaxial and Abaxial Epidermis of *Commelina communis*, Journal of Experimental Botany, 32: pp. 1169-1179

Zeiger, E. and Zhu, J., 1998, Role of Zeaxanthin in Blue Light Photoreception and the Modulation of Light-CO_2 Interactions in Guard Cells, Journal of Experimental Botany, 49: pp. 433-342

Zhan, L. J., Li, Y., Hu, J. Q., Pang, L. Y. and Fan, H. P., 2012, Browning Inhibition and Quality Preservation of Fresh-cut Romaine Lettuce Exposed to High Intensity Light, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 14: pp. 70–76.

การนำสารสมุนไพรไปใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอน
Application of Herb to Chiffon Cake as Antimicrobial Agent

อารีย์ อินทร์นวล[1] และ จิตรลดา โยพิน[1]
Innun, A.[1] and Yopin, J.[1]

Abstract

The objective of this research was to investigate the effect of garlic, basil and mint at the ratio of 10% (w/w) on microbiological and sensory qualities of chiffon cake. The samples were stored at 37°C, 4°C and -20°C for 15 days. Based on the results of total fungi and total bacteria counts as compared to the criteria (<100 CFU/g and <1x10^4 CFU/g, respectively), the control, the samples containing garlic, basil and mint can be stored at 37°C up to 3, 4, 2 and 2 days, respectively. For 4°C storage, the samples from all recipes can be stored up to 4 days without the growth of fungi and under the criteria of bacteria count. The sensory test showed that the overall liking scores of samples containing garlic and mint were not different from the control, However, that of basil was significantly lower than the control.
Keywords: Chiffon cake, Garlic, Basil, Mint

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กระเทียม กะเพราและสะระแหน่ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาและทางประสาทสัมผัสในเค้กชิฟฟอนเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 37 4 และ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วัน ผลการนำปริมาณเชื้อราทั้งหมดและปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน (น้อยกว่า 100 CFU/g และน้อยกว่า 1x10^4 CFU/g ตามลำดับ) พบว่าสามารถเก็บรักษาตัวอย่างสูตรควบคุม, สูตรผสมกระเทียม, สูตรผสมกะเพรา และสูตรผสมสะระแหน่ ไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4, 2 และ 2 วัน ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าตัวอย่างจากทุกสูตรการผลิต สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานสุด 4 วันโดยไม่พบการเจริญของเชื้อราและมีปริมาณแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างสูตรผสมกระเทียมและสูตรผสมสะระแหน่ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ในขณะที่ตัวอย่างสูตรผสมกะเพราได้คะแนนความชอบโดยรวมน้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ
คำสำคัญ: เค้กชิฟฟอน กระเทียม กะเพรา สะระแหน่

คำนำ

สมุนไพรไทยหลายชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อันเนื่องมาจากมีสารสำคัญหลายชนิดเช่น สารอัลลิซิน (Allicin) พบในกระเทียม สารยูจีนอล (Eugenol) พบในกะเพรา และสารเมนทอล (Menthol) และ ไทมอล (Thymol) ในสะระแหน่ เป็นต้น (Abbaszadeh และคณะ, 2014; Karapinar และ Aktug, 1987; Rabin และ Salam, 2014) ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่ามีสรรพคุณทางยาเมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลดีต่อร่างกาย (บัญญัติ, 2527) โดยมีงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าสารสำคัญเช่น Allicin, Eugenol, Menthol และ Thymol มีประสิทธิภาพในการยับยังการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Nakamura และคณะ, 2004; Lee และคณะ, 2006; Mbata และ Saikia, 2009; รองเดช และจุลจิตร์, 2556; วัชรินทร์ และคณะ, 2559) แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการทดลองในจุลินทรีย์โดยตรง หรือเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ มีงานวิจัยไม่มากที่ทดลองในผลิตภัณฑ์ (Susana และคณะ, 2017) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้เค้กชิฟฟอนเป็นผลิตภัณฑ์ทดลองเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ เบเกอรี่ขึ้นฟูที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วไปและมีสูตรการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก แต่ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ขึ้นฟูมักมีปัญหาการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากเชื้อราและแบคทีเรีย ผู้ประกอบการโดยทั่วไปมักใช้สารเคมีในการยืดอายุการเก็บรักษาซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้เป็นวัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้แก่ โซเดียมเบนโซเอต โซเดียมโพรพิโอเนตและแคลเซียมโพรพิโอเนต (Guynot และคณะ, 2005) ถึงแม้สารดังกล่าวนี้จัดเป็นสารปรุงแต่งอาหารที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามประกาศของสำนักงาน

[1] คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

คณะกรรมการอาหารและยา ปี 2547 อย่างไรก็ตามการได้รับสารเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน อาจส่งผลต่อร่างกายในระยะยาว ดังมีรายงานการวิจัยพบกว่าการบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของสารแคลเซียมโพรพิโอเนตในปริมาณสูงติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ทดลอง (Guynot และคณะ, 2005) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำกระเทียม กะเพรา และสะระแหน่มา ทดลองเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอนเพื่อใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 37, 4 และ -20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดเลือกและการทำความสะอาดวัตถุดิบสมุนไพร

กระเทียม (*Allium sativum* L.) ใช้กระเทียมไทย จัดซื้อจากตลาดในเขตอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เตรียมโดยการนำมาปอกเปลือกเอาเฉพาะส่วนเนื้อ ในส่วนกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) ชนิดใบขาวและสะระแหน่ (*Metha cordifolia* Opiz.) เก็บมาจากโรงปลูกของผู้วิจัย โดยคัดเลือกใบที่สมบูรณ์ไม่เป็นโรคและใช้เฉพาะส่วนของใบช่วง 10 ใบแรกจากยอดกิ่ง มาล้างน้ำสะอาดและนำไปแช่ในแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำมาล้างด้วยน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วอีกครั้ง ผึ่งให้แห้งก่อนนำมาปั่นละเอียดและนำไปใช้โดยทันที

2. การผลิตเค้กชิฟฟอน

ในการทดลองมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 สูตรการผลิตคือ 1) สูตรควบคุม 2) สูตรผสมกระเทียม 3) สูตรผสมกะเพรา และ 4) สูตรผสมสะระแหน่ โดยสูตรการผลิตมีสมุนไพรเป็นส่วนประกอบจะใช้สมุนไพรที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ไปแทนที่ส่วนผสมที่เป็นน้ำ และใช้สภาวะการอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

3. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กที่อุณหภูมิ 37 4 และ -20 องศาเซลเซียส

นำผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอนบรรจุใส่ถุงพลาสติก โดยแยกบรรจุเป็นชิ้นเดี่ยวจำนวน 135 ชิ้น ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37±1, 4±1 และ -20±1 องศาเซลเซียส อย่างละ 45 เป็นระยะเวลา 15 วัน

4. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ (วีรานุช, 2552)

นำตัวอย่างแต่ละสภาวะจำนวน 3 ชิ้นมาบดรวมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเทคนิคปลอดเชื้อและเจือจางในสารละลายเปปโตน ให้ได้ความเจือจาง 10^{-1} – 10^{-6} ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหาร Plate count agar เพื่อหาจำนวนแบคทีเรีย และ Potato dextrose agar เพื่อหาจำนวนเชื้อรา โดยบ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง การรายงานผลเลือกความเจือจางที่มีจำนวนโคโลนีในช่วง 30-300 CFU แล้วรายงานผลเป็น CFU/g ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ และนำผลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance: ANOVA) แต่ละการทดลองโดยวิธี Duncan ‘s Multiple Range Test

5. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น สี รสชาติและความชอบโดยรวมของเค้กชิฟฟอน ใช้วิธีการทดสอบความชอบระดับ 9 คะแนน โดยผู้บริโภคทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 20-50 ปี จำนวน 50 คน (เพ็ญขวัญ, 2556)

ผลและวิจารณ์ผล*

Figure 1 แสดงผลการวิเคราะห์ประมาณเชื้อราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (ภาพ A) และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 37 (B), 4 (C) และ -20 (D) องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียในเค้กตัวอย่างเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร (จำนวนเชื้อรารวมน้อยกว่า 100 CFU/g และจำนวนแบคทีเรียรวมน้อยกว่า 1×10^{4} CFU/g) พบว่าสามารถเก็บรักษาเค้กสูตรสูตรควบคุม, สูตรผสมกระเทียม, สูตรผสมกะเพรา และสูตรผสมสะระแหน่ ไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 4, 2 และ 2 วัน ตามลำดับ โดยมีจำนวนแบคทีเรียในวันดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ 9.30×10^{3} CFU/g, 9.80×10^{3} CFU/g, 8.40×10^{3} CFU/g และ 6.50×10^{3} CFU/g ตามลำดับ ผลจากการใช้สมุนไพรร่วมกับความเย็นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเค้กทุกสูตรการผลิตสามารถเก็บรักษาไว้ได้ 4 วันโดยไม่พบการเจริญของเชื้อราและมีปริมาณแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนั้นยังพบว่าเค้กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส ไม่พบการเจริญของเชื้อราตลอดการเก็บรักษา 15 วัน

Table 1 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเค้กสูตรต่างๆ จากผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คน แสดงให้เห็นว่าเค้กสูตรผสมกระเทียมและสูตรผสมสะระแหน่ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ในขณะที่เค้กสูตรผสมกะเพราได้คะแนนความชอบโดยรวมน้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดลองในภาพรวมแสดงให้เห็นว่ากระเทียมมีคุณสมบัติที่ดีในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในเค้กชิฟฟอนเพื่อยืด

อายุการเก็บรักษาและผู้บริโภคยังให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ankri และ Mirelman (1999) และ Ranglova และ Kubec (2015) ที่นำสารสกัด Allicin จากกระเทียมไปทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งพบว่าสารสกัด Allicin มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและแบคทีเรียได้ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้กะเพราและสะระแหน่ไม่เหมาะต่อการนำมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งเชื้อราและแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ามีการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรียติดมากับวัตถุดิบใบกะเพราและใบสะระแหน่ ถึงแม้ว่าในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจะมีการนำมาล้างด้วยแอลกอฮอล์เพื่อฆ่าเชื้อแล้ว แต่การล้างด้วยแอลกอฮอล์ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมดจึงทำให้จุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ไปเร่งการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ให้ไวขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนั้นผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสยังแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กสูตรผสมกะเพราน้อยที่สุด

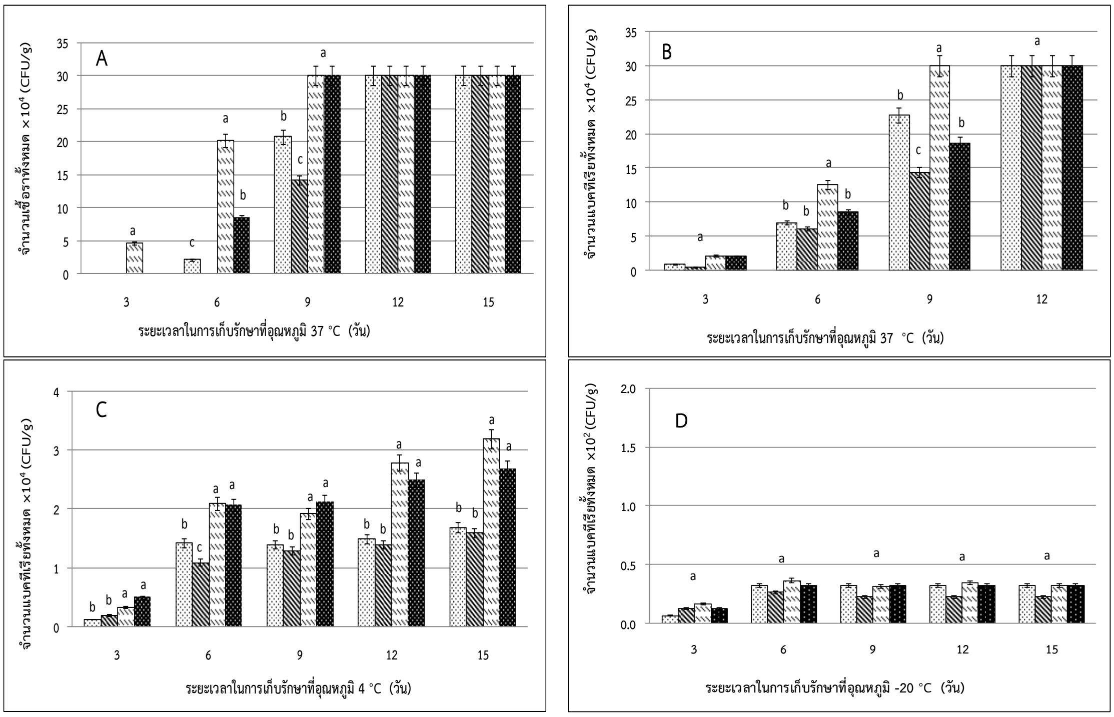


Figure 1 Number of total fungi containing in the chiffon cake stored at 37˚C (A), number of total bacteria containing in the chiffon cake stored at 37˚C (B), 4˚C (C) and -20˚C (D), respectively. (control, formulated with garlic, formulated with basil and formulated with mint)

Table 1 Liking score of chiffon cake.

Recipes	Color	Overall flavor	Overall test	Overall texture	Overall liking
Control	6.60 ± 1.12^{a}	6.24 ± 1.19^{a}	6.31 ± 1.78^{a}	6.40 ± 1.34^{a}	6.20 ± 1.26^{a}
Formulated with garlic	6.12 ± 1.95^{a}	5.16 ± 2.11^{b}	5.66 ± 1.64^{a}	6.46 ± 1.78^{a}	5.89 ± 1.92^{ab}
Formulated with basil	5.24 ± 1.54^{b}	5.34 ± 1.65^{b}	5.80 ± 1.36^{a}	6.04 ± 1.32^{a}	5.48 ± 1.61^{b}
Formulated with mint	5.32 ± 1.81^{b}	6.07 ± 2.05^{a}	5.82 ± 1.72^{a}	5.99 ± 1.00^{a}	5.77 ± 1.85^{ab}

$^{a-c}$ Means with the different letters in the same column were significantly different ($p<0.05$).

สรุปผล

กระเทียมมีประสิทธิ์ภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอนได้ดีกว่ากะเพราและสะระแหน่อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์แสดงให้เห็นว่าเค้กสูตรผสมกระเทียมและสูตรผสมสะระแหน่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม จากผลการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการใช้กระเทียมบดที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักเป็นส่วนผสมในเค้กชิฟฟอนสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ใน

ผลิตภัณฑ์ได้ ถึงแม้ว่าในขั้นตอนการผลิตต้องผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที คุณสมบัติการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกระเทียมก็ยังคงแสดงผลในผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอนได้ ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นแนวทางนำพืชสมุนไพรจำพวกกระเทียมไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นๆ ในอนาคตต่อไปได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

บัญญัติ สุขศรีงาม, 2527, เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร เล่ม ก และ ข, โรงพิมพ์อมรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2556, การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รองเดช ตั้งตระการพงษ์ และ จุลจิตร์ ตั้งตระการพงษ์, 2556, ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดยี่หร่า, วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 1: 40-46.

วัชรินทร์ รังสีภาณุรัตน์, พัชรี กัมมมารเจษฎากุล และ อิสยา จันทร์วิทยานุชิต, 2559, ฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพรไทย 10 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ATCC 25922, วารสารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติวิชาการ, ฉ.38:35-48.

วีรานุช หลาง, 2552, คู่มือตรวจวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยาทางอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร, 2560, เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2560), โรงพิมพ์ บริษัทพีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

Abbaszadeh, S., Sharifzadeh, A., Shokri, H. Khosravi, A.R. and Abbaszadeh, A., 2014, Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi, Journal de Mycologie Medicale, 4: 161-166.

Ankri, S. and Mirelman, D., 1999, Antimicrobial properties of allicin from garlic, Microbes and Infection, 1: 125-129.

Guynot, M.E., Ramos, A.J., Sanchis, V. and Marin S., 2005, Study of benzoate, propionate and sorbate salts as mould spoilage inhibitor on intermediate moisture bakery products of low pH (4.5-5.5), International Journal of Food Microbiology, 101: 161-168.

Karapinar, M. and Aktug S. E., 1987, Inhibition of foodborne pathogens by thymol, eugenol, menthol and anethole, International Journal of Food Microbiology, 24: 51-56.

Lee, M.H., Kwon, H.A., Kwon, D.Y., Park, H., Sohn, D.H., Kim, Y.C., Eo, S.K., Kang, H.Y., Sam-Woong, S.W. and Lee, J.H., 2006, Antibacterial activity of medicinal herb extracts against *Salmonella*, International. Journal Food Microbiology, 111: 270-275.

Mbata, I.T. and Saikia, A., 2009, Antibacterial activity of essential oil from *Ocimum gratissimum* on *Listeria monocytogenes*, International Journal Food Safety, 5: 9-15.

Nakamura, C.V., Ishida, K., Faccin, L.C., Filho, B.P.D., Cortez, D.A.G., Rozental, S., Souza, W. and Ueda-Nakamura, T., 2004, In vitro activity of essential oil from *Ocimum gratissimum* L. against four Candida species, Research Microbiology, 155:579-586.

Rabin, G. and Salam, A.I., 2014, Natural products as antimicrobial agents-A review, Food Control, 46:412-429.

Ranglova, K.P. and Kubec, R., 2015, The effect of storage and processing on antimicrobial activity of *Tulbaghia violacea*, Botany, 15(97):159-164.

Susana, R., Maria, R.R., Edgar, P.E., Ana, F., Pau, T., Ramon, M.M., and Jose, M.B., 2017, Eugenol and thymol immobilized on mesoporous silica-based material as an innovative antifungal system: Application in strawberry jam, Food Control, 81: 181-188.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนเรื่องเต็ม

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(ฉบับพิเศษ)

รายละเอียดและรูปข้อกำหนดต่างๆ สำหรับเตรียมต้นฉบับต้องเป็นดังนี้

ต้นฉบับเรื่องเต็ม จำนวนไม่เกิน 4 หน้ากระดาษ ส่งเป็นไฟล์ที่พิมพ์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด(Microsoft Word for Windows) เวอร์ชัน 2003 หรือ XP ขึ้นไป โดยใช้รูปแบบฟอนต์เป็น TH SarabunPSK ทั้งฉบับ (ขนาดของตัวอักษรให้ดูในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อ)

ขนาดกระดาษต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 สีขาว พิมพ์แบบ Portrait โดยตั้งค่าหน้ากระดาษ (page setup) ส่วนระยะขอบ (Margins) ดังนี้ ด้านบน (Top) 2.54 เซนติเมตร ด้านล่าง (Bottom) 1.90 เซนติเมตร ด้านซ้าย (Left) 2.54 เซนติเมตร ด้านขวา (Right) 1.90 เซนติเมตร ขอบเย็บกระดาษ (Gutter) ไม่ต้องใส่ค่า Gutter หรือ 0 เซนติเมตร หัวกระดาษ (Header) 1.27 เซนติเมตร ท้ายกระดาษ (Footer) 1.27 เซนติเมตร โดยมีลำดับดังนี้

ชื่อเรื่อง : อยู่ชิดขอบบนของหน้า มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกกันคนละบรรทัด) ชื่อเรื่องแต่ละภาษามีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด แต่ให้อธิบายสาระของเรื่องได้ดี กำหนดให้ใช้ฟอนต์ TH SarabunPSK ขนาด 15 points พิมพ์ตัวหนา (bold) และจัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ กำหนดระยะห่างบรรทัดให้เป็นค่าแน่นอน 16 points

ชื่อผู้เขียนและคณะ : เว้น 1 บรรทัดจากชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อ-นามสกุล มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกคนละบรรทัด) ให้ครบทุกคน โดยภาษาไทยให้ใช้ชื่อ และ นามสกุลเต็ม ภาษาอังกฤษให้ขึ้นด้วยนามสกุลเต็ม, เว้นวรรคแล้ว ตามด้วยตัวอักษรนำหน้าชื่อ และต้องใส่เชิงอรรถ (Footnote) เป็นแบบลำดับตัวเลข (ยกกำลัง) กำกับไว้ท้ายนามสกุลให้ครบทุกคน (รายละเอียดเชิงอรรถให้ดูย่อหน้าถัดไป) ชื่อผู้เขียนกำหนดให้ใช้ฟอนต์ TH SarabunPSK ขนาด 12 points พิมพ์ตัวหนา (bold) จัดชิดขอบขวาของหน้ากระดาษ กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็นค่าแน่นอน 16 points

การแทรกเชิงอรรถ (Footnote) ให้ใช้แบบลำดับตัวเลขอัตโนมัติ (1, 2, 3, ...) โดยใช้ฟอนต์แบบ TH SarabunPSK ขนาด 10 points และจัดข้อความชิดขอบซ้ายของหน้ากระดาษ กำหนดระยะห่างบรรทัดเป็นค่าแน่นอน 12 points โดยตัวเลขจะติดกับข้อความ

บทคัดย่อ (Abstract) : มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยขึ้นด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษก่อนแล้วจึงตามด้วยบทคัดย่อภาษาไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

คำว่า “Abstract” และ “บทคัดย่อ” ให้ใช้ฟอนต์ TH SarabunPSK ขนาด 14 points และพิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนเนื้อหาของตัวบทคัดย่อ ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย ให้ใช้ฟอนต์ TH SarabunPSK ขนาด 14 points กำหนดระยะห่างบรรทัดให้เป็นค่าแน่นอน 16 points บรรทัดแรกของย่อหน้าให้เยื้องมาทางขวา 0.5 เซนติเมตร และจัดข้อความในแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified) บทคัดย่อเป็นการสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ วิธีการและผล

เนื้อหา (Text): ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุปผล และเอกสารอ้างอิง ทุกส่วนให้ทำตามข้อกำหนดดังนี้คือ เมื่อขึ้นส่วนเนื้อหน้าใหม่ ให้เว้น 1 บรรทัดเสมอ (ย่อหน้าต่างๆ ในส่วนเดียวกันไม่ต้องเว้นบรรทัด) โดย **คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุปผล และเอกสารอ้างอิง** กำหนดให้ใช้ฟอนต์ TH SarabunPSK ขนาด 14 points พิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ ส่วนของเนื้อหาข้อความในแต่ละย่อหน้า กำหนดให้ใช้ฟอนต์ TH SarabunPSK ขนาด 14 points กำหนดระยะห่างบรรทัดให้เป็นค่าแน่นอน 16 points บรรทัดแรกของแต่ละย่อหน้าให้เยื้องเข้ามาทางขวา 0.5 เซนติเมตร และจัดข้อความแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified)

เนื้อหาส่วนต่างๆ ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

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

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

3. ผลการทดลอง (Results): เป็นการเสนอผลของการวิจัย แต่ไม่ควรอธิบายยืดยาว ถ้าเป็นไปได้ ควรควบคู่ไปกับการใช้ตาราง กราฟ หรือภาพ ประกอบการอธิบาย คำอธิบายควรกะทัดรัด และเป็นอิสระกับเนื้อเรื่อง คำอธิบายและตัวอักษรต่างๆ ใน

ตาราง กราฟ และภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยใช้ฟอนต์ TH SarabunPSK ขนาด 14 points (หรือเล็กกว่า แต่ยังต้องสามารถอ่านได้อย่างชัดเจน)

4. วิจารณ์ผล (Discussion): เป็นการวิจารณ์ผลการทดลองหรือการวิจัย โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล

(2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน

(3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น

(4) ชี้ให้เห็นประเด็นที่เด่นหรือสำคัญของผลการวิจัย ควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและลู่ทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

5. สรุป (Summary): เป็นการย่อสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย

6. คำขอบคุณ (Acknowledgements): อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยและการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมทำงานวิจัยด้วย

7. เอกสารอ้างอิง (Literature cited): การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องใช้ระบบชื่อและปี (name and year system) เช่น ปนัดดา (2540) รายงานว่า...........หรือ (ปนัดดา, 2540) ในกรณีเป็นภาษาอังกฤษ หรือภาษาใดๆ ที่เขียนด้วยภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลเป็นภาษาอังกฤษทุกคน เช่น Lee และ Shibamoto, (2001) หรือ (Lee และ Shibamoto, 2001)

ในตอนรายการเอกสารอ้างอิง ซึ่งปรากฏอยู่ท้ายเรื่อง ให้เรียงอักษรตามชื่อตัว ชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรกถ้าเป็นคนไทย แต่ถ้าเป็นชาวต่างประเทศให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นต้นและชื่อตัว โดยไม่ต้องใส่เลขที่ แสดงเฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อเรื่องเท่านั้น ไม่ควรอ้างเอกสารใดๆ ที่ยังมิได้มีการจัดพิมพ์สำหรับวารสาร (Periodicals) ควรเรียงลำดับ ดังนี้ : ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ให้ใช้ชื่อเต็ม) ปีที่ : หน้า

ตัวอย่างเช่น

อาทิตย์ พลายมาศ สุชีพ สุขสุแพทย์ และศุภรัตน์ โฆษิตเจริญกุล, 2543, การใช้สารเคมีควบคุมการสร้างสารอะฟลาทอกซินในข้าวโพด, วารสารลาดกระบัง, 8: 36-41.

Bizukojc, M. and Ledakowicz, L., 2005, A Kinetic Model to Predict Biomass Content for *Aspergillus niger* Germination Spores in the Submerged Culture, Process Biochemistry, 41(5): 1063-1071.

สำหรับตำรา (Text books) ควรเรียงลำดับดังนี้ : ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อหนังสือสำนักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์ หน้า

ตัวอย่างเช่น

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2542, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 268 หน้า.

Allen, J.C. and Hamilton, R.J., 1994, Rancidity in Food, Blackie Academic and Professional Publ. Co Inc., New York, 250 p.

สำหรับเอกสารประกอบรายงาน (Reports and Proceedings) : ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง ชื่อรายงานหรือการประชุม สถานที่ หน้า

ตัวอย่างเช่น

อัญชลี กมลรัตนกุล, 2531, อายุการเก็บของอาหารประเภทไวต่อความชื้น, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการบรรจุหีบห่อและการพัฒนาคุณภาพอาหาร, ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพฯ, หน้า 21-212.

อรุณศรี วงษ์อุไร ปริศนา สิริอาชา และดารา พวงสุวรรณ, 2526, การศึกษาจำนวนประชากรของเชื้อราที่สร้างอะฟลาทอกซินในถั่วลิสง, รายงานผลการทดลองประจำปี 2526, สาขาโรคพืชผลิตผลการเกษตร, กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, 7 หน้า.

Jiag, C.V. and Reid, M.S., 2004, Quality Management for Floricultural Crop, Proc. of APEC Symposium on Quality Management in Postharvest Systems. August 3-5, 2004, Bangkok, Thailand, p. 115-118.

ข้อมูลสืบค้นจาก Homepage

ทวัช พุ่มวงษ์ และ นุชนารถ จงเลขา, 2545, ประสิทธิภาพของการสกัดน้ำจากเหง้าขมิ้นแห้งในการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธีการคลุกและวิธีการแช่เมล็ด [สืบค้น], http://www.phtnet.org/download/pht_res/r36.pd [29/ July /04].

Draper K., 2004, How to Make Potpourri [Online], Available: http://www.essortment.com/howtomakepo_rdrg.htm [October 19, 2004].

8. ภาพประกอบ (Illustration): การแทรกภาพควรมีการจัดรูปแบบภาพ (Format picture) ดังนี้ เค้าโครง (Layout), แบบข้างหลังข้อความ (Behind text) และคำบรรยายใต้ภาพเป็นภาษาอังกฤษ กำหนดให้ใช้ฟอนต์ TH SarabunPSK ขนาด 14 points โดยใช้หัวข้อว่า Figure หรือ Table พิมพ์ตัวหนา (Bold) ส่วนคำบรรยายพิมพ์ตัวอักษรปกติ หมายเหตุใต้ภาพ หรือตาราง เขียนเป็นภาษาอังกฤษ ขนาด 12 points

9. การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษหรืออักษรโรมัน: ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

การตรวจแก้ไข กลุ่มบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่ส่งมาพิมพ์ทุกเรื่องตามแต่จะเห็นสมควร ในกรณีที่จำเป็นจะส่งต้นฉบับที่แก้ไขแล้วกลับคืนผู้เขียน เพื่อความเห็นชอบอีกครั้ง

หมายเหตุ 1) ใช้ ฟอนต์ TH SarabunPSK ตลอดทั้งฉบับ

2) ใช้ระยะห่างบรรทัด (line spacing) เป็นค่าแน่นอน (exactly) ขนาด 16 points ตลอดทั้งฉบับ